LILLE

LE DOGGER DU BOULONNAIS: LITHOSTRATIGRAPHIE, BIOSTRATIGRAPHIE ET STRATIGRAPHIE SÉQUENTIELLE DES SÉRIES À L'AFFLEUREMENT.

The Dogger of the Boulonnais: lithostratigraphy, biostratigraphy and sequence stratigraphy of the outcropping series.

par J. THIERRY(*), J.P. VIDIER(**), J.P. GARCIA(***) & D. MARCHAND(*)

Résumé. — En Boulonnais, le Dogger (épaisseur moyenne 25m) comprend 7 formations subdivisées en membres définis par leurs caractéristiques sédimentaires, biologiques et séquentielles. Les datations des unités lithologiques et les corrélations entre coupes et échelles biostratigraphiques reposent sur les ammonites (biozones), les brachiopodes (niveaux-repères), les nautiles, les sporespollen et kystes de dinoflagellés (associations palynologiques). L'analyse séquentielle est fondée sur la reconnaissance d'unités hiérarchisées limitées par des discontinuités: des séquences élémentaires de faciès (paraséquences ou séquences génétiques à haute fréquence) sont regroupées en unités génétiques (cortèges sédimentaires et/ou séquences de dépôt; séquences génétiques de moyenne fréquence ou séquences de 3ème ordre), puis en cycles (séquences de basse fréquence ou de second ordre; cycles régressifs/transgressifs) confrontés aux modèles existants. On reconnait de bas en haut:

- les "Sables d'Hydrequent" (Lias?-Aalénien pars.-Bajocien supérieur?).

Le "groupe calcaire du Dogger" (ou "groupe de Marquise"), comprenant:

- la "formation de Leulinghen" (membre A Bajocien supérieur?/Bathonien inférieur pars.?; membres B et C Bajocien supérieur?/Bathonien inférieur? pars.; zone à Zigzag?; membre D sommet Bathonien moyen?/base du Bathonien supérieur, zone à Hodsoni?);
- la "formation de Marquise-Rinxent" ("membre de Rinxent" sommet Bathonien moyen?/base Bathonien supérieur, zone à Hodsoni; "membre de Marquise" Bathonien supérieur, sommet de la zone à Hodsoni/base de la zone à Orbis; "membre de Castelbrune" sommet du Bathonien supérieur, zone à Discus, sous-zone à Hollandi);
- la "formation des Calhaudes" (membre A Bathonien terminal; membres B et C Bathonien terminal, zone à Discus, sous-zone à Discus);
- la "formation des Pichottes" (Callovien inférieur, zone à Herveyi, sous-zone à Kamptus).

Le "groupe argileux du Dogger (ou "groupe de Le Waast") comportant:

- la "Marne ferrugineuse de Belle" (Callovien inférieur, zone à Koenigi, sous-zone à Curtilobus et sous-zone à Galilei zone à Calloviense, sous-zone à Calloviense);
- les "Argiles de Montaubert" (membre A sommet Callovien moyen?/base Callovien supérieur?; membre B base Callovien supérieur, zone à Athleta, sous-zone à Phaeinum et sous-zone à Spinosum, zone à Lamberti, sous-zone à Henrici; membre C Callovien supérieur, zone à Lamberti, sous-zone à Lamberti et horizon à Paucicostatum).
- les "Argiles du Coquillot" débutent le Malm (Oxfordien inférieur, zone à Mariae, sous-zone à Scarburgense)

Du point de vue séquentiel, les "Sables d'Hydrequent" et les membres A et B de la "formation de Leulinghen", composés de deux séquences de 2ème ordre, sont rapportés à la fin de la composante transgressive d'un cycle de faciès de 2ème ordre dont le pic de transgression se situe dans le Bathonien inférieur. La surface de discontinuité majeure identifiée au toit du membre C de la "Formation de Leulinghen", soulignée par une lacune affectant vraisemblablement la majorité du Bathonien moyen, correspond au maximum de régression du demi cycle régressif suivant. Au dessus, la "formation de Leulinghen", membre D et la totalité de la "formation de Marquise-Rinxent" représentent deux séquences agradantes de 3ème ordre; la "formation des Calhaudes" et la "formation des Pichottes" sont interprétées comme deux séquences rétrogradantes de 3ème ordre. La "Marne ferrugineuse de Belle" est une séquence restreinte encadrée par une lacune du Callovien basal et du Callovien moyen. Lès "Argiles de Montaubert" et la base des "Argiles du Coquillot" sont composées de deux séquences rétrogradantes de 3ème ordre; elles constituent la fin du demi cycle de faciès transgressif de 2ème ordre dont le maximum d'inondation est atteint dans la partie inférieure des "Argiles du Coquillot", à la base de l'Oxfordien inférieur.

^(*) Université de Bourgogne, Centre des Sciences de la Terre et UMR 5561 "Paléontologie analytique et Géologie sédimentaire", 6 Bd Gabriel, 21000 - Dijon.

^(**) Rue du Calvaire, PN 82, 62137 - COULOGNE

^(***) Université Claude Bernard - LYON 1, Centre des Sciences de la Terre et URA 11 "Paléontologie Stratigraphique et Paléoécologie", 27-43 Bd du 11 Novembre, 69622 - VILLEURBANNE Cédex.

Abstract. — In the Boulonnais, the Dogger (about 25m thickness) is subdivided into 7 formations and members defined upon their sedimentary data, fossil content and sequence stratigraphy interpretation. The lithological units dating and their correlation between sections and biostratigraphic scales is based on ammonites (biozones), brachiopods (marker beds), nautilids, spores and pollen, and dinocysts (palynological asociations). The sequence analysis is based on the definition of graded units bounded by discontinuities: elementary facies sequences (parasequences or high frequency genetic sequences) are first regrouped into genetic units (system tracts and/or depositional sequences; medium frequency genetic sequences or 3rd order sequences), then into major cycles (low frequency sequences or 2nd order sequences; transgressive/regressive facies cycles) which are compared to existing models. From the base to the top, it can be recognized:

- the "Sables d'Hydrequent" (Liassic?-Aalenian pars.-Upper Bajocian?).

The "groupe calcaire du Dogger" (or "groupe de Marquise"), comprises

- the "formation de Leulinghen" ("membre A" Upper Bajocian?/Lower Bathonien pars.?; "membres B et C" Upper Bajocian?/Lower Bathonian? pars.; Zigzag Zone?; "membre D" Late Middle Bathonian?/Early Upper Bathonian, Hodsoni Zone?);
- the "formation de Marquise-Rinxent" ("membre de Rinxent" Late Middle Bathonian?/Early Upper Bathonien, Hodsoni Zone; "membre de Marquise" Upper Bathonian, Late Hodsoni Zone/Early Orbis Zone; "membre de Castelbrune" Late Upper Bathonian, Discus Zone, Hollandi Subzone);
- the "formation des Calhaudes" ("membre A" Late Bathonian; "membres B et C" Late Bathonian, Discus Zone, Discus Subzone);
- the "formation des Pichottes" (Lower Callovian, Herveyi Zone, Kamptus Subzone).

The "groupe argileux du Dogger (ou "groupe de Le Waast") with:

- the "Marne ferrugineuse de Belle" (Lower Callovian, Koenigi Zone, Curtilobus Subzone and Galilei Subzone Calloviense Zone, Calloviense Subzone);
- the "Argiles de Montaubert" ("membre A"- Late Middle Callovian?/Early Upper Callovian?; "membre B" Early Upper Callovian, Athleta Zone, Phaeinum Subzone and Spinosum Subzone, Lamberti Zone, Henrici Subzone; "membre C" Upper Callovian, Lamberti Zone, Lamberti Subzone, Lamberti Horizon and Paucicostatum Horizon).
- the "Argiles du Coquillot" begin the Malm (Lower Oxfordian, Mariae Zone, Scarburgense Subzone).

Concerning the sequence stratigraphy interpretation, the "Sables d'Hydrequent" and the A-B members of the "Formation de Leulinghen", made of two 3rd order sequences, are reported to the end of the transgressive part of a 2nd order facies cycle, which peak transgression is located in the Lower Bathonian. The major discontinuity, which is identified at the top of the C member of the "formation de Leulinghen", points out a gap which probably overlaps the major part of the Middle Bathonian and corresponds to the maximum regression of the next facies cycle. Above, the D member of the "formation de Leulinghen" and the whole "formation de Marquise-Rinxent" represent two 3rd order aggrading sequences; the "formation des Calhaudes" and the "formation des Pichottes" are interpreted as two backstepping 3rd order sequences. The "Marne ferrugineuse de Belle" is a restricted sequence bounded by gaps wich affect respectively the Early Lower Callovian at the base and the Middle Callovian at the top. The "Argiles de Montaubert" and the base of the "Argiles du Coquillot" are composed of two 3rd order sequences which represent the end of the half transgressive episode of a 2nd order facies cycle, which peak transgression is reached in the lower part of the "Argiles du Coquillot", in the Early Lower Oxfordian.

I. — INTRODUCTION

Le Boulonnais est une petite région naturelle du Nord de la France qui trouve son originalité dans son style géomorphologique de boutonnière (Sommé, 1991). Cette particularité met à l'affleurement des terrains d'âge variés (Dévonien à Holocène) et il est possible d'observer dans d'excellentes conditions le Paléozoïque et sa couverture Jurassique (fig. 1).

D'une part, les affleurements permanents des découverts des grandes carrières qui exploitent les calcaires du Dinantien permettent l'étude de la base du Dogger (Bajocien supérieur à Bathonien inférieur-moyen); d'autre part, le sommet du Malm (Kimméridgien supérieur et Tithonien) est très bien exposé sur les vastes falaises côtières au Nord et au Sud de Boulogne-sur-Mer. Quant au reste de la série (Bathonien supérieur à Kimméridgien inférieur) elle est visible ponctuellement dans l'intérieur des terres.

Cependant, pour ces séries exposant le sommet du Dogger, le passage Dogger-Malm et la base du Malm, la presque totalité des affleurements existant encore pendant la première moitié du XXème siècle avait totalement disparu. Ce n'est qu'avec l'importance des travaux de génie civil entrepris depuis quelques années dans la région (infrastructures de transport - nouvelle Autoroute A 16 et aménagement du réseau routier existant; nouvelles voies ferrées et réfection des lignes existantes - liées à l'ouverture du tunnel sous la Manche) que des observations ont pu être faites dans ces séries.

L'un d'entre nous (J.P. Vidier, en compagnie de J. Thierry, D. Marchand et J.P. Garcia) a suivi et suit encore ces travaux permettant de réviser l'ensemble du Dogger, tant pour ce qui concerne le découpage lithologique et séquentiel que le cadre biochronologique (Vidier et al., 1995; D.E.R. J.P. Vidier, en cours, Université de Bourgogne-Dijon), de faire de nouvelles observations sur le Callovien supérieur-Oxfordien inférieur (Vidier et al., 1993) ainsi que sur le passage Oxfordien Kimméridgien (travail en cours, tronçon de l'autoroute A 16 au Sud de Boulogne-sur-Mer).

Une révision du Kimméridgien supérieur-Tithonien des falaises côtières a été réalisée grâce à une initiative de l'Institut Français du Pétrole. Des récoltes systématiques de faune ont été faites (J.P. Vidier et J. Geyssant) pour préciser le cadre biochronologique (Geyssant *et al.*, 1993) tandis que les aspects de géologie sédimentaire (sédimentologie, découpage séquentiel, géochimie des argiles, matière organique; J.F. Deconninck, J.P. Herbin et J.N. Proust) étaient également traités (Proust *et al.* 1993, 1995; Herbin *et al.*, 1993).

Un aspect tectonique de l'ensemble du Jurassique (J. Lamarche et J.L. Mansy) a été traité en parallèle de ces travaux (Lamarche, 1995).

Enfin, les séries du Dogger et du Malm sont aussi connues en sondages profonds à l'Ouest entre les affleurements et les falaises côtières (région du Cap Gris-Nez et Boulogne-sur-Mer - Sondage A.P.O.) ainsi que dans une multitude de petits sondages en bordure du Massif Paléozoïque de Ferques (Deschamps et Gruet, 1994). Les premiers, sommairement

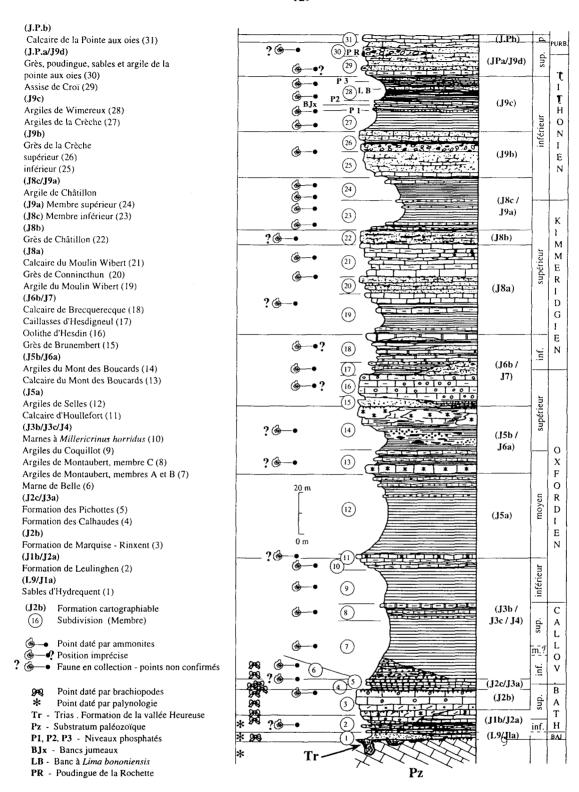


Fig. 1. — Série synthétique et simplifiée des formations du Jurassique du Boulonnais (modifiée d'après Thierry, 1984 et complétée d'après Geyssant *et al.*, 1993; Vidier *et al.*, 1993; Vidier *et al.*, 1994; Vidier et Lamarche, *in* Mansy coord., Carte géologique à 1/50.000ème feuille Marquise, à paraître).

Fig. 1. — Synthetic and simplified succession of the Jurassic formations of the Boulonnais (modified from Thierry, 1984 anf completed from Geyssant et al., 1993; Vidier et al., 1993; Vidier et al., 1994; Vidier et Lamarche, in Mansy coord., Carte géologique à 1/50.000ème feuille Marquise, to be published)

étudiés dans la première moitié de ce siècle, n'ont pas fait l'objet de révisions récentes et les seconds n'ont pas été étudiés de manière aussi détaillée que les affleurements; en conséquence, ni les uns ni les autres ne seront abordés dans

cette synthèse qui a été illustrée par la présentation sur le terrain des affleurements les plus caractéristiques, dans le cadre de l'excursion annuelle du Groupe Français d'Étude du Jurassique en Septembre 1995.

II. — BREF RAPPEL HISTORIOUE

Après les travaux fondamentaux des premiers géologues du début du 19ème siècle (Garnier, 1823; Fitton, 1826, 1836; Rozet, 1830; Du Souich, 1839), quatre grandes périodes d'acquisition de connaissances sur le Dogger du Boulonnais peuvent être reconnues.

1) Les premières études

La première, très productive, débute avec la seconde moitié du 19ème siècle et s'étend jusqu'à l' "entre deux guerres", avec les travaux de Rigaux (1865, 1867, 1890), Pellat & de Loriol (1866), Rigaux et Sauvage (1867), Sauvage (1867, 1873, 1877, 1880), Sauvage et Rigaux (1879), Parent (1898, 1899).

Les séries et leurs faunes sont décrites dans des coupes devenues classiques dont seules existent encore la tranchée de chemin de fer de la gare de Rinxent et la carrière aux Moines près de la ferme de l'Herpont, au Sud-Est de Réty. Ces coupes prennent une valeur historique particulière, notamment pour les comparaisons avec les affleurements actuellement disponibles. Toutes les autres coupes ont malheureusement disparu, comme la célèbre carrière des Pichottes au Sud de Le Waast.

Le Dogger du Boulonnais est comparé à celui d'Angleterre. Le "Fuller's Earth" (Bajocien) est reconnu dans le "Calcaire d'Hydrequent" avec, à la base, un calcaire compact et marneux à Ostrea acuminata et Terebratula maxillata. Au sommet, la "Great Oolite" (Bathonien) est représentée par les "Calcaires sableux et marneux d'Hydrequent" et l'Oolithe de Marquise" à Rhynchonella hopkinsi; cette dernière formation était par ailleurs rapprochée des calcaires siliceux de Minchinhampton et des calcaires blancs de l'Ardenne et de l'Aisne. Le Cornbrash était reconnu dans le Calcaire des Pichottes limité à sa partie supérieure par une importante discontinuité, "durcie et percée de trous de lithodomes", recouverte d'une marne oolithique et ferrugineuse à "Ammonites calloviensis, A. koenigi et A. modiolaris" d'âge Callovien inférieur.

L'excursion de la Société géologique de France en septembre 1880, est l'occasion d'une première synthèse du Jurassique du Boulonnais effectuée par Sauvage. Pour la première fois, une comparaison avec la Normandie est proposée. Elle est complétée, d'une part dans la "Notice géologique du Boulonnais" de Rigaux (1890) qui recense toutes les coupes existantes, et Parent (1898, 1899), qui établit une succession d'assises successivement caractérisées par Rhynchonella hopkinsi, puis Rhynchonella elegantula, Terebratula lagenalis et enfin Ammonites macrocephalus. Cet auteur souligne qu'entre les calcaires oolithiques à R. hopkinsi et les calcaires et marnes à R. elegantula, se trouvent des sables argileux à "végétaux en place", et un banc de calcaire dur contenant une "variété" de Rhynchonella decorata.

On est frappé par la précision des observations et les réflexions "très modernes" avancées par certains auteurs. Par exemple, Sauvage fait une véritable étude paléoécologique dans laquelle on retient l'idée de proximité d'un rivage et de faible profondeur de l'eau. Il relève que vers le sommet du Calcaire d'Hydrequent, "les oolithes sont plus abondantes dans la partie... qui contient surtout la Rhynchonella concinna. A ce moment, la mer est plus profonde,...". Il évoque aussi, pour la première fois, des événements aujourd'hui qualifiés de tectono-eustatiques dans un "cadre

général d'affaissement interrompu momentanément et parfois localement par des périodes d'exondation". Ces détails permettent d'envisager les conceptions des auteurs et de comparer au mieux nos observations et les leurs.

2) De 1920 à 1930

L'étude du Dogger reprend entre 1920 et 1930, après l'interruption marquée par la première guerre mondiale, avec Dutertre (1921, 1922, 1926 a & b, 1927) qui apporte d'importantes précisions: subdivisions du Bathonien basées sur les brachiopodes; nature, environnement et âge des premiers dépôts du Dogger sur le substratum paléozoïque; comparaisons entre "Sables d'Hydrequent-Calcaires de Rinxent", "Nearan beds" d'Angleterre (Pringle et Pruvost, 1924) et "Sables de la source de l'Orne" de Normandie (Bigot, 1927); découverte de *Pterocardia pes-bovis* dans les "Calcaires de Rinxent", espèce caractéristique du "Calcaire blanc inférieur des Ardennes" et de la base de la "Grande Oolithe" de Minchinhampton.

Par la suite, Dutertre poursuit ses recherches sur le Bathonien du Boulonnais. Malheureusement, il disparaît avec le manuscrit de son mémoire en 1940 dans les circonstances tragiques de l'évacuation de la poche de Dunkerque.

3) Après la seconde guerre mondiale

a) de 1950 à 1960

Après une nouvelle interruption à la seconde guerre mondiale, la troisième période correspond aux années 1950-60. pendant lesquelles les travaux sont plutôt descriptifs, appliqués à la cartographie, à la géologie minière et pétrolière, à l'hydrogéologie, etc...: phénomènes de "lapiaz fossile" et de "réseau karstique" (creusement et fonctionnement dès le Permo-Trias d'après le remplissage et le contenu palynologique -Corsin, 1950- ou après la régression toarcienne et avant la transgression bathonienne -Danzé et Renaut, 1950); découverte d'Ostracodes et de Charophytes laguno-lacustres à marins dans le Bathonien supérieur de la carrière des Pichottes (Oertli, 1957, 1959) et d'Ostracodes du Bathonien inférieur dans les "marnes de Rinxent" (= "Marnes d'Hydrequent" auct.; Nouet, 1958); etc...

Au cours du levé des cartes géologiques à 1/50.000éme (Marquise, Desvres, etc...), Bonte et al. (1958) décrivent 9 coupes principales où ils distinguent 6 formations bathoniennes et une à flore rhétienne; ils tentent des corrélations, mais échouent, faute de repères fiables dans les séries inférieures. Ils approfondissent l'étude de l'interface substratum-couverture et séparent, dans les dépressions karstiques des calcaires dinantiens, celles provoquées par l'altération fossile de celles dues aux phénomènes actuels.

b) à partir de 1970

La quatrième période concerne les deux dernières décennies, de 1970 à 1990. L'absence de nouveaux affleurements et la dégradation progressive des anciens ne permettent pas de mener d'études sur le Dogger du Boulonnais. Des observations ponctuelles (travaux routiers dans le secteur Belle-Le Waast et "morts-terrains" des carrières du Boulonnais) viennent compléter les révisions des collections (Ammonites, Magniez et al., 1984; Gastropodes, Fischer et Vadet, 1985) ou alimentent les synthèses: "Le Boulonnais" (Bonte, 1974), "Synthèse géologique du Bassin

de Paris" (Laurin, *in* Mégnien & Mégnien, 1980) et "le Jurassique" *in* "Géologie du Boulonnais" (Bonte, Colbeaux et Thierry, 1985).

Ce n'est qu'à partir de 1989 que de nouvelles observations sur le Dogger affleurant du Boulonnais ont pu reprendre dans les "morts-terrains" des immenses carrières creusées dans le Paléozoïque et à la faveur des travaux liés à la rénovation du réseau ferroviaire et routier occasionnée par la liaison transmanche. Elles sont toutes dues à l'activité de J.P. Vidier et à l'étroite collaboration qu'il a su entretenir avec les coauteurs de ce volume. Les développements (texte et figures) de cette contribution sur le Dogger sont tirés du mémoire de Diplôme d'Étude et de Recherche de J.P. Vidier dont la soutenance à Dijon est prévue pour le 4ème trimestre 1996.

III. — LOCALISATION ET CHOIX DES COUPES

En plus des rares affleurements encore exploitables, près d'une vingtaine de coupes ont été levées sur les bordures Est, Sud et Ouest du massif paléozoïque de Ferques.

A l'Est, la déviation de Rinxent de la départementale 127e et la création d'un terrain de sport ont permis l'étude des coupes de Castelbrune, de La Providence et de Locquinghen, auxquelles s'ajoute la coupe historique de la carrière de l'Herpont (carrière aux Moines; Rigaux, 1889) au Sud-Est de Réty.

Au Sud, l'électrification de la ligne de chemin de fer Boulogne-Calais a permis des observations sur la coupe historique de la gare de Rinxent et, à peu de distance, la Z.A.C. de Rinxent a fourni, pour la première fois, une coupe continue depuis la base des "Marnes d'Hydrequent", jusqu'au toit de l' "Oolithe de Marquise". Plus loin, près de Le Waast et des coupes historiques des Pichottes et des Tuileries maintenant disparues, la déviation de la nationale 42 Boulogne-Saint Omer a recoupé l' "Oolithe de Marquise", les "Argiles de Montaubert" et la base des "Argiles du Coquillot".

A l'Ouest, entre Marquise et Leulinghen, les travaux de l'autoroute A 16 ont donné des coupes dans la série argileuse: Mont de Cape et ferme d'Uzelot. Dans ce secteur, le contact entre le Paléozoïque et le Mésozoïque a été détaillé dans les "morts terrains" des Carrières du Boulonnais: site de Leulinghen, chantier marbrier, chantier 511, etc Enfin, la coupe du Guindal, au Nord de Marquise, entre les affleurements du Mont de Cape et ceux du chantier marbrier a été levée à l'occasion de la révision de la feuille Marquise (J.L. Mansy coord.; terrains jurassiques par J.P. Vidier et J. Lamarche).

Dans l'ouvrage présenté ici, qui illustre les journées d'étude de Septembre 1995 du Groupe Français d'Études du Jurassique en Boulonnais, un choix de coupes de référence couvre l'ensemble de la série du Dogger, de son contact avec le Paléozoïque, jusqu'aux formations de l'Oxfordien inférieur; dans l'ordre de la succession stratigraphique, ont été retenus (fig.2): les "morts-terrains" des sites de Leulinghen et du chantier 511 des exploitations de la Société des Carrières du Boulonnais à l'Ouest de Ferques; la tranchée de la gare de Rinxent; la Zone d'Aménagement Concertée au Nord de Rinxent; la coupe de la tranchée de la D 127e de la déviation de Rinxent, près de la ferme de Castelbrune au Nord-Ouest de Réty; les tranchées de l'Autoroute A 16 Boulogne-Calais au lieu-dit Mont de Cape au Nord de Marquise; les tranchées de la déviation de la RN 42 près Le Plouy-Colembert à hauteur des ouvrages d'art OA 2 et OA 3 au Sud de Le Waast.

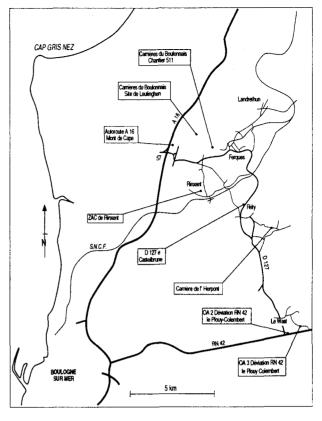


Fig. 2. — Localisation des coupes sélectionnées.

Fig. 2. — Location of the selected sections.

IV. — MODE OPÉRATOIRE : DONNÉES LITHOSTRATIGRAHIQUES, BIOSTRATIGRAPHIQUES ET INTERPRÉTATION SÉQUENTIELLE

Afin d'éviter les répétitions, les résultats de ces trois approches, étroitement liées dans la pratique, sont traités conjointement car les découpages adoptés découlent des trois types d'observations. Après avoir explicité leur mode opératoire respectif, les unités lithostratigraphiques reconnues serviront de fil directeur pour les descriptions et l'exposé des arguments biochronologiques et séquentiels.

A) LITHOSTRATIGRAPHIE

Le découpage lithologique défini par les auteurs, et encore utilisé dans les synthèses les plus récentes ("Le Boulonnais", Bonte, 1974; "Synthèse géologique du Bassin de Paris", Laurin, in Mégnien et Mégnien, 1980; "le Jurassique" in "Géologie du Boulonnais", Bonte, Colbeaux et Thierry, 1985) a été sensiblement modifié (fig. 1). Le découpage adopté répond d'une part à un souci historique, permettant de discuter et de comparer les résultats actuels à ceux des auteurs, et d'autre part à des soucis de cartographie géologique (révision en cours de la feuille Marquise à 1/50.000ème).

En Boulonnais, on reconnaît désormais 7 formations du Dogger, subdivisées en membres avec, de bas en haut: les "Sables d'Hydrequent", la "formation de Leulinghen" (membres A, B, C et D), la "formation de Marquise-Rinxent" ("membre de Rinxent", "membre de Marquise" et "membre de

Castelbrune"), la "formation des Calhaudes" (membres A, B et C), la "formation des Pichottes", la "Marne ferrugineuse de Belle" et les "Argiles de Montaubert" (membres A, B et C). Au dessus viennent les "Argiles du Coquillot" qui débutent le Malm. Les cinq premières (sauf la plus inférieure, sableuse) forment le "groupe calcaire du Dogger" (ou "groupe de Marquise" par référence aux descriptions des anciens auteurs), les suivantes, le "groupe argileux du Dogger (ou "groupe de le Waast").

B) BIOSTRATIGRAPHIE

Les datations des unités lithologiques et les corrélations entre les coupes sélectionnées et les échelles biostratigraphiques reposent sur trois groupes fossiles.

1) Les ammonites (D. Marchand et J. Thierry)

Dans le groupe calcaire, par rapport aux découvertes des auteurs, aucune nouvelle récolte n'a été faite. On se reportera aux commentaires ci-après et aux deux publications (Magniez et al., 1984; Vidier et al., 1995) qui font le point sur les datations proposées grâce aux rares spécimens collectés par les auteurs (Rigaux, Legay, Dutertre, Le Mesle, Parent, Vadet, Magniez et Couppé). Le Dogger calcaire a aussi livré des nautiles dont la distribution stratigraphique, désormais assez bien connue, a fourni des données biostratigraphiques importantes (déterminations H. Tintant).

Les ammonites, très rares dans les trois premières formations, sont localement fréquentes dans le membre C de la formation des Calhaudes; elles deviennent abondantes dans le groupe du Dogger argileux, à partir de la Marne ferrugineuse de Belle et des Argiles de Montaubert. Près de Marquise, les coupes de l'autoroute A16 ont apporté d'excellents résultats biochronologiques (Vidier *et al.* 1993), complétés par l'étude de la faune récoltée dans les coupes de la déviation de Plouy-Colembert de la RN42 près de Le Waast.

Il sera fait référence aux tableaux réactualisés par le Groupe Français d'Études du Jurassique (Colloque de Poitiers, 1991) et, sur la base des taxons répertoriés, à l'échelle de la province subboréale, à laquelle le Boulonnais est rattaché pendant cette période (fig. 3).

2) Les brachiopodes (J.P.Garcia)

Dans les séries calcaires, où les céphalopodes sont rares, voir absents, les faunes de brachiopodes, souvent abondants, servent d'éléments de datation.

a) Les niveaux- repères de brachiopodes du Jurassique moyen du Boulonnais

Les unités lithologiques du Jurassique du Boulonnais montrent une succession de niveaux à brachiopodes qui est comparée à celle d'autres régions du bassin de Paris (Bourgogne, Lorraine, Normandie, centre du bassin en sondage) ou d'Angleterre; ils font partie d'une échelle biochronologique de niveaux-repères valable pour le bassin anglo-parisien (Garcia et al., 1996). Numérotés de F1 à F8 (fig. 4), les faunes sont référencées dans l'unité lithologique qui les renferme.

* <u>Lumachelles à Epithyris oxonica</u> (niveau-repère F1 - Membre A de la formation de Leulinghen). Par corrélation indirecte avec des associations palynologiques et quelques

nautilidés, ce niveau repère monospécifique est placé dans le Bajocien supérieur, voir le Bathonien inférieur.

* Association à Lotharingella woevrica et Ornithella bathonica (niveau-repère F2 - Membre D de la formation de Leulinghen et Membre de Rinxent de la formation de Marquise-Rinxent) avec L. woevrica, O. bathonica, Kallirhynchia concinna, Pseudotubithyris globata, Cererithyris sp., Epithyris oxonica, "Rhynchonella" indet., Burmirhynchia sp. Au sommet de la formation de Leulinghen, membre D et dans le membre de Rinxent, K. concinna, L. woevrica, E. oxonica apparaissent toujours ensemble en niveaux récurrents polyspécifiques. Cette faune est constante sur toutes les coupes exposant les Calcaires du membre de Rinxent de la formation de Marquise-Rinxent. Jusqu'à présent, cette nouvelle association n'avait pas été décrite; elle correspond aux niveaux à K. concinna cités autrefois (Bonte et al., 1958; Laurin, 1980, 1984), mais les nouvelles observations montrent qu'elle est plus diversifiée.

En Lorraine, *L. woevrica, K. concinna* caractérisent le Bathonien moyen, voire supérieur (Laurin, 1984; Garcia, 1993; Garcia *et al.*, 1996). En Angleterre (Arkell, 1933; Muir-Wood, 1936; Mc Kerrow, 1953), *O. bathonica* et *K. concinna* sont connues au sommet du Fuller's Earth Rock, daté par ammonites de la zone à Hodsoni, base du Bathonien supérieur (Cope *et al.*, 1980; Callomon et Cope, 1995).

* <u>Lumachelles à Burmirhynchia hopkinsi</u> (niveau-repère F3 - Membre de Marquise de la formation de Marquise-Rinxent). Le plus souvent, il existe deux niveaux monospécifiques de lumachelles à B. hopkinsi, rhynchonelle caractéristique de l'Oolithe de Marquise (Bonte et al., 1958; Laurin, 1980, 1984). Les coquilles sont en majorité entières et non remplies par le sédiment; parfois, mais en moins grand nombre, elles sont brisées et les valves dissociées. Certains individus de B. hopkinsi du niveau inférieur, à côtes fines et nombreuses, ont les caractères du contour et la biconvexité des valves de Burmirhynchia turgida et B. turgida latifrons, espèce et sous-espèce décrites dans le Bathonien de l'Ardenne et de la Creuse (Laurin, 1984). La reconnaissance de morphologies "turgida" dans la variabilité de l'espèce B. hopkinsi confirme l'équivalence des deux espèces et la plasticité morphologique du groupe "turgida-hopkinsi" dont la variation est surtout géographique (Laurin, 1984).

En Angleterre, *B. hopkinsi* est citée dans la Great Oolite (Arkell, 1933) au-dessus des niveaux à *K. concinna* et *O. bathonica*. Aussi bien en Boulonnais, Ardenne et Angleterre, aucune ammonite n'a été récoltée avec cette espèce de brachiopode; par encadrement inférieur et supérieur d'autres faunes, un âge Bathonien supérieur lui est attribué.

* Niveau à Burmirhynchia thierachensis. (niveau-repère F4 - Membre de Castelbrune, sommet de la formation de Marquise-Rinxent). Des rhynchonelles, relativement rares, sont rapportées à B. thierachensis. Cette espèce uniquement connue dans les Ardennes (Fischer, 1969; Laurin, 1980, 1983) et dans la partie supérieure des Calcaires de Comblanchien de Bourgogne (Laurin, 1980, 1983; Garcia, 1993; Garcia et al., 1996) n'avait jamais été citée dans le Boulonnais. Seules de bonnes conditions d'affleurement ont pu confirmer son existence dans plusieurs coupes, dans un niveau discontinu de calcaires qui peut manquer à la suite des érosions affectant le toit de la formation de Marquise-Rinxent.

Une corrélation directe, fait correspondre les niveaux à *B. hopkinsi* de l'unité sous-jacente, aux niveaux à *Burmirhynchia icaunensis* ou *B. semiglobosa* de l'Oolithe blanche du secteur occidental de la plate-forme bourguignonne, eux aussi

ETAGES	SOUS-ETAGES	NORD BA NORMANDIE NORD), AN ECOSSE, A ET J	ASSIN E, MA IGLET LLEM IURA	N DE F VINE, TERRE	E / SUB-BORÉALE DARIS (BOULONNAIS, LORRAINE, BOURGOGNE (DORSET-YORKSHIRE), (SOUABE/FRANCONIE) FRANCO-SUISSE	SUD BASSIN DE PARIS (SARTHE, POITOU, BERRY), BOURGOGNE SUD, AQUITAINE, PYRÉNEES, BASSIN DU SUD-EST (ALPES, PROVENCE, ARDECHE, LANGUEDOC), JURA SUD, ITALIE, ESPAGNE (CHAINES IBÉRIQUES) ET PORTUGAL (BASSIN DU TAGE)					SUD BASSIN DE PARIS (SARTHE, POITOU, BERRY), BOURGOGNE SUD, AQUITAINE, PYRÉNEES, BASSIN DU SUD-EST (ALPES, PROVENCE, ARDECHE, LANGUEDOC), JURA SUD, ITALIE, ESPAGNE (CHAINES IBÉRIQUES) ET PORTUGAL (BASSIN DU TAGE)						
<u></u>	S	ZONES	· ·		SOUS-ZONES		SOUS-ZONES					20	NES	SC			
	ني	CORDAT	IIМ		CORDATUM COSTICARDIA		ORD		JM IDIA		C)RD	ATUM	~			
OXF.	핖	00110711	-		BUKOWSKII	Bl	JKO'	wsk	11	<u> </u>		.,,,,		FEF	OXF.		
0	Z	MARIA	Ε		PRAECORDATUM SCARBURGENSE				ATUM ENSE		1	1AF	RIAE	Ž	0		
		LAMBED	Τ.		LAMBERTI		AME			一	1 /	ME	BERTI	l			
	<u>a</u> .	LAMBER	11		HENRICI	POCULUM			 _	L/	11 1E	DERII	<u> </u>	1 1			
	SU	ATHLETA			SPINOSUM PRONIAE	COLLOTIFORMIS TREZEENSE			ATHLETA				MOY. SU	CALLOVIEN			
CALLOVIEN		/\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\			PHAEINUM	ROTA											
	MOY.	CORONATUM			GROSSOUVREI OBDUCTUM:	LEUTHARDTI/WAAGENI/SPATH BAYLEI/GIGANTEA			CORONATUM								
					JASON	TYRANNIFORMIS/MULTICOSTATA			ANCEDO								
		JASON			MEDEA	STUEBELI PATINA/PROXIMUM			ANCEPS PATINA			<u> </u>					
LO		CALLOVIENSE KOENIGI		E	ENODATUM/PLANICERCLUS CALLOVIENSE			LSKII/			<u>ATT.</u> JAHC	_					
₹			\ <u>\times</u>	CALL	GALILEI	-	RDE:	SCICUM			3KII		25.20.10		₹		
Ċ	ÉR	KOENIGI	1		CURTILOBUS	PICTA		VOU	LTENSIS	LAL PIC	JGIEF TAV		RACILIS	ÉR.			
	불				GOWERIANUS	REHMANNI			REH	MAN	NI		NFI				
	_	HERVEYO			KAMPTUS	PRAHECQUENSE BULLATUS			BULLATUS/ MACROCEPHALUS			=					
					TEREBRATUS KEPPLERI												
	Ī				DISCUS	?		?	DISCUS		<u>⊢</u> .						
		DISCUS	5		HOLLANDI	HOLL.	ı —	'— BULI	HOLL.	80)		DISCUS	1			
	SUPÉR.	T.15			OPPELI/	RETRO./	+	_	HANNO /)	┝		ER.			
		WAAGENI OPPEL		3ddC	HANNOVERANUS	ASPID.	HIS	TRI.	HOLL HANNO / HISTRIC	a L	_	1	ETRO-	SUPÉ			
					WAAGENI/ BLANAZENSE	VAZ.	JU	LH		ă	2	CO	STATUM				
				AAG LEI		BLANAZ	?	<u> </u>	BL An	?		-:		Ī			
				- ₹		ш	 	SUSP.		Ė		-					
N N		HODSON	DSONI		ļ		i	S	[5]	S	FORTE		TUS	۳	BREMERI		Z
Z						Ξ̈́	8	نا	BULL.	TUS	COSTATUS				ATHONIEN		
BATHONI		MODDIS			"WAGNERICERAS"	MORRI	MORRISI	BULL		AC	00	l S			<u>ō</u>		
		MORRISI			MORRISI	1 -	Σ_	1	MORR.	\sim		SUBCONTR	MORRISI	Ш Z	╁		
	EN	SUBCONTRACTUS			SUBCONTRACTUS		SII	BCC	NTDAC	CONTE			SUB-	MOYEN	BA		
	MOYEN	30BCONTRACTOS			335011111111111111111111111111111111111		SUBCONTRAC 90 PROG.			BC	SUBC		CONTRACTUS	_			
	Σ	PROGRAC		S		OBC			PROG.	SUB)F At	30°.	PRO-				
						S	P.B.		ORBI.	So		PR	GRACILIS				
	⁻ÉR.	TENUIPLICATUS	NUIPLICATUS T		CATUS TENUIPLICATU	TENUIPLICATUS		POSTPOLLUBRUM		AURI- GERUS							
		نہ ا				YEOVILENSIS	YEOVILEN		ECIN	_ (AURI.	GER			ď		
		ZIGZAG			MACRESCENS	1			ENS			1	ZIGZAG	۱F É			
	N.					MACRESCENS CONVERGENS/PARVUM/			2167.46	170			Z				
	L				CONVERGENS		DIMORPHITIFORMIS			ZIII							

Fig. 3. — Échelles zonales d'ammonites utilisées pour le bassin anglo-parisien (d'après divers auteurs dont Mangold pour le Bathonien, Thierry, Cariou, Contini, Marchand & Rioult pour le Callovien, Cariou, Hantzpergue, Enay & Rioult pour l'Oxfordien, in "Biostratigraphie du Jurassique ouest européen et méditerranéen: zonations parallèles et distribution des invertébrés et microfossiles". Bull. Centr. Rech. Explo. Prod., ELF Aquitaine, Pau (sous-presse).

Fig. 3. — Ammonites zonal scheme used in the London-Paris basin (from several authors as Mangold for the Bathonian, Thierry, Cariou, Contini, Marchand & Rioult for the Callovian, Cariou, Hantzpergue, Enay & Rioult for the Oxfordian, in "Biostratigraphie du Jurassique ouest européen et méditerranéen: zonations parallèles et distribution des invertébrés et microfossiles". Bull. Centr. Rech. Explo. Prod., ELF Aquitaine, Pau (in press).

surmontés par les faciès Comblanchien à *B. thierachensis*. Les relations phylogénétiques entre les espèces "hopkinsi-turgida" et "icaunensis-semiglobosa" pourraient être testées, guidées par ces nouvelles contraintes stratigraphiques. Leur âge Bathonien supérieur est certain, plus précisément dans la zone à Hollandi.

* <u>Lumachelles à Burmirhynchia elegantula</u> (niveau-repère F5 - Formation des Calhaudes, membre B). Cette espèce de petite taille, à côtes fines, forme des lumachelles monospécifiques très denses en individus. Sous le niveau principal le plus riche, existe un niveau dont la faune est plus dispersée, avec *B. elegantula* juvéniles et *B. sp.* adultes à côtes

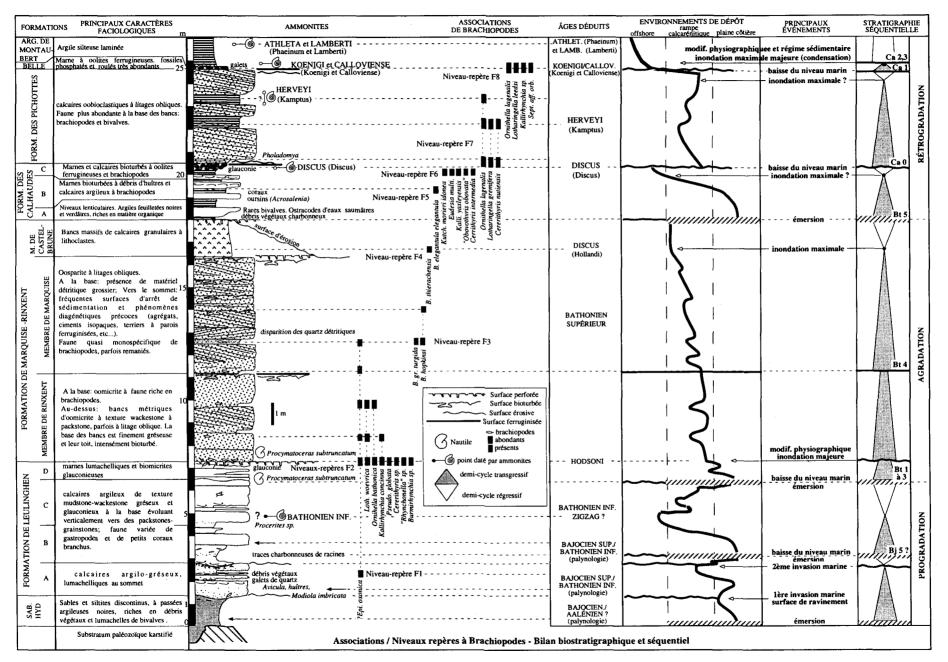


Fig. 4. —

plus fortes et moins nombreuses. La signification de ces individus pose encore problème: certains ont une partie proximale (juvénile) à côtes fines et acquièrent brusquement des côtes moins nombreuses et par compensation plus fortes, après une strie d'accroissement très marquée. Ces caractères pourraient être tératologiques, ou induits par un milieu très peu profond, proche de l'émersion comme l'indiquent les faciès et les faunes associées.

Cette espèce est très caractéristique du Bathonien supérieur, dans la zone à Discus.

* Association à Kutchirhynchia morieri et Eudesia multicostata (niveau-repère F6 - Formation des Calhaudes, membre C) avec Kutchirhynchia morieri idonea, Eudesia multicostata, Kallirhynchia yaxleyensis, Cererithyris intermedia, "Obovothyris obovata". Tous les individus sont encroûtés par des serpules, des huîtres, des bryozoaires ce qui implique un temps de résidence assez long des coquilles sur le fond. Dictyothyris coarctata cité à ce niveau (Magniez et al. 1984) n'a pas été retrouvé dans les nombreux échantillons étudiés par nous-mêmes et par Laurin (1984). En raison de mauvais affleurements, B. elegantula avait été incluse à tord dans cette association (Laurin, 1984); en réalité, elle est absente du membre C de la formation des Calhaudes, et restreinte au membre B.

En Bourgogne, elle est représentée par sa sous-espèce *B. elegantula burgundiae* dans la même association faunique. Les corrélations montrent que les deux sous-espèces, interprétées comme des variants géographiques, sont peut-être décalées dans le temps. Comme l'a montré l'étude du bassin de Paris, cette faune est très répandue et reconnue en Bourgogne, en Ardenne (Laurin, 1984) et en Angleterre (Lower Cornbrash, *intermedia* beds, *obovata* beds - Douglas et Arkell, 1932; Page, 1989), associée, comme dans le Boulonnais (Magniez *et al.*, 1984), à des ammonites de la sous-zone à Discus du Bathonien terminal.

* Association à Ornithella lagenalis et Lotharingella gremifera (niveau-repère F7 - Formation des Pichottes). O. lagenalis est très abondante et forme localement, avec Cererithyris nutiensis et L.gremifera, des lumachelles polyspécifiques récurrentes.

Deux de ces trois espèces (*L. gremifera* et *C. nutiensis*) sont abondantes en Bourgogne (Garcia, 1993; Garcia et al., 1996). Cette faune est identique à la faune du Cornbrash supérieur d'Angleterre (Douglas et Arkell, 1932); en Boulonnais, les ammonites de ce niveau (Magniez et al., 1984) indiquent le Callovien inférieur, zone à Herveyi, souszone à Kamptus, comme dans les autres régions.

*Faune de la Marne ferrugineuse de Belle (niveau-repère F8) Elle est composée d'Ornithella lagenalis (ou siddingtonensis), Lotharingella leedsi, Septaliphoria aff. orbignyana, et Kallirhynchia sp. Elle est datée par ammonites du Callovien inférieur, zone à Calloviense, sous-zone à Koenigi et sous-zone à Calloviense. Les taxons de cette association sont très répandus dans des formations renfermant des associations de même âge du bassin de Paris (Bourgogne, Normandie, Maine, sondages du centre du bassin de Paris) et d'Angleterre (Douglas et Arkell, 1932).

b) Discussion et résultats

Les <u>deux modes d'occurrence des associations de brachiopodes</u> décelés ailleurs dans le bassin de Paris sont clairement exprimés sur la coupe du Boulonnais: "niveaux majeurs" ou "niveaux localisés" (sensu Garcia, 1993).

Les associations à Lotharingella woevrica et Ornithella bathonica (niveau repère F2), Kutchirhynchia morieri et Eudesia multicostata (niveau repère F6), Lotharingella gremifera (niveau repère F7) et Lotharingella leedsi (niveau repère F8), sont diversifiées (3 à 8 espèces) et présentes dans la plupart des coupes comme dans de nombreux sites du bassin anglo-parisien. Ces "niveaux majeurs" sont associés à des phénomènes de condensation avec arrêts de sédimentation: unités lithologiques minces, encroûtements, surfaces perforées, oolites ferrugineuses et glauconie. Seule exception, l'association F 2 à L. woevrica et O.bathonica est récurrente dans le membre de Rinxent qui montre un taux de sédimentation important.

Les caractères biostratinomiques des "niveaux localisés" s'opposent point par point à ceux des "niveaux majeurs". Ce sont des lumachelles monospécifiques ou à forte dominance (Epithyris oxonica - niveau repère F1, Burmirhynchia hopkinsi -niveau repère F3, B. thierachensis - niveau repère F4, B. elegantula - niveau repère F5, Ornithella lagenalis - niveau repère F7) dont les coquilles sont rarement encroûtées et non remplies, inconstantes d'une coupe à l'autre. Ces niveaux sont dans les formations à sédimentation plus abondante (eu égard à leur épaisseur relative) avec apports épisodiques mais importants (progradations oolithiques, apports détritiques), contrant l'implantation de populations rapidement ensevelies. Par exemple, les niveaux à B. elegantula apparaissent directement liés à des milieux marins très peu profonds souvent considérés comme propices à l'explosion numérique d'espèces opportunistes de petite taille (Levinton, 1970). Comme pour d'autres Burmirhynchia, ce type de milieu de vie est caractéristique de la lignée durant tout le Bathonien (Laurin, 1984).

Ces niveaux-repères sont le plus souvent séparés par des discontinuités importantes qui accentuent le renouvellement des espèces, particulièrement net entre chacune des associations définies. Malgré la distance géographique et des domaines paléogéographiques différents, on constate une correspondance entre la position au sein des unités séquentielles et les datations des associations de brachiopodes de la plate-forme bourguignonne et celles des associations équivalentes du Boulonnais. Cependant, au-delà des renouvellements controlés par les variations eustatiques, les associations de Bourgogne et du Boulonnais (du membre de Marquise à la formation des Pichottes) sont très proches au Bathonien; elles caractérisent des milieux assez proximaux et restreints, de profondeur sans doute faible. Par contre, les faunes du Boulonnais divergent sensiblement à partir du Callovien; elles renferment alors des taxons caractéristiques de domaines plus distaux et vraisemblablement un peu plus profonds et plus ouverts du secteur nord-occidental du bassin anglo-parisien.

Fig. 4. — Succession lithologique et interprétation séquentielle du Dogger du Boulonnais (principales données stratonomiques, sédimentologiques et biochronologiques: localisation des niveaux-repères à brachiopodes, des ammonites, des nautiles et associations palynologiques); modifié et complété d'après Vidier *et al.*, 1995.

Fig. 4. — Lithological succession and sequence stratigraphy interpretation of the Dogger of the Boulonnais (main stratonomical, sedimentological and biochronological data: brachiopds marker-beds, ammonites, nautilids and palynological associations); modified and completed from Vidier et al., 1995.

3) Les spores-pollen et kystes de dinoflagellés (D. Fauconnier)

Des études palynologiques ont été positives en sondage dans les assises détritiques et argileuses des sables d'Hydrequent et de la formation de Leulinghen (Vidier et al., 1995); elles peuvent être confrontées à ceux obtenues à l'affleurement (Vachard et Roche, 1974) dans ces mêmes formations. Des travaux sont en cours sur ces microfaunes dans les argiles de Montaubert et les argiles du Coquillot.

Malgré des données issues de trois groupes fossiles, la biostratigraphie et la datation des séries du Dogger du Boulonnais, sont encore sujettes à discussion (fig. 5). Ceci est particulièrement net pour les séries calcaires, d'une part à cause de la rareté, voir l'absence, des ammonites, et d'autre part des limites de résolution et de fiabilité des groupes utilisés (brachiopodes et palynomorphes); dans les séries argileuses, les ammonites sont nombreuses et les attributions biostratigraphiques sont très précises, allant jusqu'à la résolution de l'horizon.

C) STRATIGRAPHIE SÉQUENTIELLE

1) Procédure

La géologie sédimentaire documente la démarche stratigraphique: épisodes avec apports détritiques (quartz, silts et argiles souvent très abondants et significativement fréquents); présence de minéraux singuliers parfois en forte concentration (glauconie, oxydes de fer); évolution verticale des textures et reconnaissance de gradient de leur évolution latérale; distinction de l'enchaînement horizontal et vertical des faciès et des environnements de dépôt: milieux proximaux (margino-littoral lagunaire, arrière côte, plaine côtière) jusqu'aux milieux marins (avant côte, large), etc....

La confrontation des données sédimentaires et biologiques, conduit à reconnaître des séquences: suites cohérentes d'objets lithologiques, stratonomiques et paléontologiques. Les séquences diagénétiques, non encore détaillées, ne sont entrevues que par les surfaces remarquables et les microfaciès. Trois ordres hiérarchisés de séquences sont reconnus.

Dans une première étape analytique, huit "motifs séquentiels" ou "séquences élémentaires de faciès", notées FS1 à FS8, limitées par des discontinuités, ont été reconnues (fig. 6). La plupart paraissent initiées par un approfondissement relatif, vraisemblablement d'origine eustatique (limites de séquences de nature allocyclique et à valeur génétique). Mais, les modalités de comblement de l'espace disponible sont sans doute majoritairement contrôlées par des facteurs locaux; ce sont donc des paraséquences (Van Wagoner et al., 1990), ou séquences génétiques à haute fréquence (Guillocheau, 1995).

Dans une seconde étape, tenant compte de leur répétitivité et de leur empilement, ces motifs séquentiels sont regroupés entre les discontinuités considérées comme majeures (allocycliques) par leur extension latérale et l'ampleur des modifications biosédimentaires constatées de part et d'autre. Des ensembles, définis comme des cortèges sédimentaires et/ou séquences de dépôt, ont abouti à la reconnaissance d' "unités génétiques", notées Seq.1 à Seq.11; ces dernières sont considérées comme des séquences génétiques de moyenne

<u>fréquence</u> (Guillocheau, 1995) ou <u>séquences de 3ème ordre</u> (Haq *et al.*, 1987, 1988).

Enfin, dans une troisième étape, ces regroupements ont été confrontés aux modèles existants permettant une discussion sur l'existence de cycles ou séquences de basse fréquence (Guillocheau, 1995), dits de second ordre (Cramez, 1990) ou "cycles régressifs/transgressifs" (Jacquin et al., 1992; Hardenbol et al. 1996).

2) Discussion et résultats

La plupart des séquences à moyenne fréquence (3ème ordre) sont incomplètes, surtout du Bajocien au Callovien inférieur. Les dépôts correspondant aux phases d'élévation du niveau marin ou de haut niveau sont en majorité bien représentés pour l'intervalle Bajocien supérieur-Oxfordien inférieur. Par contre, les dépôts de bas niveau ne s'observent qu'après l'ennoiement généralisé de la plate-forme au Callovien (événement enregistré sur toute l'Europe de l'Ouest); ils sont peu développés ou absents au Bajocien supérieur-Bathonien.

Les données biostratigraphiques (fig 5) permettent de corréler ces séquences à moyenne fréquence avec celles reconnues dans le Jurassique de l'Europe de l'Ouest (Jacquin *et al.*, 1992; Hardenbol *et al.* 1996). Dans le Dogger du Boulonnais (fig. 7), on reconnaît ainsi 11 séquences: "Seq.1" à "Seq.10" sont corrélées aux séquences Bj?, Bj5, Bt1, Bt4, Bt5, Ca0, Ca1, Ca2-3, Ca5 et Ox0; "Seq 11", rapportée à Ox1 débute avec le Malm. Les séquences Bt2 et Bt3 sont absentes, Ca2 et Ca3 sont condensées; Ca4 est absente (vacuité sédimentaire).

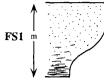
A l'échelle des cycles de second ordre, on retrouve les caractères stratonomiques de la succession des séquences de dépôt en milieux carbonatés énoncés par Jacquin *et al.* (1992).

En résumé, au dessus de Seq.1=Bj? (Sables d'Hydrequent), les séquences Seq.2=BJ5 (Formation de Leulinghen, membre A) et Seq.3=BT1 (Formation de Leulinghen, membres B et C) sont rapportées à la fin de la composante transgressive du cycle de faciès de 2ème ordre T7'-R7, dont le pic de transgression se situe dans le Bathonien inférieur (Zone à Zigzag, vers la limite entre les sous-zones à Convergens et Macrescens). La surface de discontinuité majeure qui correspond au maximum de régression de ce cycle (base de la zone à Hodsoni=base de la Zone à Bremeri) est identifiée à la limite entre les séquences Seq.3=Bt1 / Seq.4=Bt4 (toit du membre C de la Formation de Leulinghen), soulignée par une lacune affectant vraisemblablement la majorité du Bathonien moyen (séquences Bt2 et Bt3 non reconnues), probablement absent par non dépôt ou érosion dans un contexte paléogéographique régional de parties très proximales de plates-formes s.l. Au dessus du membre C de la formation de Leulinghen, les séquences Seq.4=Bt4 (Formation de Leulinghen, membre D et Formation de Marquise-Rinxent, membre de Rinxent) et Seq.5=Bt5 (Formation de Marquise-Rinxent, membres de Rinxent et de Castelbrune) sont agradantes; Seq.6=Ca0 (Formation des Calhaudes) et Seq.7=Ca1 (Formation des Pichottes) sont rétrogradantes. Faisant suite à la séquence restreinte Seq.8=Ca2-3 (Marne ferrugineuse de Belle) et aux séquences Seq.9=Ca5? (Argiles de Montaubert, membres A et B) et Seq.10=Ox0 (Argiles de Montaubert, membre C), le maximum d'inondation du cycle de second ordre T8-R8 (Oxfordien inférieur, zone à Mariae, sous-zone à Scarburgense) est atteint dans la partie inférieure des Argiles du Coquillot (intervalle transgressif de la séquence Seq.11-Ox1; banc 50 de la coupe de l'A 16, Vidier et al., 1993).

Lithologie		Faunes de Cép	halopodes	Faunes de B	rachiopodes Attribution	Foraminifères,			Lithologie				
Groupe	Formation Membre	Éléménts de datation Attribution biostratigraphique		Éléménts de datation (associations; d'après Garcia, 1993) Attribution biostratigraphiq (Echelle Bassin de P Almeras et al., 1993)		Palynologie Associations et attribution biostratigraphique (interprétation D. Fauconnier)			atigraphique (Ec c Stratigraphy, l zones			Formation	
st"	Argiles du Coquillot	banc 21 et 22 à Cardioceras scarburgense, Pelioceratoides arduennense, etc	zone à Mariae sous-zone à Scarburgense, horizon à Scarburgense (Vidier et al., 1993) zone à Lamberti			4	Scarburgense	Scarburgense	Mariae	OXFORI INF.) .[Argiles du Coquillot	
argileux ou "Groupe de Le Waast"	Argiles C de Montaubert B	banc 20 à Cardioceras paucicostatum, Hecticoceras spucicostatum, Hecticoceras sp., etc banc 10 à Quenstedioceras lamberti, Kosmoceras duncani, Kosmoceras spinosum Hecticoceras punciatum, Poculisphinctes poculum Orionoides orion etc Kosmoceras phaeinum, Pseudopelnoceras leckenbyi, Binarisphinctes, etc	sous-zone à Lamberti, horizon à Paucicostatum (Vidier et al., 1993 et (travail en cours) zone à Lamberti, horizon à Lamberti, horizon à Lamberti (Vidier et al. 1993 et (travail en cours) zone à Athleta sous-zone à Pheinum, sous-zone à Pheinum, sous-zone à Penici (travail en cours)	Niveau à Thurmanelles Niveau à Thurmanelles Niveau à Thurmanelles		Associations palynologiques en cours d'étude.	Paucicostatum Lamberti	Lamberti ? Phaienum	Lamberti ? — ? Athleta	SUP.	СВ	Argiles de Montaubert	
Groupe	Marne de Belle	Sigaloceras calloviense, Kepplerites trichophorus, Proplanulites teysseiri. Proplanulites basileus. Cadoceras tolype, Cadoceras modiolare, etc	zone à Calloviense et zone à Koenigi (Magniez et al., 1984)	Latharingella leedsi	?			Curtilobus Galilei Calloviense	Calloviense/ Koenigi	CAL CAL	Ţ-,	Marne de Belle	
ا ۽ ا	Formation des Pichottes	Macrocephalites ? macrocephalus, Homoeoplanulites sp.	zone à Macrocephalus, sous-zone à Kamptus (Magniez et al., 1984)	Niveaux F 7, association à Ornithella lagenalis, Lotharingella gremifera, Cererithyris nutiensis	zone 16, horizon à Cererithyris nutiensis16a (zone à Macrocephalus, partie supérieure et sous-zone à Kamptus)	Associations palynologiques en cours d'étude.		Kamptus	Herveyi		Į.	rmation des chottes	
	Formation des Calhaudes B Membre de Castelbrune	Clydoniceras discus Clydoniceras cf. blakei Clydoniceras hochstetteri V Delecticeras legayi Procymatoceras subtruncatum flaeviplex flaeviplex	zone à Discus, sous-zone à Discus (Magnicz et al., 1984)	Niveau F 6. association à Kutchirhynchia morieri, Eudesia multicostata, Kallirhynchia yaxleyensis, Obvoothyris obovata, Cererithyris intermedia Niveau F 5 à Burmirhynchia elegantula Niveau F 4 à Burmirhynchia thierachensis	zone 14 (zone à Discus) zone 14 (zone à Discus) zone 14, sous-zone 14a (zone à Discus, sous-zone à Hollandi)	,		Discus —————	Discus	Z SUP.	B A Membre de Castelbru		
	Formation de de de Marquise-Rinxent de Membre de Marquise D		Bathonien moyen/ supérieur	Niveaux F 3 à Burmirhynchia hopkinsi et niveau à Burmirhyncia hopkinsi et Burmirhyncia ef turgida Niveaux F 2. association à Lotharingella weovrica, Ornithella bathonica, Kallirhynchia concinna,	zone 12 (zone à Subcontractus p.p. à zone à Retrocostatum) zone 12, horizon à Turgida zone 12, horizon à Concinna	? Orbitanmina elliptica (= Meyendirffina bathonica)	İ		Hodsoni		Membre de Marquis Membre de	Membre de Marquise- Membre de Rinxent	
	Formation C de Leulhingen B		(H.Tintant, comm.pers.) zone à Zigzag (Magniez et al., 1984)	Pseudotubithyris globata, etc rares Lotharingella weovrica,		Association à Obssiliodinium sp., a intégrient			Zigzag	INF.	-		
	Sables d'Hydrequent	● ? Cenoceras foordi	Bajocien supérieur (Magnicz et al., 1984)	Niveau F 1 à Epithyris oxonica	?	Association à Dissilication production de la Dissilication production de la Dissilication production de la Dissilication production de la Dissilication de la Callialasporites dampieri, Production de la Callialasporites de la			? Parkinsoni/ Garantiana ?	SUP. OO PART OF SUP. AAL. ?		ables drequent	
	Substratum			-	·				L		Sui	ostratum	

Fig. 5. — Bilan biochronologique et âges déduits pour la série du Dogger du Boulonnais.

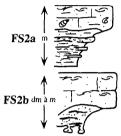
Fig. 5. — Biochronological data and subsequent datings for the sedimentary deposits of the Dogger of the Boulonnais.



on: argile noire plus ou moins sableuse et plastique, organique, passant vers le haut à des sables fins à débris charbonneux. Description: argile no

débris charbonneux. Environnement: plaine côtière.

Physiographie: rampe à irrégularités topographiques plus ou moins marquées résultant de l'érosion différentielle d'un substratum hétérogène et très tectonies. Unité lithologique: Formation des sables d'Hydrequent.

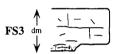


Description: arglle sableuse (ou sable à lits argileux) suivie dans les séquences suffisamment dilatées, de minces bancs lumachelliques avec un sommet calcaire, argilo-gréseux microlaminé, bioturbé, lumachellique.

Environnement: plaine côtière.

Physiographic: rampe protégée à irrégularités topographiques plus ou moins marquées.

Unité lithologique: Formation de Leulinghen, membre A.



Description: lit centimétrique argilo-gréseux parfois gréseux à la base, puis calcaire marneux granulaire (pellets, peloides, ooides, bioclastes); localement des madréporaires et de fréquents oogones de charophytes. Environnement: sub- à supratidal.
Physiographic partie proximale d'une rampe complexe avec des irrégularités du substratum faibles mais encore très sensibles (netite barrières outilibiouses et celletoridales).

sensibles (petites barrières oolithiques et pelletoïdales). Unité lithologique: Formation de Leulinghen, membres B et C.



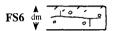
Description: lit argileux à débris coquilliers suivi d'un banc de calcaire granulaire (peloïdes, bioclastes); faune benthique localement abondante. Environnement: infratidal.

Physiographie: plate-forme carbonatée ennoyée. Unité lithologique: Formation de Leulinghen, membre D.



Description: lit de calcaire argilo-gréseux à peloïdes, puis calcaire ooïdique et ou à peloïdes; fréquemment une compaction des éléments figurés plus forte à la base qu'au sommet de la séquence qu'à la partie supérieure (diagenése); faune généralement concentrée en base de séquence; quelques unes de ces séquences ont un granoclassement décroissant, d'autres sont à litages obliques plans.

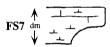
Environnement: inter à infratidal.
Physiographie: plate-forme carbonatée.
Unité lithologique: Formation de Marquise Rinxent et Formation des Pichottes.



Description: calcaire oolithique; séquences essentiellement caractérisées sur le plan diagénétique par des cimentations précoces et/ou micritisations au toit de chacune d'elles sur quelques millimètres d'épaisseur. Environnement: inter- à infratidal.

Environnement: inter- à infratidal.

Unité lithologique: Formation de Marquise Rinxent, Membre de Marquise.



Description: argile ou marne, puis calcaire marneux; une des séquences construite sur ce modèle est caractérisée par l'abondance des oolithes ferrugineuses et de la

faune benthique.
Environnement: inter- à infratidal.
Physiographie: plate-forme carbonatée ennoyée.
Unité lithologique: Formation des Calhaudes.



Description: argiles terminées par un ou deux b silto-gréseux indurés ou de minces ba Environnement: infratidal . Physiographie: rampe sur plate-forme ennoyée. Unité lithologique:: Argiles de Montaubert et Argiles du Coquillot.

Fig. 6. — Séquences de faciès élémentaires (FS 1 à FS 8) reconnues dans les séries affleurantes du Dogger du Boulonnais.

Fig. 6. — Elementary facies sequences (FS 1 to FS 8) recognized in the outcropping series of the Dogger of the Boulonnais.

V. — DESCRIPTION ET INTERPRÉTATION DES UNITÉS

A) "SABLES D'HYDREQUENT" (= Sables d'Hydrequent auct.)

Coupes de référence: tranchée de la gare de Rinxent (fig. 8) et site de Leulinghen (coupes 1, 3 et 4; fig. 9 et 10) des exploitations de la Société des Carrières du Boulonnais

1) Lithostratigraphie

- caractéristiques: 2 à 3m Sables fins rouille à violacé. Fréquents débris charbonneux. Au sommet, lits plus argileux à Modioles et fréquentes traces de racines.
- limite inférieure: discordance sur les formations paléozoïques (ou éventuellement et très localement, rhétoliasiques?).

- limite supérieure: surface de ravinement (toit du banc calcaire Gr 6, sous les calcaires argilo-gréseux du banc Gr 7 dans la tranchée de la gare de Rinxent).

2) Biostratigraphie

Ces sables ne contiennent aucune macrofaune caractéristique. Le remplissage des poches dans les calcaires paléozoiques a livré à l'affleurement (Vachard & Roche, 1974; inédit) une association palynologique rapportée au Lias pour la base: Classopolis classoides, Chasmatosporites sp., Cerebropollenites mesozoicus, Cycadopites sp., Densoisporites velatus, Deltoidospora sp., Alisporites sp. Au toit, le Dogger, très probablement l'Aalénien, est reconnu avec: Callialasporites dampieri, C. segmentatus, C. trilobatus, C. turbatus, Perinopollenites elatoides, Quadracculina anellaeformis, Alisporites sp., Cerebropollenites mesozoicus, Sestrosporites pseudoalveolatus, Coranatispora valdensis,

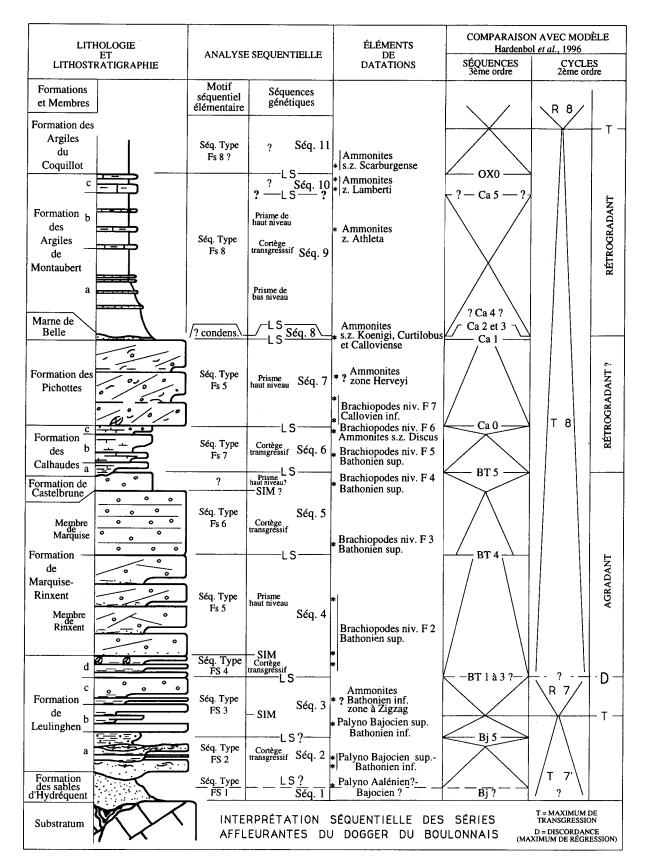


Fig. 7. — Détail de l'interprétation séquentielle des dépôts affleurants du Dogger du Boulonnais. La caractérisation et la dénomination des cycles de 3ème ordre et des séquences de 2ème ordre correspond a celles proposées par Jacquin et al., 1992 et Hardenbol et al., 1996.

Fig. 7. — Detailed sequence stratigraphy interpretation of the outcropping Dogger deposits of the Boulonnais. The characterization and denomination of the 3rd order sequences and the 2nd order cycles is that defined by Jacquin et al., 1992 and Hardenbol et al., 1996.

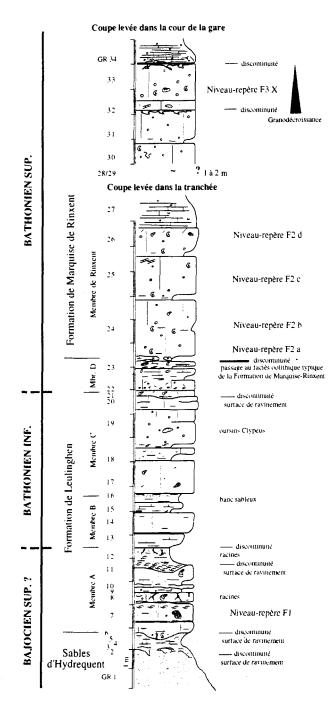


Fig. 8. — Coupes de la gare de Rinxent (Commune de Rinxent).

Fig. 8. — Sections of the railway station of Rixent (District of Rinxent).

Densoisporites perinatus, D. velatus, Classopolis classoides, Klukisporites pseudoreticulatus.

Dans deux échantillons du sommet des Sables d'Hydrequent (petit sondage de la Société des Carrières du Boulonnais près de Bernes), on reconnaît les associations suivantes:

- à la base: spores: Gleichemidites senonicus, Cyathidites australis, Densoisisporites petrinatus, Vadaszisporites urkuticus, Osmundacidites wellmanii, Deltoidospora major, Rotverrusporites tenuis; pollen: Callialasporites dampieri, Classopollis sp., Araucariacites australis, Alisporites thomasii, Perinopollenites elatoides;

- au sommet: spores: Deltoidospora major, Klukisporites sp.; pollen: Callialasporites dampieri, Classopollis sp., Araucariacites australis, Alisporites thomasii, Perinopollenites telatioides, Exesipollenites umulus, Cerebropollenites mesozoicus; dinokystes:Kalyptea stegasta, Valensiella ovulla, Dissiliodinium sp., Dichadogonyaulas sellwoodii, Kallosphaeridium sp.

Age: Bajocien supérieur (D. Fauconnier, rapport inédit, 1994).

Le <u>dépôt des Sables d'Hydrequent débute vraisemblablement dans le Lias et se poursuit à l'Aalénien</u>. Non encore précisément caractérisé, leur milieu de dépôt est vraisemblablement hors du domaine marin (continental fluviodeltaïque?). Au sommet, une première incursion marine est prouvée et datée du <u>Bajocien supérieur</u> grâce aux dinokystes.

3) Séquences de faciès et environnements de dépôt

Cette formation est composée de séquences élémentaires de faciès (FS1) métriques avec, à la base, une argile noire (deux à trois décimètres) assez riche en matière organique, suivie de sables fins à débris charbonneux. Le passage est progressif entre la base argileuse et la partie sableuse, nettement plus développée. Elles témoignent d'environnements de plaine côtière proximale à morphologie de rampe à irrégularités topographiques marquées, résultant de l'érosion différentielle d'un substratum lithologiquement hétérogène et très tectonisé.

Cet ensemble repose généralement sur le substratum Paléozoïque (ou triasique; remplissage inférieur du paléokarst). Sur cette surface, véritable "discordance", se télescopent certainement de nombreuses surfaces. La dernière est clairement une surface d'inondation; elle recoupe toutes les autres et cette dynamique, due à une élévation du niveau marin, permet la sédimentation de ces dépôts à dominante détritique.

Le mode d'<u>empilement de style agradant</u> des séquences élémentaires FS1 traduit un relatif équilibre entre espace disponible et taux de sédimentation. Dans le contexte paléogéographique du Boulonnais et suivant le concept de "partitionnement volumétrique des faciès" (Guillocheau, 1995), cette disposition caractérise vraisemblablement le cortège transgressif d'une séquence de dépôt de moyenne fréquence (3ème ordre).

A l'affleurement, aucun autre cortège ne peut être reconnu. La surface sommitale est une <u>surface de ravinement</u> qui marque l'ennoiement du domaine considéré; sa valeur (surface d'inondation?) ne peut être fixée avec certitude. Au dessus, le régime sédimentaire se modifie totalement et annonce une dominante carbonatée.

4) Bilan bio-chronostratigraphique et séquentiel

L'absence de données biostratigraphiques précises dans cet intervalle altère la fiabilité de l'interprétation. Par déduction (à partir des sédiments sus-jacents de la Formation de Leulinghen et grâce à la présence de kystes de dinoflagellés du Bajocien supérieur dans la base du membre A de cette formation), il semble que l'on puisse intégrer les dépôts de la séquence Seq.1 (et en partie ceux de Seq.2), à la phase transgressive du cycle T7'-R7; dans ce cas, compte tenu de ces contraintes biostratigraphiques, Seq 1 (fig. 6) peut être rapportée à l'une des séquences de 3ème ordre (Bj?) reconnues dans ce cycle, vraisemblablement après le maximum de régression situé vers la limite Bajocien inférieur / Bajocien supérieur.

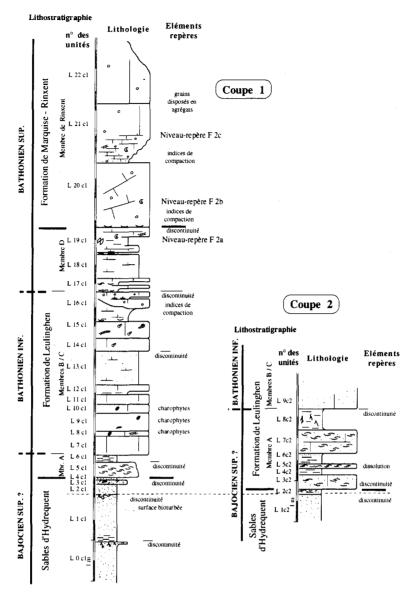


Fig. 9. — Coupes 1 et 2 du site de Leulinghen, secteur Sud de la partie Ouest des exploitations de la "Société des Carrières du Boulonnais" (Commune de Leulinghen).

Fig. 9. — Sections 1 and 2 of the Leulinghen working site, South part of the Western area of the quarries of the "Société des Carrières du Boulonnais" (District of Leulinghen).

Cette configuration séquentielle est typique d'un enregistrement sédimentaire en domaine de plaine côtière (Guillocheau, 1995). Dans le contexte paléogéographique qui est celui du Boulonnais à cette époque (bordure continentale à topographie irrégulière), un enregistrement sédimentaire discontinu s'inscrit bien dans cette logique.

B) "FORMATION DE LEULINGHEN"

(= Marnes d'Hydrequent *auct. pars.* et Calcaires de Rinxent *auct. pars.*)

<u>Coupes de référence</u>: tranchée de la gare de Rinxent (fig. 8) et coupe de la Z.A.C. de Rinxent (fig. 11).

1) Lithostratigraphie

- caractéristiques: 5 à 6m - Suite de quatre unités sédimentaires de faible épaisseur, traitées comme des

membres en fonction de leur stratonomie et rapports stratigraphiques; trois d'entre eux (membres B, C et D) sont visibles en totalité dans les coupes de la gare et de la ZAC de Rinxent (fig. 8 et 11) et dans les découverts (morts-terrains) des Carrières du Boulonnais (site de Leulinghen - coupes 1, 3 et 4; fig. 9 et 10 - et chantier 511; fig. 12); le premier (membre A) est bien visible dans la tranchée de la gare de Rinxent (fig 8) et dans les Carrières du Boulonnais (coupes 1 et 3; fig. 9 et 10).

- <u>limite inférieure</u>: base du banc de calcaire argilo-gréseux (Gr 7) reposant sur la surface de ravinement terminant les Sables d'Hydrequent (toit du banc Gr 6).
- <u>limite supérieure</u>: surface perforée, érodée, incrustée d'huîtres au toit d'un petit banc de calcaire à matrice micritique et argileuse (banc ZR 14) et grands bioclastes sparitisés (ZAC de Rinxent et pied du pont de la gare de Rinxent).

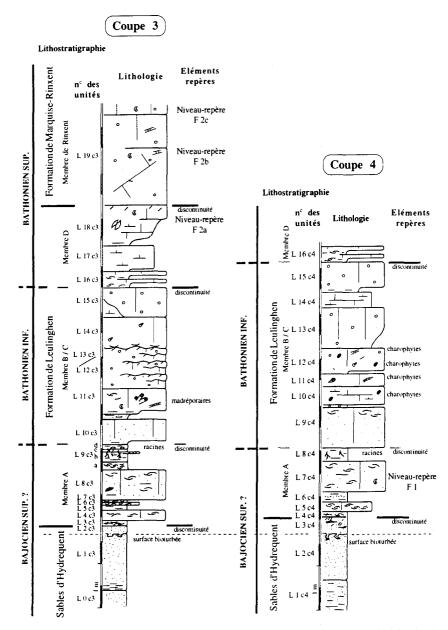


Fig. 10. — Coupes 3 et 4 du site de Leulinghen, secteur Nord de la partie Ouest des exploitations de la Société des Carrières du Boulonnais (Commune de Leulinghen).

Fig. 10. — Sections 3 and 4 of the Leulinghen working site, North part of the Western area of the quarries of the "Société des Carrières du Boulonnais" (District of Leulinghen).

- subdivisions:

- * membre A 2m Groupe de bancs calcaires argilogréseux, lumachelliques (huîtres, modioles, plagiostomes, rares madréporaires roulés et brachiopodes, débris de bois).
- * membre B 1m Banc massif de calcaire micritique argileux à gastropodes et madréporaires, encadré de marnes crème riches en faunule de lamellibranches et nombreux radioles d'oursins réguliers.
- * membre C 2m Groupe de bancs de calcaire granulaire (pelbiomicrite à oopelsparite) à madréporaires, gastéropodes et échinodermes. Base soulignée par un lit sableux, parfois induré (0,10m à 0,20m). Sommet irrégulièrement induré, souligné par une forte ferruginisation (toit du banc ZR 11, ZAC de Rinxent).

* membre D - 0,75m - Groupe de petits bancs argilomarneux très riches en faune: nombreux lamellibranches fouisseurs fossilisés en position de vie dans le banc terminal; débris coquilliers divers et brachiopodes toujours écrasés dans les interbancs argileux. Surface sommitale durcie (calcaire microbioclastique glauconieux très induré).

2) Biostratigraphie

a) membre A

A l'affleurement, les lumachelles à *Epithyris oxonica* (niveau-repère Fl), ne permettent pas d'être affirmatif sur l'âge. En Angleterre, cette espèce existe à la partie inférieure de la "Great oolithe" d'Angleterre datée par ammonites de la zone à Hodsoni, base du Bathonien supérieur (Cope *et al.* 1980). De

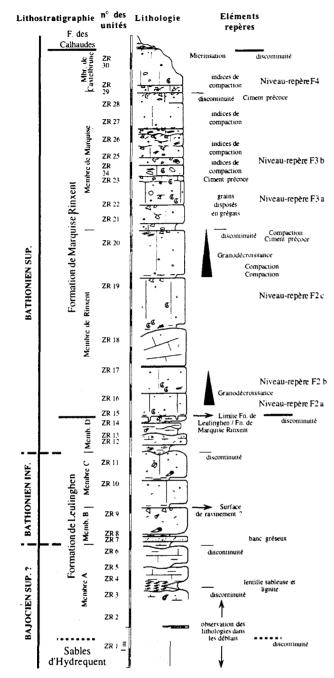


Fig. 11. — Coupe de la "Zone d'Aménagement Concertée" de Rinxent, au Nord de la fonderie (Commune de Rinxent).

Fig. 11. — Section of the "Zone d'Aménagement Concertée" of Rinxent, North to the smelting factory (Rinxent District).

même, on ne peut se fonder sur les huîtres qui n'ont pas encore une valeur biostratigraphique fiable. Par contre, le *Cenoceras foordi* (=Nautilus inornatus auct.; Magniez et al. 1984) replacé dans le membre A de la formation de Leulinghen grâce à sa gangue (et Magniez, renseignements inédits), indiquerait le Bajocien supérieur (H. Tintant, communication orale).

Dans un petit sondage près de Bernes, *Epithyris oxonica* n'a pas été retrouvé, mais les huîtres sont présentes. Des échantillons, rapportés à ce membre A livrent une microflore de spores, pollen, acritarches et kystes de dinoflagellés (association à *Dissiliodinium sp.*, *Koryscysta kettonense*,

Dichadogonyaulax sellwoodii et Lithodinia jurassica) qui indique un âge <u>Bajocien supérieur / Bathonien inférieur</u> (D. Fauconnier, rapport inédit, 1995).

b) membres B et C

Provenant de la partie supérieure "des marnes d'Hydrequent" et de la base du "calcaire de Rinxent" (= membres B et C de la formation de Leulinghen), Dutertre (1926 b) cite un "Proplanulitidae du genre Siemiradzkia" récolté dans la tranchée de la gare de Rinxent et une forme de Procerites récoltée dans la carrière Lecamus à Leulinghen. Cette carrière appartient à un secteur d'exploitation où les membres B et C de la formation de Leulinghen ont des caractères sédimentaires et stratonomiques particuliers puisqu'ils reposent directement sur le substratum paléozoïque; les Sables d'Hydrequent et le membre A de la formation de Leulinghen sont absents. Du site de Ferques, où la formation de Leulinghen montre les mêmes particularités, provient le Procerites récolté par Magniez (in Magniez et al., 1984). Des nautiles, rapportés à Procymatoceras subtruncatum, proviennent de la partie supérieure de la formation de Leulinghen, vraisemblablement du membre D (Magniez, notes inédites: "calcaire plus blanc, contenant peu de pseudoolithes, à polypiers solitaires et gastéropodes, épais de 1 à 3,00m"). Toujours d'après cet auteur, viennent au dessus, des petits bancs de calcaires fossilifères, de marnes et d'argiles qui, à notre connaissance, correspondent sans ambiguïté au membre D de la formation de Leulinghen.

L'état de conservation de ces ammonites ne permet pas une détermination spécifique. On sait que les genres Procerites et Siemiradzkia sont connus dans tout le Bathonien inférieur et moyen et que Procymatoceras subtruncatum, fréquent dans la partie supérieure de la formation de Leulinghen est, quant à lui, caractéristique du Bathonien moyen-supérieur.

Des brachiopodes isolés ont été récoltés au Nord de Leulinghen. Brisés ou désarticulés, ils sont attribués à Lotharingella gr. woevrica et Kallirhynchia gr. concinna. Ces espèces, notamment en Lorraine, sont toujours récoltées au voisinage de la limite Bathonien moyen/Bathonien supérieur (Laurin, 1984; Garcia, 1993; Garcia et al., 1996). L. woevrica est dans la zone 9, sous-zone à Millythyris arvierensis de Alméras et al. (1990, 1994, 1995), corrélée avec la zone à Zigzag, sous-zone à Convergens du Bathonien inférieur, et s'étend jusqu'à la zone 12 à Kallirhynchia concinna, mise en regard du Bathonien moyen p.p., (zone à Subcontractus et zone à Morrisi) et du Bathonien supérieur p.p. (zone à Hodsoni).

Compte tenu des âges proposés pour les unités lithostratigraphiques encadrantes, des informations disponibles et des travaux antérieurs, les membres B et C de la formation de Leulinghen sont donc rapportés au Bajocien supérieur-Bathonien inférieur.

c) membre D

Les brachiopodes sont encore dispersés mais plus fréquents, ne formant pas de vrais "niveaux-repères". Des rhynchonelles sont conservées écrasées dans des interbancs argilo-lumachelliques; les morphologies évoquent les espèces de l'association à *Lotharingella woevrica* et *Ornithella bathonica* du niveau-repère F2, qui se développe plus haut dans la succession lithologique (membre de Rinxent). Pour cette raison, un âge au passage Bathonien moyen-Bathonien supérieur est probable. Ceci semble confirmé par la récolte de

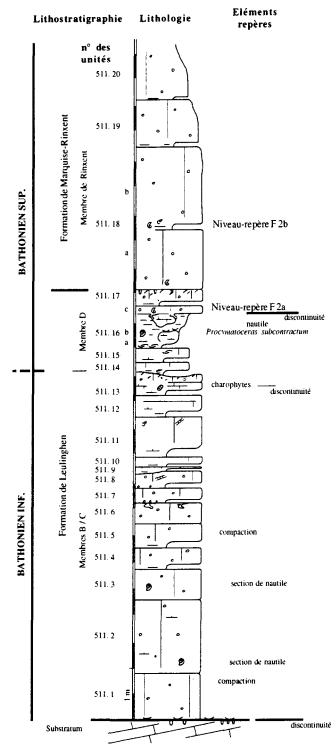


Fig. 12. — Coupe du site de Ferques ("chantier 511"), secteur Est des exploitations de la "Société des Carrières du Boulonnais" (Commune de Ferques).

Fig. 12. — Section of the Ferques working site ("chantier 511"), East area of the quarries of the "Société des Carrières du Boulonnais" (Ferques District).

Procymatoceras subtruncatum. "Nautilus baberi" et "Nautilus subtruncatus" avaient d'ailleurs été signalés par Dutertre (1921), dans un "calcaire oolithique jaune à Rhynchonella concinna et marne bleue à Ostrea sowerbyi", qui correspondent, dans le nouveau découpage lithologique, au

sommet de la formation de Leulinghen et à la base du membre de Rinxent de la formation de Marquise-Rinxent.

En résumé, aucun marqueur indiscutable du Bathonien moyen n'a jusqu'à présent été trouvé dans la formation de Leulinghen. Compte tenu de la biostratigraphie et de l'analyse séquentielle, les deux discontinuités majeures, reconnues respectivement au sommet du membre A (lit argilocharbonneux avec traces de racines) et au toit du membre C, sont considérées comme des limites de séquences. La dernière pourrait matérialiser une lacune intéressant, au moins partiellement, le Bathonien moyen.

3) Séquences de faciès et environnements de dépôt

L'interprétation séquentielle de la formation de Leulinghen est assez complexe. Le membre A (sauf les derniers décimètres) est composé de séquences élémentaires (FS2) métriques à demi métriques, argilo-sableuses ou sableuses, avec lits argileux à la base, se terminant par un banc de calcaire argilo-gréseux, microlaminé, bioturbé, lumachellique; dans les successions suffisamment dilatées, apparaissent des intercalations de minces bancs lumachelliques. Les milieux sont de type plaine côtière distale sur une rampe à irrégularités topographiques plus ou moins marquées.

Les membres B et C (et les derniers décimètres du membre A) montrent des séquences élémentaires (FS3) décimétriques (0,40 à 0,60m) débutant par un lit centimétrique argilo-gréseux, parfois uniquement gréseux, suivi d'un banc de calcaire marneux granulaire (pellets, peloïdes, ooïdes et bioclastes) qui renferme localement des madréporaires et fréquemment de nombreux oogones de Charophytes. L'environnement est sub- à supratidal, et ces séquences sont élaborées lors de la mise en place d'un complexe de type barrière oolithique et pelletoïdale sur une rampe à faible topographie (ramp ooid-pellet barrier complex, Read, 1985). Les irrégularités initiales du substratum paléozoïque sont encore sensibles et semblent guider les différents éléments du complexe et induire des variations latérales; au chantier 511 à Ferques, dans les carrières de la Pierre bleue et de la Queue du Gibet à Leulinghen, les faciès sont plus granulaires (barrière littorale) et le motif séquentiel élémentaire n'est pas clair.

Le membre D est une suite de séquences élémentaires (FS4) décimétriques (0,10 à 0,30m). A leur base, un lit centimétrique argileux à débris coquilliers abondants (huîtres) et grains calcaires (peloïdes) est suivi d'un banc calcaire à péloïdes et bioclastes. L'un de ces bancs au moins contient de la glauconie; le banc terminal est très fossilifère. L'environnement est infratidal et correspond à une plate forme carbonatée ennoyée (Read, 1985).

4) Bilan bio-chronostratigraphique et séquentiel

a) membre A

La partie inférieure de la formation de Leulinghen est le témoin du passage d'un régime détritique à un régime carbonaté. Dans tout l'ensemble de la série du groupe de Marquise (Dogger calcaire), ce membre est le seul à montrer des figures sédimentaires (plaquettes lumachelliques) interprétées comme des indices d'influence des tempêtes. De plus, une faune diversifiée mais côtière souligne une ouverture nette mais limitée sur le large (extrême rareté des Céphalopodes). Par rapport aux sables d'Hydrequent, la dynamique reste essentiellement transgressive. Dans cet ensemble, interprété comme la séquence Seq.2, il est difficile

d'appréhender le mode d'empilement des unités élémentaires (séquences de faciès) à cause d'une trop forte condensation; celle-ci reflète certainement une rétrogradation rapide généralement décrite dans les prismes transgressifs.

Le toit de cette <u>séquence Seq.2</u> (qui ne coïncide pas exactement avec le toit du membre A) est souligné par un mince liseré charbonneux avec traces de racines interprété comme une limite de séquence génétique. Cette surface ne montre pas les critères d'une surface d'inondation maximale; au contraire, les dépôts qui la surmontent (fin du membre A) sont de milieux supra- à subtidaux marquant une chute du niveau marin relatif.

Par manque de précision des datations, il est impossible de bien dater cette séquence. Grâce aux palynomorphes (Vidier et al., 1995), elle serait d'âge <u>Bajocien supérieur-Bathonien inférieur</u>, et inscrite dans la dynamique transgressive du cycle de second ordre initié à l'Aalénien supérieur; elle pourrait être proche de son maximum d'inondation et correspondre, plus ou moins partiellement, à la <u>séquence Bj5</u>.

b) membres B et C

Bien qu'affectée de rapides et nombreuses variations latérales, cette série montre une évolution verticale générale depuis des faciès marneux riches en organismes, vers des calcaires granulaires, ooïdiques; elle semble correspondre à un cycle complet de variation du niveau marin (approfondissement-diminution de profondeur) qui constitue la séquence génétique Seq.3. La surface qui termine cet ensemble est très variable en aspect, mais souligne toujours une nette rupture stratonomique.

Les données bio-lithofaciologiques et leur interprétation séquentielle déterminent <u>un maximum d'inondation à la partie moyenne du membre B</u> de la formation de Leulinghen. Brachiopodes, dinokystes et rares ammonites indiquent le <u>Bajocien supérieur - Bathonien inférieur (zone à Zigzag?)</u>; cet âge est concordant avec les changements majeurs intervenant au <u>pic de transgression du cycle de second ordre T7'-R7</u>, qui précède, dans le bassin anglo-parisien, la mise en place du vaste complexe de plates-formes carbonatées au Bathonien. Les ammonites, même si elles sont rares et vraisemblablement flottées et échouées, viennent à l'appui de l'hypothèse d'un maximum d'inondation qui serait celui de la <u>séquence Btl</u> daté de la <u>base de la zone à Zigzag</u>.

La surface sommitale du membre C est une limite majeure à laquelle, dans le Boulonnais, serait associée une <u>lacune</u>. Celle-ci serait <u>articulée autour du maximum régressif</u>, daté ailleurs dans le bassin anglo-parisien de la <u>zone à Morrisi</u> (Jacquin *et al.*, 1992; Hardenbol *et al.*, 1996) intervenant à la <u>limite entre les cycles de second ordre T7/R7 et T8-R8</u>; elle intéresserait le <u>sommet du Bathonien inférieur</u> et la <u>majeure partie du Bathonien moyen</u>, oblitérant les <u>séquences Bt2 et Bt3</u>.

c) membre D

Les caractéristiques bio-lithofaciologiques indiquent une ouverture sur le milieu marin franc. Le caractère transgressif de chaque séquence de faciès est souligné par la faune et par la présence de glauconie. Le membre D, dont le toit serait une surface d'inondation maximale, est interprété comme l'intervalle transgressif de la séquence Seq.4.

L'association à Lotharingella woevrica et Ornithella bathonica (niveau-repère F2), caractérise généralement le cortège transgressif de la séquence Bt4 (Garcia et al., 1996), qui débute à la fin du Bathonien moyen, dans la zone à Morrisi, et dont <u>le maximum d'inondation est daté de la zone à Hodsoni, base du Bathonien supérieur.</u>

C) "FORMATION DE MARQUISE-RINXENT"

(= Calcaires de Rinxent *auct. pars.* et Oolithe de Marquise *auct.*).

<u>Coupes de référence</u>: coupe de la Z.A.C. de Rinxent (membre de Rinxent et membre de Marquise; fig. 11) et coupe de Castelbrune (membre de Castelbrune; fig. 13).

1) Lithostratigraphie

- <u>caractéristiques</u>: 10m environ Calcaire jaunâtre, ooïdique, d'abord en gros bancs à la base, avec de minces passées peu indurées finement gréseuses puis, dans la partie supérieure, en petits bancs à nombreuses surfaces durcies et/ou incrustées de coquilles et ferruginisées. Faune diversifiée de brachiopodes vers la base; assemblages monospécifiques vers le haut.
- limite inférieure: calcaires ooïdiques reposant sur la surface durcie, perforée, érodée et incrustée d'huîtres qui termine la formation de Leulinghen (ZAC de Rinxent; pied du pont de la gare de Rinxent).
- <u>limite supérieure</u>: surface durcie très ferruginisée des calcaires ooïdiques des coupes de Castelbrune et de la ZAC de Rinxent; elle coiffe directement les calcaires ou s'exprime au dessus d'un niveau décimétrique d'altérites ou de silts grisâtres à débris végétaux, surmonté d'un mince banc de calcaire initialement granulaire, micritisé et ferruginisé.
- <u>subdivisions</u>: il n'est *a priori* pas aisé de subdiviser ces calcaires ooïdiques. Cependant, sur des critères de stratonomie, de texture et de nature des grains, on distingue:
- *un membre inférieur ou membre de Rinxent: bancs métriques d'oomicrites ou d'oomicrosparites à texture relativement lâche de type wackestone à packstone;
- *un membre moyen ou membre de Marquise: bancs pluridécimétriques d'oosparites à texture de type grainstone, où toutes les surfaces de bancs sont marquées par des phénomènes d'induration, une bioturbation intense, des incrustations d'huîtres, etc...;
- *un membre supérieur ou membre de Castelbrune: bancs métriques de grainstones (calibrage bimodal) à nombreux intraclastes roulés; ce membre est discontinu (érosion locale immédiatement postérieure au dépôt).

2) Biostratigraphie

a) membre de Rinxent

Les brachiopodes sont très abondants. Ils forment des niveaux récurrents, retrouvés dans tout le domaine d'étude. L'association est identique à celle du membre D de la formation de Leulinghen, mais les populations sont plus riches et plus diversifiées: niveau-repère F2, association à Lotharingella woevrica et Ornithella bathonica. Cette association se retrouve à plusieurs niveaux du membre de Rinxent, à la base de chaque paraséquence (niveaux-repères F2a, F2b, F2c, F2d).

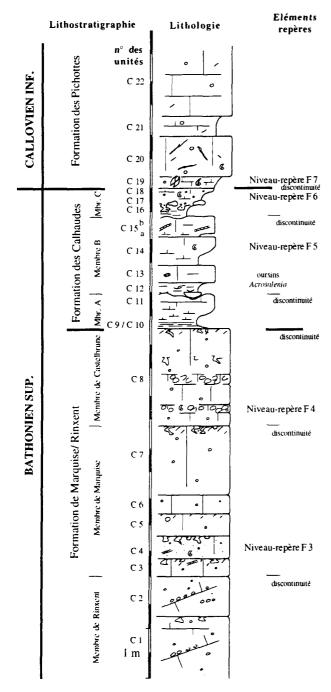


Fig. 13. — Coupe de Castelbrune; tranchée de la D 127 e, déviation de Rinxent (Commune de Réty).

Fig. 13. — Section of Castelbrune road cutting of the D 127 e, diversion of Rinxent (Réty District).

Ces niveaux sont équivalents aux niveaux à Kallirhynchia concinna de Bonte et al. (1958) et de Laurin (1980, 1984). Seul Rigaux (1889) avait perçu la grande diversité de cette association car il cite: Kallirhynchia concinna, Terebratula globata et Zeilleria obovata.

Le niveau-repère F2 comporte des éléments très répandus dans le bassin Anglo-parisien: base du Bathonien supérieur de Lorraine (Laurin, 1984; Mangold *et al.* 1994); Bathonien moyen du Poitou (Gonnin *et al.* 1994); "Ornithella beds" d'Angleterre datés de la zone à Hodsoni, base du Bathonien supérieur (Cope 1980). Lotharingella woevrica et Ornithella bathonica sont des espèces de la zone 12 de Alméras *et al.*

(1990, 1994, 1995), du <u>Bathonien moyen-Bathonien supérieur</u> pro parte. Cette association est caractéristique du cortège transgressif de la séquence Bt4 (Garcia et al., 1996) daté du <u>début du Bathonien supérieur (zone à Hodsoni)</u>. Cet âge est donc attribué aux sédiments du membre de Rinxent, dans lequel persiste d'ailleurs le nautile *Procymatoceras subtruncatum*.

b) membre de Marquise

Dans l'"Oolithe de Marquise", qui correspond ici au seul membre de Marquise de la formation de Marquise-Rinxent, Dutertre (1926 b) cite un fragment de Perisphinctidae non déterminable; ce serait le seul céphalopode répertorié dans ces calcaires. Plusieurs lits très fossilifères à brachiopodes, niveau-repère F3, sont recensés; un seul a été retrouvé dans plusieurs coupes (niveau-repère F3a des coupes de Castelbrune, de la ZAC de Rinxent et de l'Herpont). On reconnaît, des associations à Burmirhynchia hopkinsi, B. turgida, B. turgida latifrons et Epithyris oxonica, mais aussi des lumachelles à B. hopkinsi seule.

Ces espèces sont connues dans le Bathonien moyen et supérieur de la Creuse et des Ardennes (Laurin 1984). En Lorraine, B. hopkinsi succède aux niveaux à Lotharingella woevrica et Ornithella bathonica (Garcia 1993). En Angleterre, B. hopkinsi, signalée par Arkell (1933) dans la "Great Oolithe", dans la même position qu'en Lorraine, est datée du Bathonien supérieur, zone à Aspidoides (Cope, 1980), équivalent partiel de la zone Hodsoni et de la zone à Orbis (= zone à Retrocostatum, sous-zone à Blanazense).

Pour Alméras et al. (1990, 1994, 1995), ces taxons sont caractéristiques de la zone 12 (Bathonien moyen, Bathonien Supérieur pro parte.); ils se rencontrent dans le cortège de haut niveau de la séquence Bt4 (Garcia et al., 1996) daté du Bathonien supérieur (sommet de la zone à Hodsoni et base de la zone à Orbis). Le membre de Marquise se place donc très vraisemblablement dans la partie moyenne du Bathonien supérieur (zone à Orbis).

c) membre de Castelbrune

Burmirhynchia thierachensis est citée pour la première fois dans le Boulonnais (niveau-repère F4). Ce taxon est connu dans les Ardennes; en Bourgogne, il a été récolté dans le sommet des calcaires de Comblanchien.

Ce niveau-repère F4 correspond à la zone 14, sous-zone 14a de Alméras et al. (1990, 1994, 1995) corrélée avec la zone à Discus, sous-zone à Hollandi du Bathonien supérieur. Garcia (1993) relie ces niveaux-repères à B.thierachensis à ceux datés par ammonites du sommet du Bathonien supérieur, zone à Discus, sous-zone à Hollandi en Bourgogne. Outre l'attribution du membre de Castelbrune à un Bathonien supérieur très élevé, cette découverte en Boulonnais permet de corréler les niveaux-repères F3 à B. hopkinsi et B. turgida du membre de Marquise avec les niveaux-repères à Burmirhynchia icaunensis ou B. semiglobosa de l'Oolithe blanche de l'Ouest de la plate-forme bourguignonne (Garcia 1993), où de même, ce faciès est surmontée par la formation de Comblanchien à B. thierachensis.

3) Séquences de faciès et environnements de dépôt

a) membre de Rinxent

Des séquences élémentaires de faciès métriques (FS5; jusqu'à 2 métres d'épaisseur) composent le membre de

Rinxent. Elles débutent par un lit centimétrique à décimétrique, quelquefois individualisé en banc argilo-gréseux à peloïdes, suivi d'une masse de calcaire ooïdique et/ou à peloïdes. Quelques unes de ces séquences montrent un granoclassement décroissant; certaines sont à litages obliques. Une compaction affecte plus intensément la partie inférieure que la partie supérieure de ces séquences. La faune (brachiopodes du niveau-repère F2) est généralement concentrée à la base. Elles ont été déposées en milieu inter- à infratidal de plate-forme à sédimentation carbonatée (plate-forme oolithique) (Accretionnary rimmed shelf, Burchette & Wright, 1992).

b) membre de Marquise

Il présente des séquences élémentaires (FS6) assez semblables aux précédentes, mais plus réduites en épaisseur, (0,40 à 0,50m), à calcaires uniquement ooïdiques et cimentations précoces et/ou micritisations au toit de chacune d'elles, sur un à quelques millimètres d'épaisseur. Elles témoignent de milieux plus superficiels avec indices d'émersion: environnement inter- à infratidal de plate-forme carbonatée (plate-forme oolithique).

c) membre de Castelbrune

Son motif séquentiel est apparemment identique à celui du membre de Marquise.

4) Bilan bio-chronostratigraphique et séquentiel

a) membre de Rinxent

Les séquences élémentaires de faciès épaisses et leur richesse en oolithes suggèrent des milieux de dépôt qui évoluent peu, avec un équilibre entre potentiel d'accommodation et vitesse de sédimentation. Cet empilement, de type agradant, montre une géométrie qui caractérise en général la base des prismes de haut niveau inférieur (Jacquin et al., 1992).

La surface sommitale du membre D de Leulinghen sousjacent, interprété comme le cortège transgressif de la séquence Seq.4, marque plus, semble-t-il, un changement de physiographie, qu'une véritable chute du niveau marin (Vidier et al., 1995). En effet, dans ce contexte à topographie très peu accusée, une élévation relative, même faible, du niveau marin, ennoie un très vaste territoire. Sur ce dernier, la sédimentation oolithique tend à combler rapidement l'espace disponible, jusqu'à se trouver en équilibre avec cette élévation. Le résultat est la mise en place d'une succession de paraséquences, d'abord en agradation, puis avec une forte composante progradante; celle-ci devient majeure dans le prisme de haut niveau supérieur qui débute après stabilisation du niveau marin, avant sa chute (Jacquin et al., 1992).

Ces caractères se retrouvent dans le membre de Rinxent, interprété comme le <u>prisme de haut niveau de la séquence Seq.4</u>. Sa surface sommitale est marquée par une rupture stratonomique majeure et un renouvellement de faune soulignant <u>une limite de séquence</u>.

Les faunes (brachiopodes du niveau-repère F2 et nautiles) et l'analyse séquentielle permettent de rapporter le membre de Rinxent au prisme de haut niveau de la séquence Bt4 daté du début du Bathonien supérieur (zone à Hodsoni).

b) membre de Marquise

Il est caractérisé par un profond renouvellement des faunes, de nombreux arrêts de sédimentation et l'interruption des apports détritiques. La source distributrice des détritiques devient sans doute trop éloignée pour que ce matériel parvienne encore jusqu'à ces régions du Boulonnais. D'un point de vue paléoprofondeur, les environnements se placent probablement dans des milieux frangeants typiques des platesformes à sédimentation oolithique. Ce membre est alors interprété comme le cortège transgressif d'une séquence Seq.5 dont la surface d'inondation maximum coïncide avec le toit du membre de Marquise.

Les éléments de datation sont les brachiopodes (niveaux-repères F3, associations à *Burmirhynchia turgida* et à *B. hopkinsi*), indirectement corrélés avec la zone à Retrocostatum? (=sommet de la zone à Hodsoni et zone à Orbis) du Bathonien supérieur. Cette position stratigraphique, permet de corréler cet intervalle transgressif avec celui de la séquence Bt5.

c) membre de Castelbrune

Mal connu, il se distingue du membre de Marquise par des bancs plus épais, de très nombreux lithoclastes et un renouvellement des faunes. La surface d'inondation maximum du toit du membre de Marquise est vraisemblablement celle à partir de laquelle la disposition en progradation commence à s'exprimer.

Par rapport à l'ensemble des séries précédentes, et sachant que les phénomènes de lithification précoce n'ont vraiment débuté que dans le membre de Marquise (cortège transgressif), des éléments figurés (clastes) peuvent donc se retrouver dans ce prisme, le démantèlement des sédiments et l'élaboration de ces éléments intervenant à la faveur de la chute du niveau marin. Cette chute se poursuit jusqu'à une émersion manifeste à son toit (paléoaltérites, racines, etc..). Elle peut conduire à l'érosion totale du membre de Castelbrune et de la partie supérieure du membre de Marquise.

Ce membre est considéré comme le <u>prisme de haut niveau</u> <u>de la séquence Seq.5</u>. La faune récoltée (*Burmirhynchia thierachensis*) permet de le dater de la <u>sous-zone à Hollandi du Bathonien terminal</u> et de le rapprocher de celui de la <u>séquence Bt5</u>.

D) "FORMATION DES CALHAUDES"

(= Marnes des Calhaudes auct.)

Coupe de référence: coupe de Castelbrune (fig. 13).

1) Lithostratigraphie

- <u>caractéristiques</u>: 2,50 m environ- Succession de quatre rythmes argilo- à marno-calcaires; à la base, un niveau décimétrique d'argile noire feuilletée, suivi de quelques centimètres de laminites marneuses blanches à vertes. Abondante faune d'oursins et de brachiopodes plutôt localisée respectivement dans le second et le troisième rythme; le dernier, argilo-marneux, de teinte brune, contient des oolithes ferrugineuses et s'enrichit en brachiopodes, lamellibranches, gastéropodes et quelques ammonites.

- <u>limite inférieure</u>: mince interbanc d'argile noire laminée reposant sur la surface ferruginisée des calcaires de la formation de Marquise-Rinxent (coupe de Castelbrune).
- <u>limite supérieure</u>: surface intensément bioturbée, localement légèrement ravinante (toit du banc à oolithes ferrugineuses de la coupe de Castelbrune).

- subdivisions:

- * membre A Argile feuilletée noire et alternance marnocalcaire à base laminée (lamines vertes et blanches d'épaisseur millimétrique) et à surface sommitale particulièrement marquée, incrustée par des huîtres. De minces altérites s'intercalent localement sur la surface perforée des calcaires oolithiques de la formation de Marquise-Rinxent.
- * membre B Ensemble de deux alternances marnocalcaires à faune d'oursins et brachiopodes; surface de ravinement particulièrement marquée au toit.
- * membre C Alternance argilo-calcaire de teinte brune à oolithes ferrugineuses. A la base, un lithofaciès argileux peut être localement distingué et séparé de la partie "marno-calcaire à oolithes ferrugineuses". Une surface intensément bioturbée et un lit de galets de calcaire marneux coiffent alors le banc argileux. Les marnes à oolithes ferrugineuses pénètrent profondément dans le banc argileux par des bioturbations donnant l'impression que tout cet ensemble contient des oolithes ferrugineuses, plus fines et nombreuses à la base qu'au sommet. La faune est particulièrement riche en brachiopodes, gastéropodes, lamellibranches, rares madréporaires (forme "solitaire") et ammonites.

2) Biostratigraphie

a) membre A

Aucune macrofaune typique n'est à signaler (une étude palynologique est en cours).

b) membre B

Dans le "calcaire marneux à *Burmirhynchia elegantula*", qui correspond au membre B de la formation des Calhaudes, Legay a récolté le moule d'une grande ammonite rapportée postérieurement à *Clydoniceras discus* (Dutertre 1926 b).

Il livre une abondante faune d'oursins réguliers (Acrosalenia) et de Burmirhynchia elegantula (niveau-repère F5), espèce largement répandue dans le bassin parisien (Laurin 1984; Garcia 1993). Ces lumachelles à B. elegantula caractérisent le cortège de bas niveau de la séquence Ca0 (Garcia et al., 1996), datée de la zone à Discus. Alméras et al. (1990, 1994, 1995) placent ce taxon dans leur zone 14, corrélée avec la zone à Discus. Plus précisément, dans de nombreuses régions du bassin de Paris, notamment en Bourgogne, cette espèce semble même très caractéristique du Bathonien terminal, zone à Discus, sous-zone à Discus.

c) membre C

Le membre C de la formation des Calhaudes a régulièrement livré aux anciens auteurs des ammonites de la sous-zone à Discus du Bathonien terminal: *Clydoniceras discus*, *C.blakei*, *C.hostetteri* et *Delecticeras legayi* (Magniez *et al.*, 1984). Celles-ci n'ont été retrouvées en affleurement que dans le secteur Le Waast-Belle.

De minces lits et bancs de marnes et calcaires à oolithes ferrugineuses contiennent une riche faune de brachiopodes (niveau-repère F6, association à *Kutchirhynchia morieri* et

Eudesia multicostata) avec, en plus des espèces-indices: Kallirhynchia yaxleyensis, Cererithyris intermedia et Obovothyris obovata. Ces taxons sont communs en Bourgogne et en Ardenne (Laurin 1984), et en Angleterre (Lower Cornbrash, "intermedia beds", "obovata beds"; Douglas et Arkell 1932). Comme dans le Boulonnais, ils sont associés à des ammonites de la sous-zone à Discus. Dans la zonation d'Alméras et al. (1990, 1994, 1995) cette association est rapportée à la zone 14, sous-zone 14b; elle caractérise le cortège transgressif de la séquence Ca0 (Garcia et al., 1996). L'âge Bathonien terminal, zone à Discus, sous-zone à Discus du membre C de la formation des Calhaudes, ne fait donc aucun doute.

3) Séquences de faciès et environnements de dépôt

Les séquences élémentaires (FS7) de la formation des Calhaudes sont décimétriques (0,40m en moyenne); à la base, elles comportent un interbanc argileux ou marneux, puis un banc de calcaire marneux. La première séquence débute par une argile noire laminée; la dernière est caractérisée par l'abondance des oolithes ferrugineuses, une riche faune benthique (niveau-repère F6) et quelques ammonites. L'environnement est considéré comme supra- à infratidal, sur une plate-forme ennoyée à sédimentation argilo-carbonatée (Read, 1985).

4) Bilan bio-chronostratigraphique et séquentiel

Le caractère transgressif de ces dépôts est particulièrement clair au vu de la composition faunique et floristique de chaque séquence élémentaire et de leurs critères sédimentologiques. La succession débute avec des dépôts lenticulaires (membre A) interprétés comme des paléoaltérites; ceux-ci sont surmontés d'argiles noires feuilletées puis de marnes finement laminées (laminations algaires) où la macrofaune est rare mais où abondent les oogones de Charophytes. Dans les séquences élémentaires suivantes (membre B), on voit successivement apparaître, les échinides réguliers, des petits biohermes à madréporaires ("patchs reefs"), la faune monospécifique de brachiopodes (niveau-repère F5 à Burmirhynchia elegantula). Enfin, dans des sédiments à oolithe ferrugineuse et glauconie (membre C), les associations benthiques sont très diversifiées, dont celle à Kutchyrinchia morieri et Eudesia multicostata (niveau-repère F6) et quelques ammonites du genre Clydoniceras.

La surface sommitale de cet ensemble est interprétée comme une surface de ravinement; de plus, elle est marquée par une rupture lithologique (limite supérieure de la formation des Calhaudes), stratonomique et un renouvellement complet des faunes de brachiopodes et d'ammonites: elle est donc considérée comme une limite de séquence. Cependant, cet ensemble, séquence Seq. 6, ne représente que le cortège transgressif d'une séquence incomplète (absence des dépôts de haut niveau vraisemblablement par suite d'une érosion soulignée par la surface de ravinement) qui, datée de la souszone à Discus du Bathonien terminal, est mise en équivalence partielle de la séquence Ca0.

E) "FORMATION DES PICHOTTES"

(= Calcaires des Pichottes auct.)

<u>Coupe de référence</u>: aucune coupe ne permet de voir cette formation dans son intégralité. Elle fut partiellement visible le long de la D 127 dans la déviation de Rinxent et sa base est encore visible dans le sommet de la coupe de Castelbrune (fig. 13).

1) Lithostratigraphie

- <u>caractéristiques</u>: 4m Calcaires oobioclastiques indurés à passées décimétriques plus meubles; faune de nombreux brachiopodes localisée vers la base.
- <u>limite inférieure</u>: elle n'est pas toujours nette, sauf localement lorsqu'elle présente un caractère ravinant. Le plus souvent, le contact avec la formation sous-jacente des Calhaudes est réalisé par une mince assise marneuse où la présence d'organismes tels que les Pholadomyes démontre un ralentissement de la sédimentation favorisant l'implantation de cette endofaune. Aucune subdivision n'a pu être réalisée.
 - <u>limite supérieure</u>: surface de ravinement ferruginisée.

2) Biostratigraphie

La formation des Pichottes a autrefois fourni quelques *Macrocephalites sp.* et *Homoeoplanulites sp.* pouvant être rapportés à la zone à Herveyi, sous-zone à Kamptus (= zone à Bullatus/"Macrocephalus", sous-zone à Kamptus) ou à la zone à Koenigi, sous-zone à Gowerianus (= zone à Calloviense, sous-zone à Koenigi, *in* Magniez *et al.*, 1984). Malgré l'absence d'indications sur la place précise de ces ammonites dans la formation des Pichottes, du fait de la faible épaisseur de cette formation et de ses faciès typiques, leur position dans la succession des unités lithologiques du Boulonnais ne fait aucun doute

Cet âge est appuyé par les brachiopodes dont la distribution à la base de paraséquences, évoque celle observée dans le membre de Rinxent, avec: Ornithella lagenalis, Lotharingella gremifera et Cererithyris nutiensis, (association à Ornithella lagenalis et Lotharingella gremifera, niveaurepère F7). Ces faunes sont bien connues en Angleterre dans le Upper Cornbrash (Douglas et Arkell, 1932) et en Bourgogne (Garcia, 1993). Dans la zonation de Alméras et al. (1990, 1994, 1995) cette association est située dans la zone 16, horizon 16a, corrélée avec la zone à Macrocephalus, souszone à Macrocephalus pars.. et la sous-zone à Kamptus (= zone à Herveyi, sous-zone à Kamptus) de la base du Callovien inférieur; elle caractérise le cortège transgressif de la séquence Cal du Callovien inférieur (Garcia et al., 1996).

Aucune faune caractéristique de l'extrême base du Callovien n'a été récoltée; l'absence de la sous-zone à Keppleri et de la sous-zone à Terebratus (= partie inférieure de la zone à Bullatus/"Macrocephalus") est probable étant donné le contexte sédimentaire et séquentiel. En conclusion, ammonites et brachiopodes contribuent donc à dater cette formation du Callovien inférieur, zone à Herveyi, sous-zone à Kamptus ou zone à Koenigi, sous-zone à Gowerianus.

3) Séquences de faciès et environnements de dépôt

Le motif séquentiel est du type FS5, identique à celui du membre de Rinxent, mais chaque séquence est plus réduite (décimétrique). De même, elles témoignent d'un milieu interà infratidal à sédimentation carbonatée (plate-forme oolithique), périodiquement ennoyé (minces interbancs marneux à rares ammonites manifestement flottées).

4) Bilan bio-chronostratigraphique et séquentiel

Bien que l'on dispose de rares coupes pour illustrer cette formation, l'épaisseur métrique des séquences élémentaires et leur mode d'empilement ne montrent pas une grande évolution des milieux de dépôt et plaident en faveur d'une géométrie de style agradant qui se rencontre en général dans la partie inférieure des prismes de haut niveau (Jacquin *et al.* 1992).

Les caractères bio-lithofaciologiques et les surfaces de ravinement qui l'encadrent, suggèrent une <u>séquence Seq. 7</u> incomplète, dépourvue de son cortège transgressif; cette déduction est appuyée, surtout pour sa base, par l'existence d'une lacune correspondant aux premières sous-zones du Callovien.

La surface sommitale de ce prisme est marquée par de profondes modifications biosédimentaires. Au dessus, les dépôts d'abord condensés (Marne ferrugineuse de Belle) deviennent plus argileux (Argiles de Montaubert et du Coquillot) du groupe de Le Waast (Dogger argileux) et riches en céphalopodes; les brachiopodes, très nombreux dans toutes les formations précédentes du groupe de Marquise (Dogger calcaire), se raréfient. Pour ces raisons cette surface est interprétée comme une limite de séquence de 3ème ordre.

L'âge <u>Callovien inférieur, zone à Herveyi, sous-zone à Kamptus et/ou zone à Koenigi, sous-zone à Gowerianus, donné par les ammonites et les brachiopodes, permet de placer cette formation en équivalent partiel de la séquence Cal.</u>

F) "MARNE DE BELLE" (= Marne ferrugineuse de Belle *auct*.)

Coupe de référence: actuellement, aucun affleurement ne permet d'observer cette formation; elle a été étudiée au moment des travaux de terrassement de l'échangeur n° 7, dans le talus de l'A 16, à hauteur du Mont de Cape (fig. 14).

1) Lithostratigraphie

- caractéristiques: 0 à 0,40m; exceptionnellement 2m Sable et argile à galets de calcaire à oolithes ferrugineuses; faune très abondante, diversifiée (ammonites, bélemnites, lamellibranches, mais rares brachiopodes et échinides), souvent très roulée. Localement, cette unité se présente en lentilles lumachelliques à Gryphées noyées dans des argiles. Elle est toujours trop altérée pour pouvoir être décrite de manière plus précise.
- <u>limite inférieure</u>: surface de ravinement ferruginisée au toit des calcaires oobioclastiques de la formation des Pichottes.
- <u>limite supérieure</u>: le contact avec les argiles de Montaubert est parfois très tranché (surface de ravinement), soulignant un repère majeur entre la sédimentation calcaire et la sédimentation argileuse. Parfois, cette formation est difficilement dissociable des argiles de Montaubert, du fait de son caractère réduit et discontinu.

2) Biostratigraphie

Depuis la révision du matériel en collection (Magniez et al. 1984) cette mince unité est bien datée. La faune à Sigaloceras calloviense, Kepplerites trichophorus, Proplanulites teisseyri, P. basileus, Cadoceras tolype et Cadoceras modiolare indique le sommet de la zone à Koenigi, (sous-zone à Curtilobus et sous-zone à Galilei) et la base de la zone à Calloviense (sous-zone à Calloviense).

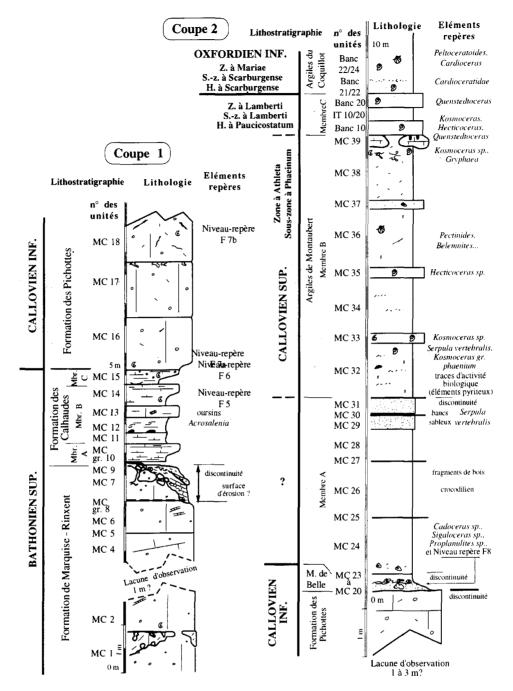


Fig. 14. — Coupes du Mont de Cape, talus de la tranchée de l'A 16 près de l'échangeur n° 7 (Commune de Marquise).

Fig. 14. — Section of Mont de Cape road cutting of the highway A 16, near the exit n° 7 (Marquise District).

Ces faunes ont été retrouvées à l'affleurement près de Belle et à l'Ouest de Marquise, mais le détail de la succession lithologique et la position exacte des ammonites dans cette succession restent mal connues. La coupe du Mont de Cape, où cette formation atteint 0,40m, a livré la faune typique de ce niveau mais sans stratigraphie précise à cause d'une forte condensation. A Leulinghen, la Marne ferrugineuse de Belle est aussi très mince (0,m20), mais malheureusement elle n'est pas fossilifère. Dans les fondations de l'OA2 de l'échangeur de le Waast sur la RN42, la Marne de Belle est plus épaisse (2m) mais elle est de nouveau dépourvue d'ammonites.

La condensation ou la concentration évidente de ces dépôts ferrugineux, leurs rapides variations d'épaisseur et leur disposition géométrique lenticulaire, suggèrent l'existence de lacunes.

Des brachiopodes du niveau-repère F8, association à Ornithella lagenalis et Lotharingella leedsi. ont été récoltés sur les différentes coupes et à l'affleurement dans la région de Belle. Outre les espèces-indice, on trouve Septaliphoria aff. orbignyana et Kallirhynchia sp.. Ces taxons sont largement répandus dans le bassin anglo-parisien (Bourgogne, Normandie, Maine, sondage du centre du bassin de Paris et pays de Bray, Garcia, 1993; dans les "Kellaways beds", Page, 1989) où ils accompagnent de riches faunes d'ammonites du Callovien inférieur: zones à Koenigi pars. et Calloviense pars..

3) Séquences de faciès et environnements de dépôt

Par manque de bons affleurements, on connaît mal cette formation et les motifs séquentiels sont inconnus. Il est toutefois certain que ces dépôts, toujours réduits en épaisseur, sont fortement condensés, sinon remaniés.

4) Bilan bio-chronostratigraphique et séquentiel

La surface sommitale de cet ensemble n'a été observée qu'à Leulinghen (coupes de l'autoroute A16); elle montre un passage brutal entre les faciès ferrugineux et les faciès argileux verdâtres typiques des Argiles de Montaubert. Elle est interprétée comme une limite de séquence correspondant à un <u>intervalle condensé</u> (séquence Seq.8). Une telle condensation, suivie d'une rupture sédimentaire majeure, marque vraisemblablement une rétrogradation rapide avec ennoiement de la "plate forme bathono-callovienne".

Les faunes d'ammonites et de brachiopodes répertoriées suggèrent que ces dépôts représentent probablement l'essentiel du Callovien inférieur (du <u>sommet de la zone à Koenigi, souszone à Curtilobus et sous-zone à Galilei jusqu'à la base de la zone à Calloviense, sous-zone à Calloviense)</u>), correspondant plus ou moins aux <u>séquences Ca2 et Ca3</u>.

Jusqu'à présent, aucun indice de l'extrême sommet du Callovien inférieur (zone à Calloviense, sous-zone à Enodatum) et de la totalité du Callovien moyen n'a été répertorié, suggérant une importante lacune. Au dessus, le Callovien supérieur (Zone à Athleta, sous-zone à Phaeinum) débute dans la base des Argiles de Montaubert; la séquence Ca4 (base du Callovien moyen, Zone à Jason) serait alors absente.

G) "ARGILES DE MONTAUBERT"

(= Argiles de Montaubert ou Argiles à Serpula vertebralis auct.)

Coupes de référence: actuellement, cette formation est bien visible dans les tranchées de la déviation de la RN 42 au Sud de Le Waast, entre Le Plouy et Colembert; une coupe de référence sera choisie dans l'un des sites étudiés (OA 2 et OA 3; fig. 15 et 16), en fonction des possibilités d'observation suite aux aménagements définitifs.

1) Lithostratigraphie

- <u>caractéristiques</u>: 8 à 10m Argiles verdâtres, finement bioclastiques, à lits gréseux et bancs décimétriques légèrement calcaires. Faune à *Serpula vertebralis*, pectinidés et ammonites; présence de fragments ligniteux et de restes de crocodiliens.
- <u>limite inférieure</u>: surface de ravinement au toit de la Marne de Belle.
- <u>limite supérieure</u>: toit du banc 20 au Mont de Cape (Vidier *et al.*, 1993) et son équivalent, le toit du banc 190 de l'OA 3 de Plouy-Colembert.

- <u>subdivisions</u>:

- * membre A 2 à 3m, argiles verdâtres très peu fossilifères (débris de crocodiliens marins et fragments de bois carbonisés) à passées plus sableuses et lits gréseux.
- * membre B 6 à 7m, argiles verdâtres à bancs de calcaire très argileux décimétriques. Faune plus abondante à la base et

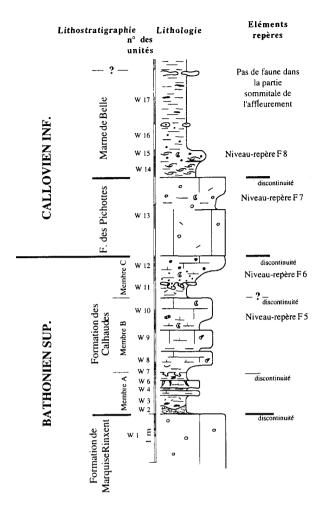


Fig. 15. — Coupe de l'ouvrage d'art n° 2 (OA 2), partie Ouest du talus de la tranchée de la déviation de la RN 42 de Le Plouy-Colembert au Sud de Le Waast (Commune de Le Waast.).

Fig. 15. — Section of the bridge n° 2 (OA 2), West part of the road cutting diversion of the R.N. 42 South of Le Waast, near Le Plouy-Colembert (Le Waast District).

au sommet, avec *Serpula vertebralis* (d'où leur nom d' "Argiles à *Serpula vertebralis*" introduit par Pellat), lamellibranches pectinidés, bélemnites, ammonites.

* membre C - 1 à 1,50m, deux bancs de calcaires argileux très riches en ammonites (bancs 10 et 20 *in* Vidier *et al.*, 1993), séparés par un banc d'argile sombre. Cette trilogie correspond au "Calcaire marneux fissile" de Pellat (1878).

2) Biostratigraphie

a) membre A

Aucune macrofaune caractéristique n'a été récoltée dans ce membre très peu fossilifère, excepté quelques fragments de bois et des restes de crocodiliens du genre *Steneosaurus*, considéré comme peu adapté au milieu marin.

b) membre B

A la base, la faune est pauvre en ammonites déterminables, mais riche en bivalves et gastéropodes. Au dessus du premier mètre, la faune ammonitique est plus fréquente avec Kosmoceras phaeinum, K. aff. spiculatum, K. cf. zugium interpositum, K. aculeatum, K. aff. acutistriatum,

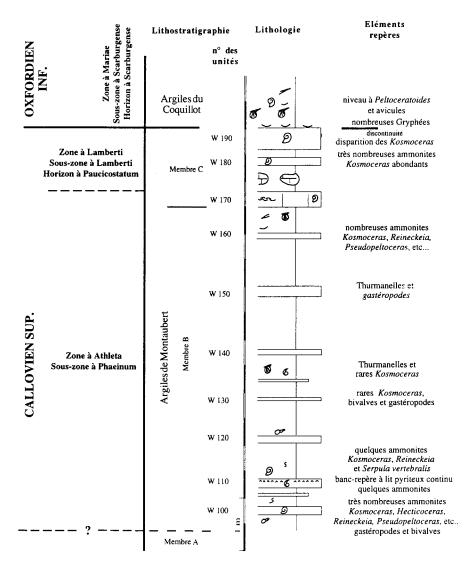


Fig. 16. — Coupe de l'ouvrage d'art n° 3 (OA 3), partie Est du talus de la tranchée de la déviation de la RN 42 de Le Plouy-Colembert au Sud de Le Waast (Commune de Le Waast.).

Fig. 16. — Section of the bridge n° 3 (OA 3), East part of the road cutting diversion of the R.N. 42 South of Le Waast, near Le Plouy-Colembert (Le Waast District).

Rehmania aff. rota, Binatisphinctes comptoni, Hecticoceras metomphalum, Pseudopeltoceras leckenbyi. Le genre Reineckeia est signalé pour la première fois dans ce secteur du bassin de Paris (coupe du Mont de Cape et coupe de l'OA3 sur la RN42; Vidier et al., 1993 et observations en cours). Cette faune indique la base du Callovien supérieur, zone à Athleta, sous-zone à Phaienum (=sous-zone à Rota). Quatre mètres plus haut, juste avant le début du membre C, quelques Kosmoceras indiquent encore à la zone à Athleta, sous-zone à Spinosum (= sous-zone à Collotiformis) et peut être la base de la zone à Lamberti, sous-zone à Henrici (=sous-zone à Poculum)

c) membre C

Il contient (banc 10) de fréquents Kosmoceras, Hecticoceras ainsi que Quenstedtoceras lamberti, des Perisphinctidae et des Euaspidoceratinae. Plus haut (banc 20), les Kosmoceras disparaissent, les Hecticoceras y sont moins nombreux et les Cardioceratinae (Cardioceras paucicostatum) dominent largement. Le banc 10 est daté du Callovien supérieur, zone à Lamberti, sous-zone à Lamberti, horizon à

<u>Lamberti</u> et le banc 20, de <u>l'horizon à Paucicostatum</u>, dernier horizon du Callovien supérieur.

3) Séquences de faciès et environnements de dépôt

La série argileuse est un empilement de <u>séquences</u> <u>élémentaires de type FS8</u>, Très variables en épaisseur (décimétriques à métriques), elles débutent par des argiles et se terminent par un mince banc gréseux ou un banc décimétrique induré (siltite?). Le bio- lithofaciès indique un <u>milieu infratidal</u> sur une <u>rampe apparemment dépourvue d'irrégularités topographiques</u> (Ramp on drowned shelf, Read, 1985).

4) Bilan bio-chronostratigraphique et séquentiel

a) membre A

La présence de matériel détritique grossier (minces bancs gréseux au toit des séquences élémentaires), de fragments de bois de végétaux en assez grande quantité, et de faune liée à la proximité relative d'aires émergées, font de ces dépôts un prisme de bas niveau: séquence Seq.9. Compte tenu des datations fournies par les ammonites des unités encadrantes, et de l'absence de discontinuité à son toit, le membre A pourrait représenter une partie (sommet?) du prisme de bas niveau de la séquence Ca5; celle-ci débute à la fin du Callovien moyen, dans la zone à Coronatum et se termine au Callovien supérieur, dans le sommet de la zone à Athleta. Puisque le membre A n'est pas daté, aucune discussion plus détaillée n'est possible; mais il est très probable que la totalité du Callovien moyen soit absente et que seule la fin de l'épisode transgressif ait été enregistré (des prélèvements ont été effectués dans ce membre A pour une étude palynologique -D. Fauconnier, en cours).

b) membre B

La brusque apparition des ammonites, un peu au dessus de la base de cette série marneuse, permet de caractériser un épisode transgressif. Plus haut, les ammonites sont plus rares voire absentes sans qu'aucune rupture sédimentaire ou apports en matériel détritique ne se manifestent, soulignant alors les caractères d'un prisme de haut niveau.

Aucune surface particulière n'étant reconnue, ni au sein de cette série, ni à sa partie sommitale, c'est en fonction du contenu paléontologique (distribution dans les bancs et âge donné par les ammonites) qu'on reconnaît dans la <u>séquence Seq.9</u> les <u>intervalle transgressif et prisme de haut niveau</u> de la <u>séquence Ca5</u>.

c) membre C

Sa surface sommitale est indurée (toit du banc 20). Au dessus viennent d'autres argiles, de bio- lithofaciès totalement différent, riches en petits fossiles pyriteux (ammonites essentiellement), datées dès leur base de l'Oxfordien inférieur et rapportées à la base de la formation des Argiles du Coquillot. L'abondance de la faune d'ammonites et la grande précision des datations (Vidier et al., 1993), soulignent que cette surface sommitale est suivie de la lacune de l'horizon à Elisabethae (horizon basal de l'Oxfordien, entre le dernier horizon du Callovien - horizon à Paucicostatum - et l'horizon à Scarburgense). En conséquence, lacune et rupture bio-lithologique conduisent à considérer cette surface comme matérialisant la limite de la séquence Seq.10, mise en équivalence de la séquence Ox0.

H) "ARGILES DU COQUILLOT"

(= Argiles du Coquillot ou Argiles de le Waast auct.)

<u>Coupes de référence</u>: actuellement, cette formation est encore bien visible dans le talus de l'A 16 près de l'échangeur n° 7, au Mont de Cape (fig. 14); les tranchées de la déviation de la RN 42 au Sud de Le Waast, entre Le Plouy et Colembert (OA 3; fig. 16), pourront servir de complément en fonction des possibilités d'observation suite aux aménagements définitifs.

De teinte assez claire, à nombreuses Avicules et petites ammonites pyriteuses, elles débutent le Malm puisque dès leur base elles sont datées de l'<u>Oxfordien inférieur, zone à Mariae, sous-zone à Scarburgense, horizon à Scarburgense</u> (Mont de Cape, Vidier *et al.*, 1993; OA 3 de Plouy-Colembert, étude en cours).

Constituées d'une succession de motifs séquentiels de type FS8, identiques à ceux des Argiles de Montaubert, elles représentent certainement le début d'une nouvelle <u>séquence Seq.11</u>, sans doute équivalente à la <u>séquence Ox1</u>. L'abondance des avicules, huîtres et pectinidés pourrait être un indice de chute du niveau marin marquant le début d'un prisme de bas niveau marin.

Visibles sur quelques mètres seulement (Coupe d'Uzelot, au Nord de marquise; Vidier *et al.*, 1993), on y reconnaît toutes les unités biochronologiques de la zone à Mariae.

Au dessus, aucun affleurement ne permet d'observer la totalité du développement des Argiles du Coquillot et bien évidemment des formations sus-jacentes autrefois reconnues dans l'Oxfordien et le Kimméridgien inférieur ("Marnes et calcaires à *Millericrinus horridus*", "Calcaires d'Houllefort", "Argiles de Selles, "Calcaires du Mont des Boucarts", etc...).

Cependant, avec la poursuite vers le Sud de l'A16, au delà de Boulogne, de nombreux sondages carottés ont été mis à notre disposition par la Société Scétoroute et le Laboratoire des Ponts et Chaussées de Lille; actuellement en préparation d'étude (Groupe de travail pluridisciplinaire coordonné par R. Jan du Chêne - F. Baudin, L. Emmanuel, P. Hantzpergue, D. Marchand, J.P. Vidier, etc....), ces sondages permettront d'observer les "Argiles de Selles, les "Calcaires du Mont des Boucarts", les "Argiles du Mont des Boucarts", les "Grès de Brunembert", l' "Oolithe d'Hesdin", les "Caillases d'Hesdigneul", les "Calcaires de Brecquerecque", les "Argiles du Moulin Wibert" ainsi que les formations qui suivent, connues à l'affleurement sur les falaises côtières, jusqu'aux "Grès de la Crêche".

De même, des observations sont en cours dans diverses tranchées récemment ouvertes au Sud de Boulogne (F. Baudin, J.F. Deconninck, J. Geyssant, J.N. Proust, Y. Sanson, J.P. Vidier, etc...) et qui exposent à l'affleurement les "Caillasses d'Hesdigneul", les "Calcaires de Brecquerecque" et les Argiles du Moulin Wibert".

Remerciements. — Les observations de terrain, notamment concernant l'accès aux nouvelles coupes, ont été facilitées par les responsables des divers services de la Direction Départementale de l'Equipement du Pas de Calais à Boulogne-sur-Mer et par les responsables de la Société des Carrières du Boulonnais qui ont toujours accueilli les auteurs avec amabilité afin qu'ils puissent suivre l'évolution rapide des terrassements et des exploitations: que tous trouvent ici l'expression de leurs plus vifs remeriements.

BIBLIOGRAPHIE

- ALMERAS Y., BOULLIER A. & LAURIN B. (1990). Les zones de Brachiopodes du Jurassique en France. *Ann. Sci. Univ. Fr.-Comté*, vol. 4, n° 10, p. 3-30.
- ALMERAS Y., BOULLIER A. & LAURIN B. (1994). La zonation du Jurassique français par les brachiopodes: limites de résolution. in: E. Cariou & P. Hantzpergue eds. "3ème Symposium international de stratigraphie du Jurasssique", Géobios. mém. spéc. n°17, T 1, p. 69-77.
- ALMERAS Y., BOULLIER A. & LAURIN B. (1996). Biozonation du Jurassique français par les Brachiopodes. in: E. Cariou & P. Hantzpergue Eds, "Echelles biostratigraphiques parallèles du Jurassique", Mém. spéc. Elf Aquitaine (sous-presse).
- ARKELL W.J. (1933). The Jurassic System in Great Britain., 681 p., Clarendon Press (2ème édit. 1970).
- BIGOT J. (1927). Les conditions de dépôt du Bathonien dans le Bessin et la région de Caen. *C. R. Acad. Sci. Paris*, T. 184, p. 62.

- BONTE A. (1974). Lias et Bajocien dans le Boulonnais. Le sondage de Boulongne-sur-mer (Pas-de-Calais). Ann. Soc. géol. Nord, T. XCIV, p 11-18
- BONTE A., COLBEAUX J.P. & THIERRY J. (1985). Le Jurassique. in "Géologie du Boulonais" J.P. Colbeaux. Coord., Science et Nature. Espace Naturel Régional; Parc Naturel Régional du Nord-Pas de Calais Edit., n°3, 176 p.
- BONTE A., COLLIN J.J., GODFRIAUX I. & LEROUX B. (1958).
 Le Bathonien de la région de Marquise. Le Wealdien du Boulonnais. Bull. Cart. Geol. Fr., n°255, T.56, p 1-28.
- BURCHETTE T.P. & WRIGHT (1992). Carbonate ramp depositional systems. *Sediment. Geol.*, vol. 79, p. 3-57.
- CALLOMON J.H. & COPE J.C.W. (1995). The Jurassic geology of Dorset. In: Taylor P.D. (eds.), Field geology of the British Jurassic, Geological Society ed., p. 51-103
- COPE J.C.W., DUFF K.L., PARSONS C.F., TORRENS H.S., WIMBLEDON W.A. & WRIGHT J.K. (1980). A Correlation of Jurassic Rocks in the British Isles. Part Two: Middle and Upper Jurassic. *Geol. Soc. Special. Report*, n°15, 109 p.
- CORSIN P. (1950). Découverte de sédiments rhétiens dans le Boulonnais. Etude préliminaire de leur flore et de leur faune. *Ann. Soc. géol. Nord*, T. LXX, p 243-272.
- CRAMEZ C. (1990). Glossaire de stratigraphie séquentielle. *Rev. Inst. Français Pétrole*, vol. 45, n° 3, 12 p.
- DANZE J. & RENAULT PH. (1950). Phénomènes karstiques dans le calcaire carbonifère du Boulonnais. *Ann. Soc. géol. Nord*, T. LXX, p 228-242.
- DESCHAMPS L. & GRUET J.C. (1994). Contribution à l'étude du contact Paléozoïque/Mésozoïque dans le Bas-Boulonnais: étude en sondage des formations d'âge Bathonien. Mémoire Maitrise, Univ. Bourgogne, Dijon, 58 p. (inédit).
- DOUGLAS J.A. & ARKELL W.J. (1932). The stratigraphical distribution of the Cornbrash. II. The North-Eastern area. *Quart. Jl. Geol. Soc. London*, T. 88, p. 112-170.
- DUTERTRE A.P. (1921). Contribution à l'étude du Bathonien du Bas-Boulonnais. *Ann. Soc. géol. Nord*, T. XC, p 157-169.
- DUTERTRE A.P. (1922). Les premières couches marines du groupe oolithique dans le Bas-Boulonnais. C.R. Somm. Soc. Géol. France, n°6, p 67
- DUTERTRE A.P. (1926). Sur les traces d'émérsion observées dans la série bathonienne du boulonnais. *C.R. Somm. Soc. Géol. France*, p. 59-61.
- DUTERTRE A.P. (1926). Sur la distribution des Ammonites dans le Bathonien du Boulonnais. C. R. Acad. Sci., n°4, p 47-49.
- DUTERTRE A.P. (1927). Les "Neæran beds" dans le Boulonnais. C.R. Somm. Soc. Géol. France, n°6, p 60-62.
- FAUCONNIER D. (1994). Étude palynologique d'échantillons provenant de petits sondages du Boulonnais. Rapport B.R.G.M., 12G/GSB/94/08, 7 p. (inédit).
- FAUCONNIER D. (1995). Étude palynologique d'échantillons à l'affleurement et provenant de sondages du Boulonnais. Rapport B.R.G.M., 12G/GSB/94/08, 7 p. (inédit).
- FISCHER J.-C. (1969). Géologie, Paléontologie, et Paléoécologie du Bathonien au Sud-Ouest du Massif Ardennais. *Mem. Mus. Nat. Hist. Nat. Paris*, sér. C, T. XX, 319 p.
- FISCHER J.C. & VADET A. (1985). Catalogue critique des types et figurés de mollusques bathoniens du Musée de Boulogne-surmer. *Ann. Soc. Hist. Nat. Boulonnais*, sér. A, T. 1, n°1, p 1-18.
- FITTON J. (1826). General description of the Lower Boulonnais. Proc. Geol. Ass., T. 1, p. 6.
- FITTON J. (1836). On the strata below the chalk. *Trans. Geol. Soc.*, sér. 2, T IV, p. 326.
- GARCIA J.P. (1993). Les variations du niveau marin sur le Bassin de Paris au Bathonien-Callovien. Impacts sur les communautés benthiques et sur l'évolution des Ornithellidés (Terebratellidina). Mém. Géol. Univ. Dijon, n° 17, 310 p.

- GARCIA J.-P., LAURIN B., SAMBET G. (1996). Les associations de Brachiopodes du Jurassique moyen du Bassin de Paris: vers une échelle biochronologique ponctuée de niveaux-repères pour la contrainte des corrélations séquentielles à haute résolution. Bull. Soc. géol. Fr., T.167, n°3, p. 435-451.
- GARNIER G. (1823). Mémoire géologique sur les terrains du bas Boulonnais, in 4°, et carte.
- GONNIN C., CARIOU E., BASSOULET J.P., GABILLY J. & MOURIER J.P. (1994). La stratigraphie séquentielle, outil de datation régional complémentaire de la biostratigraphie: application à la reconstitution de la dynamique sédimentaire des séries bathoniennes de surface du seuil du Poitou (France). C. R. Acad. Sci. Paris, T 318, sér. 2, p. 235-241.
- GUILLOCHEAU F. (1995). Nature, rank and origin of Phanerozoic sedimentary cycles. C. R. Acad. Sci. Paris, T. 320, sér. IIa, p. 1141-1157.
- HAQ B.U., HARDENBOL J. & VAIL P.R. (1987). Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. Science, vol. 235, p. 1156-1167.
- HAQ B.U., HARDENBOL J. & VAIL P.R. (1988). Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change. *in*: C.K. Wilgus C.K. *et al.* (Eds.), "Sea-Level Changes: an integrated approach". *SEPM spec. public.*, n°42, p. 71-108.
- HARDENBOL J., JACQUIN T., GRACIANSKY P.C. DE, VAIL P.R., THIERRY J. & FARLEY M. (1996). Jurassic chronostratigraphic chart: sequence chronostratigraphy. Tabl. n°2; Jurassic table, general and ammonites biostratigraphy explanatory notes. in P.C. de Graciansky, T. Jacquin, J. Hardenbol, & P.R. Vail eds. "Mesozoic-Cenozoic sequence stratigraphy of Western European basins"; Seminar Volume; S.E.P.M. (Journ. Sedim. Geol. Edit.), Spec. Public. (sous-presse).
- JACQUIN T., GARCIA J.P., PONSOT C., THIERRY J. & VAIL P.R. (1992). — Séquences de dépôt et cycles régressif/ transgressif en milieu marin carbonaté: application au Dogger du Bassin de Paris, C. R. Acad. Sci. Paris, T. 315, p. 353-362.
- LAMARCHE J. (1995**). Structures et événements tectoniques dans le Jurassique du Boulonnais (terrain et imagerie). Mémoire Dipl. d'Et; Appr., Univ Pierre et Marie Curie Paris VI. (inédit).
- LAURIN B. (1980). Ardenne et Boulonnais. in C. Mégnien & F. Mégnien eds, "Synthèse géologique du bassin de Paris". Mém. B.R.G.M., n° 101, vol I, p. 167-170.
- LAURIN B. (1984). Les rhynchonellidés des plates-formes du Jurassique moyen en Europe Occidentale. Cahiers de Paléontologie, C.N.R.S. Edit., 465 p.
- LEVINTON J.S. (1970). The paleontological significance of opportunistic species. *Lethaia*, n° 3, p. 69-78.
- Mc KERROW (1953). Variation in the Terebratulaceae of the Fuller's Earth Rock. *Quart. J. Geol. Soc. London*, vol. 109, p. 97-124.
- MAGNIEZ J.M. MARCHAND D., THIERRY J & VADET A. (1984). Nouvelles observations (Stratigraphie, Biostratigraphie, Paléogéographie et Paléobiogéographie) sur les sédiments affleurants du Jurassique moyen et supérieur du Bas-Boulonnais (France). C. R. Acad. Sci. Paris, T. 298, sér. 2, n°14, p 605-608.
- MANGOLD C., POIROT E., LATHUILIERE B. & LE ROUX J. (1994). Biochronologie du Bajocien supérieur et du Bathonien de Lorraine (France). in E. Cariou & P. Hantzpergue eds., "3ème Symposium international de stratigraphie du Jurasssique". Géobios, Mém. spéc. n°17, T 1, p. 343-349.
- MANSY J.L., VIDIER J.P. & LAMARCHE (1995). Carte Géologique à 1/50.000ème; feuille Marquise, (sous presse).
- MEGNIEN C. & MEGNIEN F. (1980). Synthèse géologique du Bassin de Paris. vol 1: Stratigraphie et Paléogéographie. *Mém. B.R.G.M.*, n° 101, 470 p
- MUIR-WOOD (1936). A Monograph of the Brachiopoda of the british Great Oolite series. Part. 1: the Brachiopoda of the Fullers's Earth. *Paleontograph. Soc.*, vol. 89, p. 1-144.
- NOUET G. (1958). Caractères stratigraphiques et micropaléogéologiques du Bathonien de la basse Normandie au Boulonnais. *Rev. Micropal.*, vol. 1, n°1, p 17-21.

- OERTLI H.J. (1957). Ostrakoden als Salzgehalts-Indikatoren im obern Bathonien des Boulonnais. *Eclog. geol. Helv.*, vol 50, n°2, p 279-283.
- OERTLI H.J. (1959). Les ostracodes du Bathonien du Boulonnais. Rev. Micropal., vol 2, n° 3, p 115-126.
- PAGE K.N. (1989). A stratigraphical revision for the English Lower Callovian. *Proc. Geol. Assoc.*, vol. 100, n° 3, p. 362-382.
- PARENT H. (1898). Contribution à l'étude du Jurassique du Bas-Boulonnais (Coupe de Colembert à la Capelle). *Ann. Soc. Géol. Nord*, T. XXVII, p 65-107.
- PARENT H. (1899). Coupe de la Grande Oolithe à Le Waast (Boulonnais). Ann. Soc. géol. Nord, T. XXVIII, p 166-169.
- PELLAT E. (1877-1878). Terrain Jurassique supérieur du Bas-Boulonnais (étages Oxfordien, Corallien, Kimméridgien, Portlandien). *Ann. Soc. géol. Nord*, T. V, p 173-181.
- PELLAT P. et LORIOL P. de (1866). Monographie paléontologique et géologique du terrain jurassique supérieur du Boulonnais. *Mem. Soc. Phys. Hist. Nat. Gen.*, T. XIX, p. 74-106.
- PRUVOST P. & PRINGLE J. (1924). A Synopsis of the Geology of the Boulonnais, including a correlation of the Mesozoic Rocks with those of England with report of excursion. *Proceed. geol. Assoc.*, vol. 35, p. 29-67.
- READ J.F. (1985). Carbonate Platform Facies Models. Am. Ass. Petrol. Geol. Bull., vol 69, n°1, p. 1-21.
- RIGAUX E. (1865). Notice stratigraphique sur le Bas-Boulonnais. Bull. Soc. Acad. Boulogne-sur-Mer, T. 1, n°5, p. 95-123.
- RIGAUX E. (1867). Description de quelques espèces nouvelles de l'étage Bathonien du Boulonnais. Mém. Soc. Acad. Boulogne-sur-Mer, vol. 3, p. 33-84.
- RIGAUX E. (1890). Notice géologique sur le Bas-Boulonnais. Mém. Soc. Acad. Boulogne-sur-Mer, T. 14, part. 1, 109 p.
- RIGAUX E. & SAUVAGE E. (1867). Description de quelques espèces nouvelles de l'étage Bathonien du Bas-Boulonnais. Mém. Soc. Acad. Boulogne-sur-Mer, T. 3, p 33-84.
- ROZET P. (1830). Description géognostique du Bas Boulonnais. Ann. Sci. Nat.., 32P.

- SAUVAGE H.E. (1867). Catalogue des poissons fossiles des formations du Boulonnais. *Mém. Soc. Acad. Boulogne-sur-Mer*, T. II., p. 26-43.
- SAUVAGE H.E. (1877). Mémoire sur les *Lepidotus maximus* et les *Lepidotus palliatus*. *Mém. Soc. Géol. France*, 3ème sér., T. 1., p. **
- SAUVAGE H.E.(1880). Excursions dans le terrain Bathonien du Boulonnais et études sur sa constitution. Bull. Soc. géol. Fr., 3ème sér., T VIII, p 557-574.
- SAUVAGE H.E. & RIGAUX E. (1879). Sur les couches comprises entre le Carbonifère et le terrain Bathonien. *Bull. Soc. géol. Fr.* 3ème série, T. VIII, p 512-513.
- SOMMÉ J. (1991). Le système morphotectonique de boutonnière dans le relief du nord de la france. Hommes et Terres du Nord, 2-3, p. 171-176.
- SOUICH A. du (1839). Note sur les terrains anciens du Bas Boulonnais. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 1ère sér., T. X, p. 404.
- VACHARD D & ROCHÉ M. (1974). Etude lithologique et biostratigraphique (palynologie) des poches liasiques du Boulonnais. Rapport interne Université de Lille Flandres-Artois, 19 p. (inédit).
- VAIL P.R., COLIN J.P., JAN DU CHENE R., KUCHLY J., MEDIAVILLA F & TRIFILIEFF V. (1987). La stratigraphie séquentielle et son application aux corrélations chronostratigraphiques dans le Jurassique du bassin de Paris. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 8ème sér., T. VII, p. 1301-1321.
- VAN WAGONER J.C., MITCHUM R.M., CAMPION K.M. & RHAMAIAN V.D. (1990). Siliciclastic Sequence Stratigraphy in Well Logs, Cores and Outcrops: Concepts for High-Resolution Correlation of times and facies. AAPG Methods in Exploration Series, n° 7, 55 p.
- VIDIER J.P., GARCIA J.P., THIERRY J. & FAUCONNIER D. (1995). Le Dogger du Boulonnais (Nord bassin de Paris): nouveaux découpages chronologiques et séquentiels des formations carbonatées jurassiques en bordure du massif Londres-Brabant. C. R. Acad. Sci., T. 320, n°2, p. 219-226.
- VIDIER J.P., MARCHAND D., BONNOT A. & FORTWENGLER D. (1993). The Callovian and Oxfordian of the Boulonnais area in Northern France: new biostratigraphical data. *Acta Geol. Polonica*, vol. 43, n° 3-4, p. 169-182.