LE JURASSIQUE INFÉRIEUR ET MOYEN SUR LE LITTORAL VENDÉEN

par M. Jean GABILLY

Travaux de l'Institut de Géologie et d'Anthropologie Préhistorique
de la Faculté des Sciences de Poitiers
Tome V - 1964

Sommaire

Définition, subdivisions, limites et épaisseurs des étages bathonien, bajocien, aalénien, toarcien, pliensbachien et hettangien. Transgressions, lacunes stratigraphiques et mouvements épirogéniques. Comparaisons avec le jurassique du Seuil du Poitou. Structure générale des terrains jurassiques en bordure de l'Océan Atlantique. Caractères généraux d'une minéralisation stratoïde de type B. P. G. Relations entre minéralisation, silicification, tectonique et paléogéographie.

Abstract

Définition, subdivisions, bondaries and thicknesses of bathonian, bajocian, aalenian, toarcian, pliensbachian and hettangian stages. Transgressions, stratigraphical gaps and epeirogenic movements. Correlations with jurassic rocks of Poitou. General structure of jurassic strate bordering Atlantic ocean. General features of layerlike minéralisation of B. P. G. type. Relations between minéralisation, silicification, tectonics et palaeogeography.

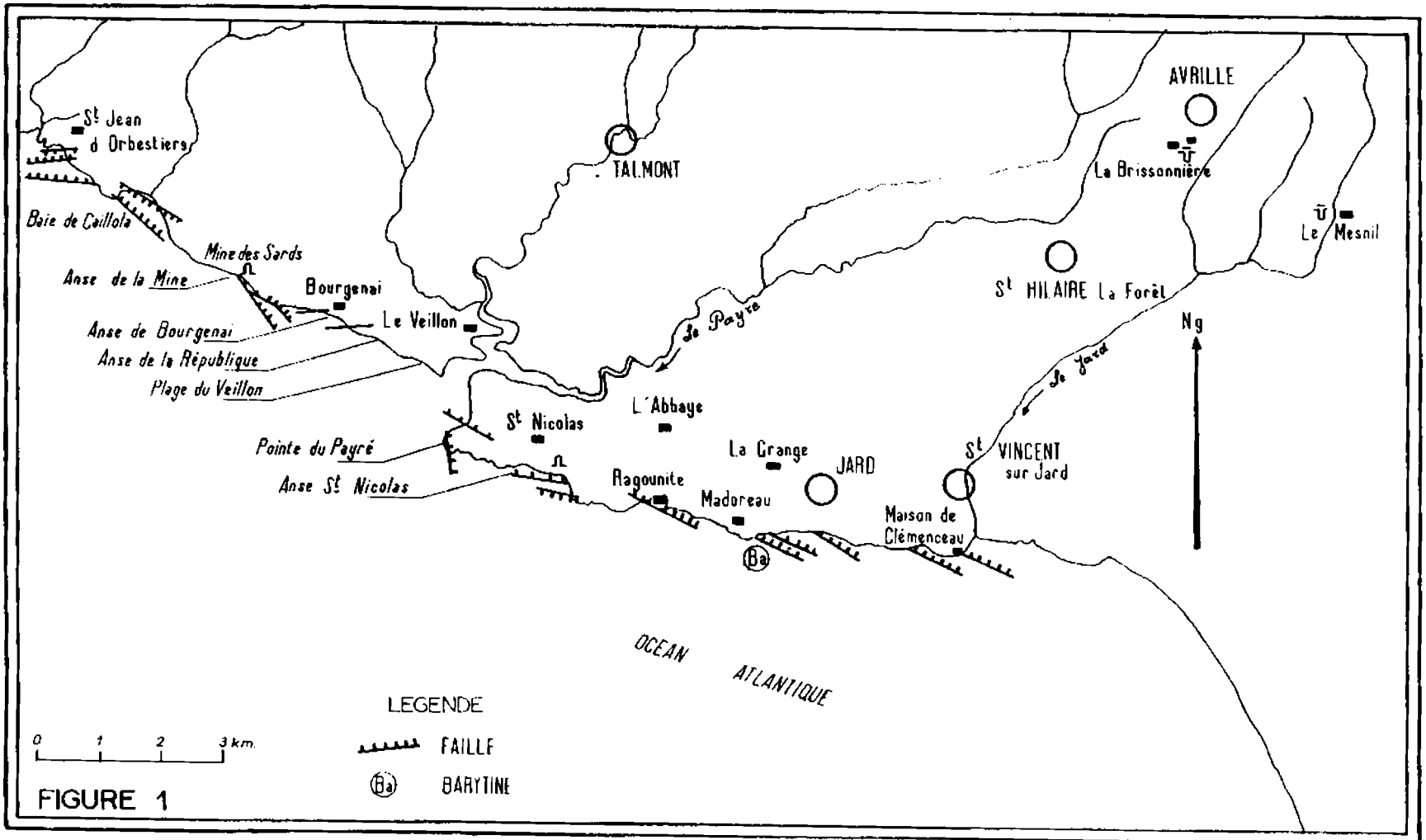

Fig. 1. — Lieux dits, hameaux et localités les plus souvent cités dans le texte. Principales cassures visibles sur le littoral.

INTRODUCTION

Au SW des Sables-d'Olonne, depuis Saint-Jean-d'Orbestiers jusqu'à Saint-Vincent-sur-Jard (fig. 1), le littoral atlantique présente de nombreux affleurements des terrains jurassiques transgressifs sur le massif ancien de la Vendée. La couverture secondaire a été subdivisée par des failles en de très nombreux compartiments plus ou moins dénivelés les uns par rapport aux autres. La fréquence des accidents tectoniques rend particulièrement délicate l'étude stratigraphique détaillée de cette région. S'il est en effet très facile d'observer plusieurs coupes partielles d'un étage ou d'une subdivision stratigraphique quelconque, il est beaucoup plus rare d'en trouver une coupe complète. On ne peut donc parvenir à déterminer les épaisseurs et les limites de chaque étage qu'en raccordant entre elles plusieurs coupes fragmentaires. De plus les terrains du Lias inférieur et, à un moindre degré, ceux du Lias moyen ont souvent subi une silicification particulièrement intense ce qui ajoute une difficulté supplémentaire à leur étude. Il s'en suit que dans ce secteur maintes fois étudié subsistent cependant de nombreux points d'interrogation concernant en particulier les épaisseurs et les limites précises de plusieurs étages, la succession détaillée des faunes d'ammonites, le rejet exact des failles, etc...

Une révision minutieuse de la série du Jurassique inférieur et moyen m'a permis de mettre en évidence des subdivisions stratigraphiques, des accidents importants dans la sédimentation ainsi que quelques éléments tectoniques qui n'avaient pas encore été signalés. J'ai réussi également à évaluer avec une précision satisfaisante l'épaisseur de chaque étage. Enfin les phénomènes de silicification parfois accompagnés d'indices de minéralisation peuvent maintenant être situés de façon précise dans leur contexte géologique et paléogéographique.

STRATIGRAPHIE

La succession des différents étages jurassiques le long du littoral vendéen a d'abord été décrite de façon remarquable par Vasseur (1890) dont le schéma initial a reçu, par la suite, des compléments importants dus à J. Peneau (1923a, 1923b), G. Mathieu (1935, 1937) et M. Ters (1951, 1961). On doit aussi à P. Butel (1935, 1938, 1951, 1953 et 1955) plusieurs notes détaillées sur le Jurassique de cette région : à côté d'observations précises elles contiennent malheureusement de nombreuses inexactitudes. Après plusieurs années de recherches sur le terrain, il m'est maintenant possible de donner une coupe générale des terrains compris entre la base du Callovien et le substratum primaire (fig. 1 [1]).

Le Bathonien

C'est l'étage qui présente la plus grande extension géographique puisqu'il affleure presque sans interruption, en falaise et sur l'estran, depuis Saint-Vincent-sur-Jard jusqu'à la pointe S de l'Anse Saint-Nicolas (fig. 1). Il est en majeure partie constitué par des calcaires micrograveleux à graveleux, de couleur blanchâtre, finement ponctués de roux. Ceux-ci renferment, d'autre part, des nodules rougeâtres (Spongiaires) très nombreux dans certains bancs ainsi que des géodes de marcassite le plus souvent altérée en limonite. Le banc supérieur (zone à *Oppelia aspidoides*) est légèrement différent, il s'agit d'un calcaire gris et roux, compact, à grain fin et à texture conglomératique dont la surface est manifestement durcie et ravinée par les premiers dépôts calloviens. Enfin, tout à fait à la base de l'étage, sur 90 cm environ, on trouve une alternance de marnes et de calcaire marneux gris très fossilifères (zones à *Zigzagiceras zigzag* et à *Oppelia yeovilensis, partim*).

Le Bathonien supérieur est peu épais (1.60 m) mais remarquablement fossilifère. On peut y définir deux niveaux distincts :

J. Horizon à *Oppelia* (*Oxycerites*) *aspidoides* Opp., *Bullatimorphites hannoveranus* Roem., *Treptoceras uhligi* Pop. Hatz., *T. laurenti* Enay, *Strenoceras* sp., nombreux échantillons de grandes *Choffatia* du groupe *subbackeriae* d'Orb..

I. Horizon à *Choffatia* (*Homoeoplanulites*) *homoeomorpha* S. Buck., *Choffatia* (*Choffatia*) sp. (espèce de taille moyenne à cloisons relativement simples), *Procerites imitator* S. Buck., *Bullatimorphites* cf. *platystoma* Liss. non Rein..

La base du Bathonien supérieur (horizon I) est marquée par l'apparition soudaine de très nombreuses *Choffatia* encore accompagnées par de

grands *Procerites*. Ce dernier genre disparaît par contre dans l'horizon terminal de l'étage où dominent les grandes *Choffatia* du groupe *subbackeriae* d'Orb. accompagnées par de nombreux exemplaires d'*Oppelia aspidoides* Opp. et de *Bullatimorphites hannoveranus* Roem.. La limite Bathonien-Callovien est extrêmement nette : elle est soulignée à la fois par un niveau durci et conglomératique, par une surface d'arrêt de la sédimentation, par une lacune stratigraphique (absence des zones à *Clydoniceras discus* et à *C. hollandi*) et par un important changement de faciès. Le Callovien débute en effet par un calcaire marneux, tendre, avec fines oolithes ferrugineuses et phosphatées, en bancs peu épais qui contrastent avec les bancs bathoniens beaucoup plus compacts. Du point de vue paléontologique, la limite entre les deux étages est également bien marquée. Le premier banc callovien est caractérisé par la disparition des *Oxycerites* et par l'apparition des *Macrocephalites*. Il n'y a que le genre *Bullatimorphites* qui soit abondamment représenté, de part et d'autre de la limite entre Bathonien et Callovien, par des formes assez voisines appartenant au groupe de *Bullatimorphites bullatus* d'Orb.. D'Orbigny (1842-1851, p. 370) en créant cette espèce la donnait comme bathonienne. Il signalait en même temps que, pour lui, l'*Ammonites macrocephalus* Schloth. et l'*Ammonites herveyi* Sow., étaient communes aux étages bathonien et callovien. Dans son esprit, la limite entre ces deux étages n'était donc pas, semble-t-il, très exactement définie. Quelques années plus tard Oppel (1856-1858, p. 504) la fixait de façon précise en faisant débuter l'étage callovien par une zone à *Am. macrocephalus* dont la partie inférieure était précisément constituée par un « *Horizont des Ammonites bullatus* ». Par la suite, *Ammonites bullatus* fut aussi souvent citée dans le Bathonien supérieur que dans le Callovien inférieur.

L'abondant matériel recueilli dans la région étudiée m'a conduit à admettre la distinction établie ensuite par Roemer (1911, p. 42) entre les « *Bullaten* » bathoniens et leurs parents calloviens. En effet, contrairement à ce qui a été si souvent indiqué, ce n'est pas *B. bullatus* d'Orb. qu'on trouve dans le dernier banc du Bathonien mais *B. hannoveranus* Roemer. W. J. Arkell (1950-1958) a souligné l'étroite parenté entre les deux espèces et G. Westermann (1958) a fait de *B. hannoveranus* une sous-espèce de *B. bullatus*. A mon avis ce sont deux espèces distinctes aussi bien morphologiquement que stratigraphiquement. L'espèce française, telle que l'a interprétée W. J. Arkell, possède des côtes relativement fines et nombreuses (45 à 60 côtes secondaires sur le dernier tour) qui persistent jusqu'au péristome ; les côtes primaires de l'avant-dernier tour sont souvent assez bien marquées ; enfin le diamètre d'un échantillon complet ne dépasse pas 110 mm. Dans la région étudiée cette espèce est callovienne.

Par contre, *B. hannoveranus* Roem. a des côtes plus fortes, plus espacées (30 à 40 côtes secondaires sur le dernier tour) et, en moyenne, une taille sensiblement plus grande pouvant atteindre 155 mm ; les côtes primaires s'affaiblissent souvent très tôt mais elles peuvent subsister sur l'avant-dernier tour : les côtes secondaires sont très estompées ou absentes sur le dernier quart de tour ; l'épaisseur relative des tours est enfin plus élevée que chez l'espèce française.

En définitive pour distinguer l'une de l'autre ces deux formes voisines il vaut mieux se baser sur la taille et sur la densité des côtes plutôt que sur la vigueur de l'ornementation qui paraît très variable. Pour autant qu'on puisse en juger d'après des photographies, les échantillons figurés par

G. Westermann (1958. Taf. 20 et 21) semblent appartenir tous les deux à l'espèce de Roemer.

Le Bathonien moyen présente le même faciès que le Bathonien supérieur : son épaisseur est d'environ 3.50 m : il comprend, de haut en bas, la succession suivante :

H. Horizon à *Wagnericeras pseudosubtile* Liss., *W. cf. bathonicum* Ark., *Wagnericeras (Suspensites) aff. suspensus* S. Buck., *Procerites hodsoni* Ark., *Pseudoperisphinctes cf. rotundatus* Roem.. Cet horizon relativement mince (0.40 m) comporte à la base un niveau marneux conglomératique avec nombreux galets bruns phosphatés. Les fossiles eux-mêmes y sont souvent remaniés et phosphatés (fig. 1 ^{bis}).

G. Horizon à *Bullatimorphites bullatimorphus* S. Buck., *B. cf. serpenticonus* Ark., *B. cf. ymir* Opp., *Sphoeroptychius* cf. *marginatus* Ark., *Cadomites daubenyi* Boehm non Gemm., *Procerites hodsoni* Ark., *P. quercinus* Terquem et Jourdy, *P. (Gracilisphinctes) cf. magnificus* Ark., *Siemiradzkia* sp., *Oppelia (Paralcidia)* sp.. La base de cette assise est également marquée par un très mince niveau conglomératique truffé de galets phosphatés et de nodules de marcassite presque toujours altérée en limonite (fig. 1 ^{bis}).

F. Horizon beaucoup moins fossilifère que les précédents où l'on ne trouve que de rares *Gracilisphinctes* : *Procerites (Gracilisphinctes)* aff. *vineta* Ark., *P. (G.) nov. sp. aff. magnificus* Ark., *P. (G.) sp.*.

E. Horizon à *Cadomites orbignyi* de Gross., *Strigoceras dorsocavatum* Qu., *Bullatimorphites aff. sofanum* Boehm, *Procerites (Gracilisphinctes) cf. prisciasensis* Liss., *Oppelia (Oxycerites) sp.*, *Procerites (Gracilisphinctes) sp.*. Certains de ces fossiles sont phosphatés.

La partie supérieure du Bathonien moyen (horizon H) est donc caractérisée par le genre *Wagnericeras*. L'horizon G qui vient au-dessous est très fossilifère : c'est là que se situe le gisement stratigraphique exact des *Bullatimorphites* du groupe *ymir* : ceux-ci sont accompagnés par de nombreux *Cadomites* d'assez grande taille rapportés à l'espèce *daubenyi* Gemm. par plusieurs auteurs dont G. Boehm (1912). L'assise F paraît être l'équivalent de la sous-zone à *Gracilisphinctes progracilis* d'Arkell.

On trouve enfin, à la base du Bathonien moyen (horizon E), les plus anciens Tulitidae actuellement connus dans la région ; ce sont des formes à très fortes côtes sur la chambre d'habitation qu'on ne peut guère comparer qu'à une espèce de l'Insulinde décrite par G. Boehm (1912) : *Bullatimorphites sofanum*. Ils sont en fait relativement rares et le plus souvent représentés par des fragments de chambre d'habitation. C'est, de loin, *Cadomites orbignyi* de Gross, qui est l'espèce la plus fréquente et la plus caractéristique de l'horizon de base du Bathonien moyen.

Le Bathonien inférieur est la partie la plus développée de l'étage. Son épaisseur atteint plus de 10 m. Il se subdivise, de haut en bas, de la façon suivante :

D. Environ 8,80 m de calcaires graveleux blanchâtres à jaunâtres avec ponctuations ferrugineuses. Les fossiles y sont très rares ; on y recueille cependant : *Oppelia (Oxycerites) yeovilensis* Roll., de grande taille ; *Procerites aff. postpollubrum* Wetz., encore plus involute que le type ; *Procerites aff. imitator* S. Buck., *Œcotraustes sp.*.

C. Alternance de marnes et de calcaires marneux gris, en bancs peu épais et contenant de très nombreux fossiles : *Procerites schlœnbachi* de Gross., exemplaires de grande taille extrêmement fréquents, forme typique et nombreuses variétés ; très nombreuses *Oppeliinae* parmi lesquelles : *Oppelia (Oxycerites) nivernensis* de Gross. ; *O. (Oxycerites) cf. yeovilensis* Roll., variété de taille assez petite avec ombilic plus fermé que chez le type ; *Œcotraustes bomfordi* Ark., *Phaulozigzag aff. phaulomorphus* S. Buck., *Polysphinctites sp.*, *Siemiradzkia* sp.

B. Horizon aussi fossilifère que le précédent et de faciès analogue avec : *Zigzagiceras zigzag* d'Orb., *Morphoceras macrescens* S. Buck., *Ebraviceras pseudoanceps* Ebray, *E. rursum* S. Buck., *Parkinsonia cf. dorni* Ark., *Parkinsonia (Gonolkites) cf. convergens* S. Buck., *Cadomites cf. exstinctus* Qu., *Procerites subprocerus* S. Buck.

A. 1 m environ de calcaire graveleux à ponctuations ferrugineuses : la faune y est assez rare : on y trouve cependant : *Parkinsonia (Gonolkites) subgaleata* S. Buck., *Procerites sp.* du groupe *subprocerus* S. Buck., *Prohecticoceras* sp., Cet horizon se différencie du précédent par un caractère négatif : l'absence des genres *Zigzagiceras*, *Morphoceras* et *Ebraviceras*.

Par suite de sa pauvreté en fossiles, l'importante assise calcaire D qu'on retrouve sur toute la bordure N du bassin d'Aquitaine n'a jamais été clairement datée. La grande superficie des affleurements accessibles en bord de mer compensant ici la faible densité des fossiles m'a permis de recueillir suffisamment d'échantillons pour que l'attribution de ce niveau au Bathonien inférieur (zone à *Oppelia yeovilensis*) ne fasse plus aucun doute.

Tant au point de vue paléontologique qu'au point de vue pétrographique, les horizons B et C sont les équivalents exacts du *banc pourri* de Sainte-Pezenne près de Niort depuis longtemps attribué au Bathonien inférieur. Cette assise calcaréo-marneuse déjà connue depuis les environs de Champdeniers (Deux-Sèvres) jusqu'à Fontenay-le-Comte (Vendée) ainsi que dans la fosse de Chantonnay n'avait pas été jusqu'ici reconnue plus à l'W. Je l'ai retrouvée dans une des carrières de Luçon, de même qu'à Port-de-la-Claye, à Angles et enfin sur le littoral. Entre Fontenay-le-Comte et Jard, le *banc pourri* est sensiblement moins condensé qu'à Niort ; son épaisseur varie de 0.90 à 2 m ; il reste nettement calcaréo-marneux mais les nombreux fossiles qu'il contient sont beaucoup moins fréquemment remaniés et phosphatés ; on peut enfin le subdiviser en deux horizons distincts : un horizon supérieur à *Procerites schlœnbachi* et *Oppelia nivernensis* et un horizon inférieur à *Zigzagiceras*, *Morphoceras* et *Ebraviceras*.

P. Butel (1953) n'a pas reconnu sur le littoral la présence du *banc pourri* : il indique à tort, d'autre part, qu'une partie de la faune est commune au Bathonien inférieur et au Bajocien supérieur. En réalité il n'y a absolument aucun mélange de faune qui permette de parler d'un passage paléontologique « progressif » d'un étage à l'autre. On peut d'ailleurs se demander comment P. Butel a pu prétendre que le *banc pourri* n'était pas lithologiquement différencié sur la côte et citer en même temps plusieurs espèces *qui sont étroitement localisées* à ce niveau, en particulier : *Oppelia fusca* Qu. (= *Opp. yeovilensis* Rollier), *Zigzagiceras zigzag* d'Orb. et *Morphoceras polymorphum* d'Orb.

Sous l'horizon à *Zigzagiceras*, *Morphoceras* et *Ebraviceras*, on retrouve 1 m environ de calcaires graveleux analogues à ceux qui surmontent le

banc pourri et très voisins aussi des calcaires du Bajocien supérieur situés au dessous. Cette assise de base du Bathonien ne m'a livré que des *Gonolkites* et quelques *Procerites* du groupe *subprocerus* mais pas de *Zigzagiceras* ni d'*Ebraviceras*, ni de *Morphoceras*. En définitive, le Bathonien inférieur peut donc être subdivisé en quatre horizons paléontologiques qui sont, de haut en bas, les suivants :

— horizon D à *Oppelia (Oxycerites) yeovilensis* (forme de taille relativement grande)

— horizon C à *Procerites schlœnbachi* avec de très nombreuses *Oppelia* d'assez petite taille se rapportant à *O. nivernensis* de Gr. et à un type voisin d'*O. yeovilensis* Rollier.

— horizon B à *Zigzagiceras*, *Morphoceras* et *Ebraviceras*.

— horizon à *Gonolkites* (horizon A).

Le Bajocien (22 m)

Malgré son épaisseur relativement importante, le Bajocien affleure beaucoup moins largement que le Bathonien. Il apparaît à quelques centaines de mètres au S E de l'Anse Saint-Nicolas dans laquelle on peut également l'observer sur 200 m environ ; puis, sous l'influence du pendage et des failles, il cède la place, vers le N W, au Lias supérieur sous-jacent.

Le Bajocien supérieur (plus de 18 m) est tout d'abord représenté, comme l'horizon de base du Bathonien, par des calcaires graveleux blanchâtres à jaunâtres, finement ponctués de roux. On ne peut donc pas s'appuyer sur la lithologie pour séparer les deux étages. Les fossiles, d'autre part, étant assez rares et les affleurements peu étendus, il est assez difficile de tracer avec précision la limite entre Bathonien et Bajocien surtout si l'on n'a pas, au préalable, reconnu le *banc pourri*. Malgré la faible densité des fossiles on peut subdiviser le Bajocien supérieur en un certain nombre d'horizons répartis, de haut en bas, de la façon suivante :

G. Un horizon à *Parkinsonia bomfordi* Ark. (= *P. schlœnbachi* S. Buck, non Schlippe), *P. cf. neuffensis* Oppel emend. Arkell, *Cenoceras sp.*. (Epaisseur : environ 2 m).

F. Un horizon plus épais (9 m) toujours constitué par des calcaires graveleux à ponctuations ferrugineuses mais dont la base est soulignée par un mince niveau marneux et conglomératique de 0.10 m d'épaisseur. A proximité du sommet, on trouve de mauvais échantillons pouvant être rapportés à *Parkinsonia parkinsoni Sow.* et à *P. planulata* Qu.. A 15 cm de la base, il y a aussi de rares échantillons de *Parkinsonia sp. cf. ? subarietis* Wetz..

E. 5.60 m du même calcaire graveleux peut-être un peu plus compact qu'au-dessus et à ponctuations ferrugineuses mieux marquées. Les fossiles restent assez rares : ils sont, de plus, très difficiles à dégager. Le genre *Cadomites* est prédominant : on trouve aussi : *Strigoceras truellei* d'Orb., *Parkinsonia sp.*, fragment, *? Leptosphinctes aff. davidsoni* S. Buck..

Au-dessous de cet horizon, la lithologie change : les calcaires graveleux à ponctuations ferrugineuses constituent donc un faciès très important qu'on retrouve presque sans interruption depuis le Bathonien supérieur jusqu'à la base de la présente assise.

D. 1.45 m. Calcaires gris, compacts, à grain fin, en bancs peu épais parfois séparés par de minces intercalations marno-calcaires. Ils renferment

de très nombreux Spongiaires, ainsi que des *Cancellophycus* et d'assez nombreuses Ammonites : *Garantia garantiana* d'Orb., *Sphæroceras cf. tutthum* S. Buck., *Strigoceras* sp., *Caumontisphinctes* sp.. Vers la base, se trouve un mince niveau marneux et conglomératique de 10 cm d'épaisseur. P. Butel (1953, p. 72, fig. 3) ne distinguait dans le Bajocien supérieur de l'Anse Saint-Nicolas qu'une seule « *zone à garanti et parkinsoni* ». On voit d'après la succession donnée ci-dessus que les deux zones classiques à *Parkinsonia parkinsoni* et à *Garantia garantiana* sont parfaitement distinctes aussi bien lithologiquement que paléontologiquement. La première correspond aux horizons G, F et E et comporte un horizon supérieur à *Parkinsonia bomfordi* et, peut-être, un horizon inférieur à *Strigoceras truellei*. L'horizon D représente la zone à *Garantia garantiana* : j'y ai également recueilli, tout à fait à la base, un *Sphæroceras voisin de S. tutthum* S. Buck, qu'on trouve habituellement dans la zone à *Strenoceras bajocense* : celle-ci est donc probablement présente elle aussi, dans l'Anse Saint-Nicolas.

Le Bajocien moyen et inférieur est beaucoup moins épais que le Bajocien supérieur : il se réduit à environ 1 m de calcaire gris-clair, à grain fin, légèrement marneux, à *Cancellophycus* et Spongiaires. Il peut être subdivisé comme suit, de haut en bas :

C. Un niveau supérieur (1.90 m) où les calcaires alternent avec des marnes compactes, verdâtres à noirâtres, contenant des Spongiaires et de nombreux petits nodules calcaires. On trouve aussi, assez fréquemment, dans les calcaires comme dans les marnes, de petits galets calcaires souvent phosphatés et dont certains sont des fossiles remaniés et indéterminables.

B. Un horizon moyen (1.80 m) constitué par le même calcaire à grain fin avec *Cancellophycus* et Spongiaires, quelques grosses entroques et, à la base, de minces intercalations de marnes grises. Les fossiles y sont très fréquents : *Sonninia felix* S. Buck., *S. cf. disciformis* Dorn, *Stephanoceras frevcineti* Bayle, *Stephanoceras nodosum* Qu., *Oppelia sp. cf. subradiata* Sow., *Emileia fullinsdorfense* Maub., *Emileia sp.*. Les *Emileia*, sont localisées au-dessous des *Sonninia* et des *Stephanoceras*.

A. *Conglomérat* de 25 à 30 cm d'épaisseur, renfermant des galets calcaires oxydés et phosphatés cimentés par un calcaire à grain fin, gris, compact et légèrement marneux. A la base, les éléments remaniés atteignent souvent de grandes dimensions et peuvent se présenter sous la forme de dalles peu épaisses, oxydées et taraudées par des Pholades. Cette assise conglomératique est l'indice d'une importante perturbation dans la sédimentation ; elle renferme d'assez nombreux fossiles disposés dans tous les sens, souvent brisés et remaniés : *Witchellia sp.*, *Pelekodites moisyi* Brasil, *Sonninia sulcata* S. Buck., *Otoites* sp., fragment, *Sonninia sp.*.

Au-dessous du Bajocien supérieur il n'y a donc que deux niveaux réellement fossilifères :

1) un horizon B à *Sonninia felix* correspondant à la zone à *Otoites sauzei*.

2) un horizon inférieur conglomératique dont la faune est celle de la partie supérieure de la zone à *Sonninia sowerbyi* (sous-zone à *Witchellia laeviuscula*). La présence d'*Otoites* sp. permet de penser que cette assise condensée représente également la base de la zone à Sauzei. La zone à Sowerbyi est donc très réduite et la sous-zone à Shirbuirnia fait complètement défaut.

L'horizon C, intercalé entre la zone à *Otoites sauzei* et le Bajocien supérieur correspond peut-être aux zones à *Teloceras blagdeni* et *Stephanoceras humphriesi*.

Le conglomérat à *Witchellia* repose directement sur les calcaires marneux bleus de la zone à *Leioceras opalinum* (Aalénien). Il y a donc lacune des zones à *Hyperlioceras discites*, à *Graphoceras concavum* et à *Ludwigia murchisonae*. Le contact Bajocien-Aalénien peut-être observé, dans l'Anse Saint-Nicolas, en plusieurs points de l'estran : le conglomérat de base du Bajocien ainsi que l'importante lacune stratigraphique entre les deux étages s'y retrouvent à chaque fois. C'est donc par erreur que P. Butel (1953) a cru reconnaître en ce point les zones à Concavum et à Murchisonae. On comprend mal comment cet auteur a pu à la fois donner à l'Aalénien supérieur un développement que celui-ci n'a pas et trouver en même temps un Bajocien inférieur plus complet qu'il ne l'est en réalité. Contrairement à ce qu'il a également prétendu, la limite entre le Bajocien et l'Aalénien est, en tous cas, extrêmement nette.

L'Aalénien (2,80 m)

Pour ne pas trop compliquer l'exposé d'un problème déjà bien embrouillé par les erreurs de P. Butel, l'Aalénien est pris ici comme chez cet auteur au sens de Haug. On sait que cette interprétation a été très critiquée à l'étranger et qu'au récent Colloque de Luxembourg (1962) une majorité de spécialistes du Jurassique a recommandé une nouvelle définition de l'étage. L'Aalénien n'affleure, sur le littoral, que dans l'Anse Saint-Nicolas (fig. 2) où J. Peneau l'a signalé en 1923.

La zone à Leioceras opalinum (0,50 m) est constituée par un calcaire marneux gris bleuté assez compact.

La zone à Pleydellia aalensis présente une alternance de calcaires marneux et de marnes bleu-noires en bancs peu épais (5 à 15 cm). Elle se subdivise en trois horizons dont le plus élevé et le plus développé (1,10 m) renferme : *Pleydellia buckmanni* Maub., *Canavarina venustula* S. Buck.. Tout à fait au sommet de ce niveau se trouvent des formes difficiles à déterminer qui rappellent la faune de l'*héméra opaliniformis* de Buckman : *Leioceras ? cf. subglabrum* S. Buck., *Cypholioceras ?* sp. à dépression périombilicale : c'est là aussi que *Catinula beaumonti* Riv. se situe stratigraphiquement. La séparation entre les zones à *L. opalinum* et à *P. aalensis* est donc relativement difficile à établir de façon définitive. Aux *Pleydellia* à côtes bien marquées ont en effet succédé dans le temps des *Pleydellia* plus involutes, à côtes plus fines, déjà accompagnées par de petites formes striées dépourvues de dépression ombilicale. On pourrait peut-être tracer la limite immédiatement au-dessous du banc où se trouvent les premières formes possédant la dépression périombilicale caractéristique des *Leioceras*. Mais, d'après P. L. Maubeuge (1950), certaines *Pleydellia buckmanni* présentent aussi ce caractère.

Le maximum de fréquence de *Pleydellia aalensis* caractérise un horizon moyen peu épais (25 cm) où l'espèce indice est accompagnée par : *P. grandjeani* Benecke, *P. subcompta* Buck. non Brco. *Pleydellia* sp., *Variamussium pumilus* Lmk..

La base de la zone est enfin le domaine de formes à côtes très fines telles que *Pleydellia mactra* Dum.. Les échantillons à côtes plus ou moins

fasciculées que j'ai rapportés à l'espèce de Dumortier paraissent se trouver immédiatement au-dessus des formes à côtes simples du groupe de *Dumortieria moorei* Lyc. : mais, là encore, la distinction entre ces deux espèces est très difficile de sorte que la limite inférieure de la zone à *P. aalensis* n'est guère plus facile à définir de façon précise que sa limite supérieure.

La zone à *Dumortieria levesquei* et *D. pseudoradiosa* qui vient au-dessous ne dépasse pas 40 cm d'épaisseur. Elle se subdivise en une sous-zone supérieure à *Dumortieria moorei*, un horizon moyen à *Dumortieria cf. explanata* S. Buck. et un horizon inférieur de 10 à 15 cm, marneux et conglomératique, renfermant des galets calcaires taraudés et des fossiles remaniés dont : *Dumortieria cf. striatulo-costata* Qu., *Hammatoceras sp. ex gr. insigne* Schübl., *Brodieia ? cf. grüneri* Dum., *Polyplectus* sp.. Dans ce conglomérat de base de l'Aalénien, par conséquent, se trouvent mélangées des espèces appartenant aux sous-zones à *Hammatoceras insigne* et à *Dumortieria levesquei*. Comme sur toute la bordure N du Bassin d'Aquitaine (J. Gabilly 1962a) il y a donc, dans l'Anse Saint-Nicolas, une perturbation de la sédimentation qui se situe exactement entre les étages Aalénien et Toarcien tels que les entendait Haug.

Au total l'Aalénien n'atteint pas 3 m d'épaisseur sur le littoral alors que P. Butel lui en accordait près de 8 m.

Le Toarcien (13 m)

Cet étage est complet dans l'Anse Saint-Nicolas (fig. 2). Il est entièrement marno-calcaire. Dans l'ensemble, les marnes bleu-noires sont prédominantes : elles se présentent en bancs relativement épais (10 à 80 cm) alors que l'épaisseur des bancs de calcaires marneux intercalés ne dépasse que rarement 15 cm. On trouve sucessivement, de haut en bas :

K. 0.90 m. Bancs peu épais (10-15 cm chacun) de calcaires marneux et de marnes en alternance. La partie supérieure apparemment peu fossilifère correspond peut-être à la zone à *Hammatoceras insigne*. Par contre il y a, vers la base, un niveau très fossilifère contenant : *Grammoceras thouarsense* d'Orb., *Esericeras* cf. *eseri* Opp., *Pseudogrammoceras struckmanni* Denckm., *P. pedicum* S. Buck.. Certains de ces fossiles sont fragmentés, remaniés et paraissent phosphatés.

J. 1.50 m. Même alternance de marnes et de calcaire marneux bleu-foncés ; les bancs de marnes sont les plus épais. Cette assise semble peu fossilifère mais les affleurements en sont souvent masqués par des algues ou par du sable. Je n'y ai recueilli qu'un mauvais échantillon de *Pseudogrammoceras sp.*.

I. Un horizon de quelques dizaines de cm (? 0.50 m) avec *Brodieia aff. gradata* Merla.

H. 0.75 m. Calcaires marneux bleus exceptionnellement dominants ; ils admettent cependant deux intercalations marneuses à la base ; les fossiles y sont assez fréquents : *Haugia cf. variabilis* d'Orb. ; *Haugia sp.* plus évolute.

G. 2.60 m. Marnes bleues en bancs de 10 à 50 cm avec intercalations de bancs et de nodules calcaires peu épais. On recueille dans la partie supérieure : *Hildoceras semipolitum* S. Buck. et, au-dessous, *Hildoceras bifrons* Brug. *(sensu stricto)*.

F. 0.75 m. Même faciès marno-calcaire que dans l'horizon H avec : *Hildoceras* nov. sp. aff. *sublevisoni* Fuc., *Harpoceras cf. mulgravium* Y. et B.

E. Horizon à *Hildoceras sublevisoni* Fucini (0.60 m).

D. Horizon à *Orthildaites* sp., *Dactylioceras* sp., *Peronoceras* sp., *Harpoceras cf. falciferum* Sow. (0.50 m).

C. 2.60 m. Marnes bleues en bancs épais atteignant parfois 80 cm. séparés par des bancs beaucoup plus minces de calcaire marneux : l'un de ces derniers a livré : *Harpoceratoides cf. strangwaysi* Sow., *Dactylioceras* sp..

B. 2.50 m. Marnes et argiles légèrement schisteuses, grises et brunes avec débris phosphatés de poissons.

A. 2.50 m. Marnes bleues avec intercalations de calcaire marneux de plus en plus fréquentes vers le bas. Dans la moitié supérieure, *Dactylioceras semicelatum* Simpson est fréquent tandis que, tout à fait à la base, on trouve de rares *Paltarpites cf. paltus* S. Buck. accompagnés par des *Harpoceras* de petite taille.

Des 11 niveaux distingués ci-dessus, l'horizon A est le seul qui affleure en falaise près de l'entrée de l'ancienne mine ainsi qu'à quelques dizaines de mètres à l'W (fig. 2). On ne peut examiner les autres qu'à marée basse, sur l'estran, où ils sont masqués en partie par du sable ou par des algues.

Le sommet de l'horizon K appartient peut-être à la zone à *Hammatoceras insigne* dont on trouve des éléments remaniés dans le conglomérat de base de l'Aalénien. La partie inférieure de la même assise (K) contient deux espèces très souvent associées sur la bordure septentrionale du bassin d'Aquitaine : *Grammoceras thouarsense* d'Orb. et *Esericeras cf. eseri Oppel.* ; elles sont associés ici à deux *Pseudogrammoceras* caractéristiques de la sous-zone à *P. fallaciosum*. L'assise J appartient encore à la *zone à Grammoceras thouarsense*. Les horizons I et H représentent la zone à *Haugia variabilis* dans laquelle il y a une sous-zone supérieure à *Brodieia* et une sous-zone inférieure à *Haugia variabilis*. Dans les horizons G, F, E et D les Hildoceratinae se répartissent, verticalement et de haut en bas, de la façon suivante : 1) *Hildoceras semipolitum* S. Buck., 2) *H. bifrons*., 3) toute une série de variétés figurées notamment par Fucini (1905), Mitzopoulos (1930), Merla (1933), Zanzucchi (1963) et habituellement rapportées à *Hildoceras bifrons* Brug., ou à H. *sublevisoni* Fuc. : il s'agit probablement d'une espèce nouvelle, 4) *Hildoceras sublevisoni* Fucini (*var. raricostata* Mitzop.), 5) *Orthildaites sp.*.

On peut donc suivre dans le temps, l'apparition et les modifications progressives du sillon latéral spiral chez les Hildoceratinae. Les formes les plus anciennes (*Orthildaites*) ont des côtes bien marquées, simples et subrectiradiées même chez les très jeunes individus.

Chez *Hildoceras sublevisoni* Fuc., le jeune présente des côtes nettement falciformes avec un coude latéral prononcé situé très près de l'ombilic. Parfois on peut même observer en lumière rasante et sur les échantillons les mieux conservés un sillon latéral à peine marqué situé au niveau du point d'inflexion des côtes, très près du rebord ombilical. Sur les tours adultes *le léger sillon spiral disparaît*, l'inflexion latérale des côtes s'atténue et la livrée de la chambre d'habitation est très peu différente de celle des *Orthildaites*. Le type de l'espèce *sublevisoni* n'a pas encore été clairement désigné : comme Merla (1933) et Donovan (1958), je crois qu'on peut prendre comme figure de référence celle de Dumontier (1874 pl. IX fig. 3 et 4).

Les formes qui viennent immédiatement au-dessus sont légèrement plus involutes que la précédente : leurs côtes restent nettement falciformes jusque sur la chambre d'habitation : il y a un sillon spiral assez évasé et plus ou moins marqué à proximité du rebord ombilical : mais ce sillon n'est pas nettement séparé des côtes, il arrive souvent, au contraire, que certaines de celles-ci le traversent en restant distinctes bien qu'atténuées. Certains échantillons figurés par Fucini (1905 Tav. V, fig. 13, 14 et 15) et par Merla (1933, Tav. VII, fig. 9 et 10) montrent bien ce caractère. Les *Hildoceras* de ce type ont été rapportés tantôt à *H. sublevisoni* Fuc. tantôt à *H. bifrons* Brug.. A mon avis ils se rapprochent plutôt de la première espèce que de la seconde mais diffèrent spécifiquement de l'une comme de l'autre : c'est pourquoi je les ai cités comme *Hildoceras nov. sp.*. Dans l'Anse Saint-Nicolas ils constituent, en tous cas, un groupe bien défini morphologiquement et stratigraphiquement, caractéristique de l'horizon F.

Chez le véritable *Hildoceras bifrons* dont Buckman (1918) a figuré le type, le sillon latéral est plus étroit, plus profond et recoupe beaucoup plus nettement la costulation. Il ne s'atténue que sur la chambre d'habitation où il a un aspect rappelant le sillon du groupe précédent : Wright (1886, pl. LIX, fig. 1-2) a donné une excellente figure d'un individu adulte de cette espèce. On la trouve à Jard dans la partie inférieure de l'horizon G.

Enfin le plus récent des *Hildoceras*, *H. semipolitum* S. Buck., possède un sillon latéral relativement bien marqué et nettement plus éloigné de l'ombilic que celui de *H. bifrons*. En définitive, je crois utile de donner pour les Hildoceratinae des horizons D, E, F, G la **clé de détermination suivante** :

— Pas de sillon spiral, côtes dépourvues d'inflexion latérale, même chez le jeune ..... *Orthildaites*

— Côtes nettement infléchies et sillon spiral à peine marqué *sur les premiers tours seulement* : pas de sillon spiral sur les tours adultes ..... *Hildoceras sublevisoni Fuc.*

— Côtes falciformes et sillon spiral persistant chez l'adulte mais ne recoupant pas nettement la costulation *Hildoceras nov. sp.*

— Sillon spiral très net de part et d'autre duquel les côtes sont interrompues sauf sur le dernier tour *Hildoceras bifrons Brug.*

Ces quelques précisions paléontologiques étaient nécessaires avant tout essai de délimitation précise des zones à *Hildoceras bifrons* et à *Harpoceras falciferum*.

Les formes du groupe *falciferum*, bien que relativement rares atteignent en effet l'horizon F. Seul l'horizon G appartient donc sans discussion possible à la zone à *Hildoceras bifrons*. Si l'on utilise, à la suite de Haug (1885) une zone à *Harpoceras falciferum*, il faut par conséquent y inclure les horizons D, E, et F où les *Hildoceras* sont très nombreux. Dans cette coupe de l'Anse Saint-Nicolas où le Toarcien inférieur est particulièrement développé il y a coexistence des *Harpoceras* du groupe *falciferum* avec des *Hildoceras* au sens strict (*Hildoceras sp. nov.* et *Hildoceras sublevisoni.*) : il ne paraît pas possible de l'expliquer par des phénomènes de condensation. Cela revient à remettre en question la définition stratigraphique de la zone

à Bifrons donnée par Dean, Donovan et Howarth (1961, p. 481) : « The zone corresponds to the stratigraphical range of *Hildoceras* (s. s.), *i. e.* excluding *Hildaites* and « *Hildoceratoides* » which occur earlier ». Howarth (1962, p. 403) a établi, depuis, la présence en Angleterre d'un horizon à *Hildoceras sublevisoni* Fuc. qui est à peu près l'équivalent de la sous-zone à *Dactylioceras commune*. Dans l'état actuel de nos connaissances, il semble qu'en Angleterre *Hildoceras sublevisoni* Fuc. et *Harpoceras falciferum* ne se trouvent pas ensemble. Pourtant Spath (1922, p. 450) a signalé au même niveau (bed 11) près d'Ilminster, Somerset, *Ammonites levisoni, auct. non* Simpson et des « *falciferum* like *Harpoceras* ». Mouterde (1953, p. 417) Enay et Elmi (1961) et moi-même (Gabilly 1961) avons signalé en France la coexistence des genres *Hildoceras* et *Harpoceras* : Donovan (1958, p. 36, fig. 2) a trouvé, à Valdorbia en Italie, *Harpoceras cf. mulgravium* dans la sous-zone à *Hildoceras sublevisoni* et a signalé (Ibid. p. 43) *Harpoceras cf. falcifer* Sow. encore plus haut.

Il résulte de toutes ces observations que l'espèce *sublevisoni* Fuc. pourrait être utilisée avec profit comme l'indice d'une subdivision stratigraphique où se trouve peut-être également le maximum de fréquence des *Harpoceras* du groupe *falciferum* Sow.. On retrouve ainsi l'idée d'une sous-zone à *H. falciferum* et *H. sublevisoni* que j'ai adoptée au Colloque de Luxembourg (Gabilly 1962) après une amicale discussion avec M. l'abbé Mouterde.

Pour l'instant il n'en reste pas moins difficile de raccorder la série du Yorkshire et la coupe étudiée ici (voir tableau ci-dessous).

YORKSHIRE (Howarth 1962)		VENDEE	
Zones	Sous-zones	Sous-zones ou horizons	Zones
bifrons	braunianus	semipolitum bifrons	bifrons
	fibulatum		
	commune (sublevisoni)	falciferum et sublevisoni	falciferum
falciferum	falciferum exaratum	Harpoceratoides	

La rareté des Dactylioceratidae sur le littoral vendéen ne facilite d'ailleurs pas les comparaisons.

Au-dessous de l'horizon à *Orthildaites*, on trouve un Toarcien inférieur aussi développé que sur la bordure du Massif central. L'assise des *argiles schisteuses à Poissons* intercalée entre la sous-zone à Strangwaysi et la zone à Semicelatum a une extension beaucoup plus considérable qu'on ne

pouvait tout d'abord le supposer. Je l'ai retrouvée récemment à Vivonne, en plein centre du Seuil du Poitou ainsi qu'à Champagné-Saint-Hilaire et à Montalembert. Elle est reconnue ici pour la première fois en bordure de la Vendée. Elle n'est pas sans analogie avec les *schistes-cartons* de Lorraine dont elle est stratigraphiquement à peu près équivalente.

Comme en Charente (Gabilly et Marionnaud 1963), les *Paltarpites* paraissent cantonnés à l'extrême base du Toarcien de sorte qu'il existe peut-être dans la zone à Tenuicostatum un horizon inférieur caractérisé par ce genre et qui serait l'équivalent de la sous-zone à *Tiltoniceras acutum* définie par Dean, Donovan et Howarth (1961).

Le Pliensbachien (Lias Moyen)

Le terme de Pliensbachien, suivant les recommandations du Colloque de Luxembourg (1962) est utilisé ici au sens large c'est-à-dire qu'il est considéré comme synonyme de Lias moyen : ainsi entendu cet étage se subdivise en deux sous-étages : le Domérien et le Carixien. Le long du littoral, le Pliensbachien n'affleure que sporadiquement et ne peut jamais être observé complètement sur un même affleurement. En raccordant entre elles les différentes coupes partielles on peut évaluer son épaisseur à environ 3,25 m. Vasseur (1890) l'a cartographié correctement dans l'Anse Saint-Nicolas et dans l'Anse de la Mine des Sards. J. Péneau (1923 b) l'a signalé sur la rive gauche de l'estuaire du Payré. P. Butel (1951, 1955) l'a enfin mis en évidence dans l'Anse de Saint-Jean-d'Orbestiers et dans l'Anse de Bourgenai mais il l'a cité aussi en bien d'autres points du littoral où il n'existe probablement pas (moitié méridionale de l'Anse de la Mine des Sards par exemple).

Le Domérien (2,75 m environ) est représenté par des bancs calcaires plus ou moins marneux, bleutés, relativement compacts, assez épais (13 à 40 cm), alternant avec des lits marneux plus minces (5 à 20 cm). Dans le demi-mètre inférieur, il y a des oolithes ferrugineuses de plus en plus nombreuses vers la base. La zone à *Pleuroceras spinatum* dont l'épaisseur est de l'ordre du mètre renferme des *Pleuroceras* très difficiles à dégager et, tout à fait en haut : *Tetrarhynchia tetraedra* Sow. ainsi que des Bélemmites. La zone à *Amaltheus margaritatus* est plus épaisse (1,75 m environ) : près du sommet elle renferme un banc marneux très fossilifère où se situe le maximum de fréquence de *Pseudopecten aequivalvis* Sow. accompagné par de très nombreuses Belemmites et par *Gryphæa gigantea* Sow. ; immédiatement au-dessous, on peut recueillir *Amaltheus margaritatus* Montf. ; enfin le niveau à oolithes ferrugineuses renferme de très nombreuses *Gryphæa* du groupe *cymbium* Lmk. et, tout à fait à la base : *Amaltheus stokesi* Sow..

Le Carixien est très mince (0,50 m). Il est constitué par des calcaires marneux roux contenant de nombreuses oolithes ferrugineuses * et admettant parfois une ou deux intercalations de marnes rougeâtres pétries, elles aussi, d'oolithes ferrugineuses. Comme l'a noté P. Butel (1951, 1953) il y a sporadiquement, tout à fait à la base, un très mince niveau conglomératique à graviers et galets quartzeux. Le Carixien est très fossilifère : presque tous

* « Calcaire oolithique » de P. Butel.

les fossiles se trouvent rassemblés dans un banc peu épais (15 cm) situé à environ 15-20 cm de la base. La grande majorité des ammonites qu'on peut y recueillir appartiennent au groupe de *Beaniceras luridum* Simps. : elles sont associées à de rares *Acanthopleuroceras sp.* ; j'y ai également recueilli deux échantillons d'*Uptonia sp. aff. bronni* Ou. : ce mince horizon fossilifère, probablement condensé, avec nombreux *Beaniceras*, vient d'être également mis en évidence plus à l'E sur la bordure méridionale de la Vendée (G. Dubar et J. Gabilly 1964). On le voit très bien, en falaise, sur la rive gauche de l'estuaire du Payré. P. Butel (1951) a longuement décrit cet affleurement : il y cite à peu près tous les fossiles caractéristiques du Carixien dont : « *Polymorphites* » *jamesoni* Sow. et formes affines, « *Tropidoceras* » *valdani* d'Orb., « *Deroceras* » *capricornu* Schloth. : ce niveau, pour lui, « se situerait dans la zone à Jamesoni et, très légèrement plus haut, dans la zone à Davœi. ». Mais, une fois de plus, ces citations demandent confirmation. Je n'ai retrouvé aucun fossile de la zone à Davoei : la zone à Jamesoni est à peine indiquée paléontologiquement : seule la sous-zone à *Beaniceras luridum* est très bien représentée.

Le Lias inférieur

Le Lias inférieur affleure largement souvent en falaise, parfois sur l'estran, depuis l'anse Saint-Nicolas jusqu'à Saint-Jean-d'Orbestiers. Vasseur (1890) l'a fort bien cartographié sur la 1re édition de la feuille des Sables au 1/80.000. Il a été étudié ensuite par J. Peneau (1923), G. Mathieu (1935, 1948) et M. Ters (1951, 1961), P. Butel (1951, 1953, 1955), enfin, lui a consacré une bonne partie de ses comptes rendus au Service de la Carte Géologique.

Entre la pointe SE de l'Anse de Bourgenai et la pointe du Payré, la coupe du Lias inférieur transgressif sur les micaschistes est la suivante :

B, 6 à 7 m. Calcaires dolomitiques jaunes ou roux et dolomies rousses avec structure oolithique et nombreuses passées lumachelliques. Leur surface est ravinée par les premiers dépôts du Lias moyen. Dans la partie supérieure il y a une mince intercalation d'argile verte. Les Lamellibranches et les Gastropodes constituent l'élément dominant d'une faune très voisine, selon M. Ters (1951), de celle qui a été décrite plus à l'E par Chartron et Cossmann (1902-1903). A la surface de certains bancs il y a des *ripple marks*.

A, 4 à 5 m. Dolomies argileuses grises à blanchâtres, argiles dolomitiques verdâtres et argiles vertes avec quelques minces intercalations (10-15 cm) de sables feldspathiques ou de grès arkosiques à peine consolidés. Les argiles deviennent progressivement prédominantes vers la base où elles prennent parfois une teinte lie-de-vin. Mais elles ne sont pas toujours directement superposées aux micaschistes : au contact du socle ancien et sous les argiles vertes on peut en effet observer à la pointe du Payré comme en plusieurs autres points du littoral, un banc de calcaire dolomitique jaune-clair souvent masqué par des éboulements argileux : de la partie inférieure de ce banc partent de minces ramifications de la même roche qui s'insinuent entre les feuillets de micaschistes sur une profondeur pouvant atteindre plusieurs mètres.

La sédimentation du Lias inférieur de cette région a donc été constamment marquée par deux tendances antagonistes : les dépôts carbonatés appa-

raissent dès l'extrême base mais ce sont d'abord les argiles qui l'emportent : il y a ensuite une courte période d'équilibre ; puis, les carbonates deviennent très largement prédominants, on ne trouve en effet dans l'assise supérieure B qu'une seule récurrence argileuse à 50 cm du sommet. Il n'y a donc pas d'opposition absolument tranchée entre la formation de base à dominante argileuse et l'assise calcareo-magnésienne qui la surmonte.

En comparant ce Lias inférieur à celui d'autres gisements de la bordure méridionale du Massif vendéen, celui de l'Hermenault par exemple, on se rend compte que la série du littoral n'est probablement pas complète. On retrouve en effet à l'Hermenault les équivalents des assises B et A mais au-dessous, il y a, en plus, une couche relativement épaisse de graviers et de sables grossiers feldspathiques, à stratification entrecroisée, parfois consolidés en arkoses. Lorsque la série du Lias inférieur est complète on peut donc y distinguer trois phases successives de sédimentation : une phase arénacée dépourvue d'intercalations dolomitiques qui paraît manquer sur le littoral, une phase argileuse (argiles vertes dominantes) et une phase carbonatée. Tout à fait au sommet de l'assise carbonatée il y a enfin en certains points de la bordure du Massif vendéen une mince assise de calcaire sublithographique bleuté ou gris-de-fumée (appelé localement *caillebotine*) qui fait également défaut sur la côte. Les trois termes de cette succession se retrouvent constamment dans le même ordre sur toute la bordure N du bassin d'Aquitaine. Verticalement, il y a le plus souvent passage progressif d'un terme à l'autre.

A. Carpentier (1947) a recueilli à l'Hermenault, dans les sables et arkoses de base, une flore probablement hettangienne mais ayant encore quelques affinités rhétiennes. Le calcaire sublithographique du sommet a livré, aux environs de Niort (Deux-Sèvres), de très rares ammonites rapportées jusqu'ici à des espèces du Sinémurien inférieur. J'en ai retrouvé un échantillon au Musée d'Histoire Naturelle de Niort où il était enregistré sous le nom d'*Ammonites conybeari* Sow. : il s'agit en réalité d'un *Leptechioceras* * de la zone à *Echioceras raricostatum* ce qui démontre l'existence du Lotharingien (= Sinémurien supérieur) dans le N W du bassin d'Aquitaine. Le Lias inférieur de cette région est donc plus complet qu'on ne le supposait mais on n'y a recueilli des fossiles caractéristiques qu'à l'extrême base et tout à fait au sommet. Les calcaires dolomitiques et les dolomies oolithiques à Gastropodes et Lamellibranches ont toujours été rapportés à l'Hettangien (Chartron et Cossmann, 1902 ; Welsch, 1903) je conserve ici cette interprétation mais il serait peut-être préférable de parler maintenant à leur sujet de Sinémuro-hettangien.

La coupe décrite plus haut correspond, sur le littoral, au maximum d'épaisseur du Lias inférieur qui est donc de l'ordre de 11 m ainsi que l'avait déjà établi M. Ters (1951, 1961). Par contre, dans l'Anse Saint-Nicolas près du chemin conduisant à la ferme du même nom, la série s'amincit considérablement : sa puissance n'atteint pas 5 m : elle est presque entièrement dolomitique avec seulement deux minces intercalations d'argile verte ou noire : elle repose enfin sur les micaschistes par l'intermédiaire d'un mince conglomérat de base à gros galets de quartz cimentés par du calcaire dolomitique (fig. 4).

---

* G. Dubar, R. Mouterde et S. Fraguatte, à qui j'ai montré ce spécimen sont tous d'accord sur sa détermination : je les prie de croire à toute ma gratitude.

Stratigraphie du Lias inférieur et moyen dans les zones silicifiées

On sait depuis longtemps qu'il y a, sur le littoral vendéen, de nombreux endroits où le Lias est intensément silicifié. La délimitation des étages y est alors assez délicate. Vasseur (1890) a tout d'abord et fort justement figuré en Lias inférieur la plupart de ces affleurements sur la feuille des Sables au 1/80.000. Mais dans la légende, il attribue au Lias moyen « la roche siliceuse noire » de la Mine des Sards. Cette ambiguïté n'a jamais été clairement levée. J. Peneau (1923) considère l'ensemble des assises silicifiées comme appartenant au Lias moyen. Cette conception le conduit à admettre qu'en falaise, depuis l'Anse Saint-Nicolas jusqu'à la Pointe du Payré, le Lias moyen repose directement sur les micaschistes et donc qu'il y a lacune de l'Hettangien. P. Butel (1951, p. 104) reprend l'interprétation de J. Peneau et la justifie paléontologiquement en citant quatre espèces caractéristiques du Lias moyen. Je n'ai pas encore pu retrouver la moindre trace de cette faune. D'ailleurs, deux ans plus tard, (P. Butel 1953), le même auteur change d'avis et donne une esquisse tectonique de la région où il figure la même falaise presqu'entièrement en Hettangien avec, il est vrai, un peu de Domérien. Les longs exposés consacrés à la question par P. Butel (1951, 1953, 1955) aboutissent presque toujours à la même conclusion : il distingue pratiquement sur chaque affleurement de Lias silicifié une partie supérieure « charmouthienne » et une partie inférieure hettangienne. Pour équitable qu'elle soit cette interprétation ne correspond pas forcément à la réalité. Madame M. Ters (1951, 1961) a eu le mérite de démontrer paléontologiquement l'âge hettangien de certains affleurements silicifiés mais elle a aussi admis, pratiquement sans réserve, les conclusions de P. Butel.

En fait il est pourtant possible de reconnaître à peu près partout les limites d'étage. La silicification est en effet un phénomène surimposé qui n'a pratiquement pas modifié les structures pétrographiques originelles. C'est ainsi que la partie supérieure de l'Hettangien silicifié se présente sous la forme d'un jaspéroïde noir à structure oolithique. Au-dessus, vient un deuxième type de jaspéroïde qui contient des fantômes d'oolithes ferrugineuses et qui correspond au Carixien ainsi qu'à la partie basale du Domérien. Entre ces deux types de roches silicifiées on retrouve par endroit le très mince conglomérat de base du Lias moyen. Il est donc facile de repérer, par la méthode lithostratigraphique, la limite entre le Lias inférieur et le Lias moyen. Après quoi, il est presque toujours possible de trouver des fossiles caractéristiques et d'obtenir ainsi une confirmation biostratigraphique incontestable. Le Carixien et le Domérien inférieur silicifiés restent en effet extrêmement fossilifères. Les lumachelles du Lias inférieur bien que plus difficiles à retrouver restent le plus souvent reconnaissables dans les zones silicifiées. Le Domérien moyen et supérieur est représenté par des jaspilites souvent plus claires et moins compactes que les précédentes dans lesquelles les moules externes et internes de *Pseudopecten aequivalvis* sont les traces organiques les plus fréquentes. J'ai pu de cette façon établir les coupes détaillées de nombreux affleurements silicifiés situés entre Saint-Jean-d'Orbestiers et l'Anse Saint-Nicolas. Le secteur le plus intéressant est celui de l'Anse de la Mine où le Lias inférieur, le Carixien et le Domérien, complets, affleurent successivement du SW au NE sur le flanc N d'un anticlinal signalé par P. Butel (1951) et M. Ters (1961). Les épaisseurs sont, à peu de choses près, les mêmes que sur les rives de l'estuaire du Payré. Vers la limite entre le Lias inférieur et le Lias moyen, on trouve, au fond de l'Anse de la Mine, des intercalations

arkosiques dont les éléments détritiques proviennent sans doute des migmatites situées à proximité.

Les résultats d'ensemble de cette révision du Lias silicifié sur le littoral vendéen sont les suivants :

1) *C'est le Lias inférieur qui, en tous points, est transgressif sur le socle cristallophyllien.*

2) L'épaisseur du Domérien reste pratiquement constante (2,75 m) : on ne le trouve silicifié et en place que sur des affleurements peu nombreux et de dimensions restreintes, *presque tous situés en falaise* : le plus septentrional se trouve dans l'Anse de Saint-Jean-d'Orbestiers. Il y a aussi du *Domérien silicifié* :

— à proximité immédiate de l'ancienne galerie de la mine des Sards.

— dans l'Anse de Bourgenai où l'étage apparaît en haut de la falaise à peu près en face d'un rocher hettangien isolé appelé « *le Pissot* » : on peut le suivre ensuite, vers le S, toujours en falaise et superposé au Lias inférieur silicifié, sur une distance d'environ 70 mètres.

— dans l'Anse Saint-Nicolas, en différents points de l'estran.

3) Le Carixien silicifié dont l'épaisseur reste inférieure à 1 m accompagne le Domérien dans les gisements indiqués ci-dessus : il forme parfois de minces placages discontinus recouvrant le Lias inférieur silicifié (sur l'estran de l'Anse Saint-Nicolas notamment).

4) Depuis Saint-Jean-d'Orbestiers jusqu'à la pointe S de l'Anse de Bourgenai et depuis la Pointe du Payré jusqu'à la mine de Saint-Nicolas, la quasi totalité des affleurements silicifiés en place, aussi bien en falaise que sur l'estran, appartient au Lias inférieur. En plus des quelques points déjà cités on trouve cependant, en haut des falaises et au contact des cailloutis de solifluction, de rares traces de Lias moyen silicifié avec fantômes d'oolithes ferrugineuses mais pas de véritables affleurements indiscutablement en place.

Lias inférieur et moyen des environs d'Avrillé

Vasseur (1890) puis J. Peneau (1923), G. Mathieu (1948), M. Ters (1961) et P. Butel (1953) ont signalé à l'E du secteur étudié de nombreux lambeaux de Lias silicifié et les ont généralement attribués au Lias moyen. Près de la Brissonnière, au SSW d'Avrillé, le Lias débute au contact du granite par une argile verte silicifiée (P. Butel 1953) surmontée par environ 3 mètres d'un jaspéroïde noir extrêmement dur, à grain très fin mais renfermant de minces intercalations arkosiques et quelques cristaux de barytine. Seule la partie tout à fait supérieure contient, sur environ 50 cm, des fantômes d'oolithes ferrugineuses ; cet horizon repère étant caractéristique du Carixien et de la base du Domérien, la plus grande partie de la coupe est, ici encore, du Lias inférieur.

On a souvent cité aussi le Lias silicifié du Mesnil (« Mesnée » de la carte d'Etat-Major), au SE d'Avrillé, attribué par P. Butel au Carixien. Au-dessus du granite viennent d'abord, sur environ 1 m d'épaisseur, des arkoses à ciment siliceux, grossières, conglomératiques et apparemment dépourvues de fossiles. Elles sont surmontées par un mince horizon également arkosique mais relativement fossilifère qui correspond peut-être au Carixien : c'est là qu'apparaissent, entre autres, les Bélemnites. Enfin la partie supé-

rieure de la coupe, également silicifiée et arkosique m'a fourni le moule externe d'une grande ammonite. L'ensemble a moins de 4 m d'épaisseur : la barytine y est fréquente. En toute rigueur, la partie inférieure, non fossilifère, ne saurait être attribuée au Lias moyen plutôt qu'au Lias inférieur. Il n'est pas impossible, d'autre part, que le Domérien soit à peu près complètement représenté au sommet de la coupe.

L'un des gisements les plus septentrionaux de Lias silicifié se trouve au Champ-du-Rocher sur le granite d'Avrillé, à 2 km environ au N des Moutiers-les-Mauxfaits. M. Ters (1961) l'a minutieusement étudié et a établi la cote exacte du contact entre le Lias et le granite (72 m). En raison du mauvais état actuel de l'affleurement, il est impossible de voir si ce lambeau silicifié appartient au Lias moyen sur toute son épaisseur. J'y ai observé en place, vers le sommet, une section d'ammonite.

A l'E du Massif d'Avrillé, entre le Givre et la Route Nationale 149, la coupe d'une tranchée d'adduction d'eau m'a montré l'oolithe ferrugineuse normale très fossilifère (*Beaniceras*, *Amaltheus*), aussi mince que sur le littoral et reposant directement sur les schistes anciens. En cet endroit, l'épaisseur totale du Lias moyen ne dépasse pas 3 m et l'Hettangien manque.

Près du Givre comme sur le littoral et en tous les points où j'ai pu les observer, les oolithes ferrugineuses sont stratigraphiquement localisées dans le Carixien et à la base du Domérien : ce faciès n'est pas connu vers l'E au-delà de Saint-Cyr-en-Talmondais. Entre cette localité et la côte atlantique, le Lias moyen est également caractérisé par une épaisseur relativement faible n'atteignant jamais plus de 4 m. Les lambeaux résiduels, silicifiés et souvent arkosiques plaqués sur le granite d'Avrillé ne se distinguent pas des dépôts normaux par une faune spéciale mais seulement par une très grande abondance des éléments détritiques (quartz et feldspaths).

Enfin, à proximité immédiate du granite et sur le massif d'Avrillé lui-même, il y a des points, probablement moins nombreux qu'on ne l'estimait jusqu'ici, où le Lias moyen repose directement sur le socle.

Résumé stratigraphique. Comparaisons avec les régions voisines. (*Fig. 1 bis*)

La série étudiée ici présente de nombreux points communs avec toute la bordure jurassique du N de l'Aquitaine mais aussi quelques caractères particuliers.

L'extension du Lias inférieur avait également été sous-estimée en Charente (région d'Ambernac) et dans les Deux-Sèvres (région de Mazières-en-Gâtine) car on a longtemps attribué au seul Lias moyen tous les affleurements silicifiés. Le sommet érodé du Lias inférieur correspond à la fin d'un premier cycle sédimentaire.

Durant le Lias moyen, au cours d'une nouvelle et importante transgression, tous les reliefs résiduels sont définitivement ennoyés sous des sédiments souvent très riches en matériaux détritiques provenant de l'érosion des granites et des gneiss. Aux environs du Massif granitique d'Avrillé, le Carixien et la base du Domérien se présentent sous un faciès à oolithes ferrugineuses pratiquement inconnu dans les régions voisines.

LITHOLOGIE	SURFACES USÉES ET CONGLOMÉRAT	SUCCESSION RECONNUE ICI HORIZONS ET FACIES	ZONES UTILISÉES DANS LE N.W. DE L'EUROPE	ÉTAGES
Calcaires marneux avec oolithes ferrugineuses				*CALLOVIEN*
Calcaires graveleux à ponctuations ferrugineuses		J. Oppelia aspidoides I. Choffatia homoeomorpha	Clydoniceras discus Clydoniceras hollandi Oppelia aspidoides	*BATHONIEN* [illegible] (1.60 m.)
		H. Wagnericeras G. Bullatimorphites gonir F. Gracilisphinctes T. Cadomites urbigny	Tulites subcontractus Gracilisphinctes progracilis	*BATHONIEN moyen* (3.50 m.)
Calcaire marneux et marnes (banc pourri)	?	D. O. Yeovilensis et P. postpollubrum C. Procerites schloenbachi B. Zigzagiceras, Morphoceras A. Gonolkites	Oppelia yeovilensis Zigzagiceras zigzag	*BATHONIEN inférieur* (16 m.)
Calcaires graveleux à ponctuations ferrugineuses		G. Parkinsonia bomfordi I. Parkinsonia parkinsoni E. Strigoceras truellei	Parkinsonia parkinsoni	*BAJOCIEN* (22 m.)
Calcaires gris à grain fin avec Cancellophycus		D. Garantia garantiana	Garantia garantiana	
Spongiaires et intercalations marneuses		C. ?	Strenoceras bajocense Teloceras blagdeni Stephanoceras humphriesi	
		B. Sonninia felix A. Witchellia	Otoites sauzei Sonninia sowerbyi	
Calcaire marneux		Leioceras opalinum	Graphoceras concavum Ludwigia murchisonae Leioceras opalinum	*AALENIEN* (au sens de Haug) (2.80 m.)
		Pleydellia buckmanni Pleydellia aalensis	Pleydellia aalensis	
		Dumortieria moorei Dumortieria explanata Hammatoceras et Dumortieria	Dumortieria levesquei et D. striatulocostata	
Marnes et Calcaires marneux		K. Pseudogrammoceras struckmanni J. Pseudogrammoceras sp.	Grammoceras thouarsense	*TOARCIEN* (15 m.)
		I. Brodieia aff. gradata H. Haugia variabilis	Haugia variabilis	
		G. Hildoceras bifrons F. Hildoceras nov. sp. aff. sublevisoni E. Hildoceras sublevisoni	Hildoceras bifrons ?	
		D. Orthildaites C. Harpoceratoides strangwaysi	Harpoceras falciferum	
Marnes et argiles à débris de poissons		B.	?	
Marnes et Calcaires marneux		A. Dactylioceras semicelatum Pallarpites sp.	Dactylioceras tenuicostatum	
Calcaire marneux avec intercalations de marnes		Pleuroceras spinatum	Pleuroceras spinatum	*DOMERIEN* (2.75 m.)
		Amaltheus margaritatus Amaltheus stokesi	Amaltheus margaritatus	
Calcaire marneux et marne avec oolithes ferrugineuses		[illegible]	Prodactylioceras davoei	*CARIXIEN* (0.50 m.)
		Beaniceras luridum	Tragophylloceras ibex	
		[illegible]	Uptonia jamesoni	
				LIAS inférieur

PLIENSBACHIEN

Au Lias supérieur la sédimentation s'uniformise peu à peu dans tout le N du bassin d'Aquitaine et le faciès marno-calcaire se généralise dans la zone à *Grammoceras thouarsense* mais, sur la côte atlantique, le Domérien lui-même est déjà relativement marneux et, dès la base du Toarcien, les marnes deviennent largement prédominantes. Contrairement à ce qui se passe dans presque tout le seuil du Poitou, il n'y a dans le Toarcien inférieur et moyen de l'Anse Saint-Nicolas aucun indice de condensation ou de ralentissement de la sédimentation. C'est probablement là que les zones à *Harpoceras falciferum* et à *Hildoceras bifrons*, complètement dépourvues d'oolithe ferrugineuse et de nodule phosphaté, présentent leur plus grand développement. Grâce à cette circonstance favorable j'ai pu y recueillir la belle série d'Hildoceratinae sommairement décrite plus haut. Les premières traces de pertubation dans la sédimentation toarcienne (nodules phosphatés, fossiles remaniés) n'apparaissent qu'au sommet de la zone à *Grammoceras thouarsense*.

Puis, dans les zones à *Dumortieria* et à *Pleydellia*, les calcaires marneux prennent une importance à peu près équivalente à celle des marnes : la zone à *Leioceras opalinum* enfin est presque uniquement constituée par du calcaire marneux.

On observe ensuite, au sommet de l'Aalénien et dans le Bajocien, plusieurs minces assises conglomératiques ainsi que des lacunes stratigraphiques tout à fait comparables à celles qui ont été décrites en Poitou (Gabilly 1962) et interprétées comme des indices de mouvements épirogéniques. La zone à *Graphoceras concavum* manque sur presque toute la bordure aquitaine du Massif vendéen : les zones à *Brasilia bradfordensis* et à *Ludwigia murchisonæ* y sont réduites à quelques décimètres ou, plus rarement, absentes : le Bajocien débute le plus souvent par un banc contenant des oolithes ferrugineuses ou des galets calcaires remaniés et taraudés : en résumé on trouve, dans toute la région comme sur le littoral, des traces fréquentes de mouvements épirogéniques depuis l'Aalénien supérieur jusqu'à la base du Bajocien supérieur. Les calcaires du Bajocien inférieur ainsi que ceux de la zone à *Garantia garantiana* ont, dans tout ce secteur, un grain relativement fin : ils admettent quelques intercalations marneuses et renferment souvent des Spongiaires. Dans le Seuil du Poitou (Saint-Maixent, La Mothe-Sainte-Héraye, Thorigné, Saint-Claud), la *glauconie* est très fréquente à ce niveau, particulièrement dans les horizons les plus fossilifères : sur la côte atlantique elle paraît plus rare.

L'importante assise des calcaires graveleux à ponctuations ferrugineuses qui débute à la base de la zone à *Parkinsonia parkinsoni*, présente une extension considérable dans presque tout le Seuil du Poitou. Sur le versant aquitain en bordure du Massif vendéen, la limite entre le Bajocien et le Bathonien peut-être tracée avec assez de précision grâce à l'existence d'un banc calcaréo-marneux à nodules phosphatés dans le Bathonien inférieur. Il faut cependant noter que les *Gonolkites* et les *Procerites* caractérisent à Jard un horizon situé sous ce *banc pourri*. Le niveau inférieur à *Gonolkites* dont on pourrait peut-être faire une sous-zone est également individualisé à Champagne-Mouton (Charente).

Au-dessus du banc pourri qu'on peut interpréter comme l'indice d'une *transgression bathonienne*, les calcaires graveleux avec ponctuations ferrugineuses se retrouvent dans la quasi-totalité de l'étage bathonien. La sédimen-

tation paraît d'abord relativement calme et abondante (horizon D) puis, dès la base du Bathonien moyen, les indices de mouvements épirogéniques réapparaissent : ils deviennent ensuite de plus en plus fréquents : l'étage enfin se termine par une très importante surface d'érosion accompagnée d'une lacune des zones à *Clydoniceras discus* et *Clydoniceras hollandi*. **Lorsque l'état des affleurements le permet, on retrouve la même surface usée sur toute la bordure méridionale de la Vendée y compris sur le versant parisien du Seuil du Poitou, et la transgression callovienne s'y développe partout au-dessus d'un Bathonien supérieur incomplet.**

La succession des faunes d'ammonites bathoniennes établies à Jard peut également être reconnue depuis le littoral atlantique jusqu'aux environs de Thénezay et de Thouars (Deux-Sèvres) : elle n'est pas toujours facile à raccorder dans le détail avec les zones définies par Arkell (1951). L'étude du Bathonien de cette région montre en tout cas la grande valeur chronostratigraphique de nombreuses espèces d'ammonites dont la répartition exacte n'avait pas encore été précisée jusqu'ici. Les *Bullatimorphites* en particulier se répartissent constamment, de haut en bas, de la façon suivante : 1) *bullatum* (callovien). 2) *hannoveranus*. 3) *platystoma* Lissajous non Reinecke. 4) *ymir*. 5) *sofanum* Boehm. *Cadomites orbignyi* de Gross, est également un excellent fossile stratigraphique de même que *Cadomites daubenyi auct.* non Gemm.. A mon avis, au moins deux de ces formes pourraient être utilisées avec profit comme indices de zone ou de sous-zone, ce sont : *Bullatimorphites ymir* et *Cadomites orbignyi*.

Je ne peux donner ici qu'un aperçu de la stratigraphie du Jurassique inférieur et moyen c'est pourquoi les subdivisions établies sont considérées provisoirement comme des *horizons*. La question sera traitée de manière plus complète tant paléontologiquement que stratigraphiquement dans un travail actuellement en préparation.

TECTONIQUE

Sur le littoral atlantique, les terrains jurassiques ont subi de très nombreuses déformations tectoniques dont beaucoup ont été décrites à maintes reprises (J. Péneau, 1923 ; G. Mathieu, 1935 ; P. Butel, 1951, 1953 ; M. Ters, 1961). Dans la plupart des cas cependant, l'amplitude de ces accidents et, plus particulièrement, le rejet des failles reste à préciser. Dans les calcaires bajociens et bathoniens, d'autre part, beaucoup de cassures, considérées comme des diaclases, sont en réalité des failles. Il y a enfin d'importantes modifications à apporter au schéma de l'Anse Saint-Nicolas donné par P. Butel (1953, fig. 3, p. 72).

Structure de l'Anse Saint-Nicolas. (*fig.* 2 a, 2 b)

Cette concavité du rivage offre un grand intérêt géologique : outre une bonne partie de Bajocien, on y trouve en effet trois étages complets : l'Aalénien, le Toarcien et le Pliensbachien. Il y a, d'autre part, une magnifique discordance angulaire dans la partie W où le Lias inférieur silicifié est directement transgressif sur les micaschistes. De plus, le Lias inférieur et le Lias moyen, silicifiés et minéralisés, y affleurent très largement. Enfin les assises jurassiques sont recoupées, dans cette Anse, par de très nombreuses failles (plus de 30 au total) dont les plus importantes seront seules évoquées ici.

D'W en E, l'Anse Saint-Nicolas se subdivise en trois parties (fig. 2a) :

1) Une première concavité du fond de laquelle part un chemin qui rejoint la ferme de Saint-Nicolas.

2) Un cap médian très peu marqué situé immédiatement à l'W de l'ancienne mine.

3) Une deuxième concavité appelée localement « Plage de la mine » ou encore « Anse du Goutant ».

Dans la concavité occidentale, les micaschistes affleurent largement sur l'estran et disparaissent vers le S sous une couverture discordante de Lias inférieur silicifié. On peut observer en plusieurs points de l'estran le contact stratigraphique normal des jaspéroïdes sur les micaschistes. La faille de direction N E - SW, tracée par J. Peneau (1923 b) puis par P. Butel (1953), entre les micaschistes et le Lias silicifié n'existe donc probablement pas. Au niveau des basses-mers, il y a par contre une faille de direction N W - S E, à regard N E, qui met en contact anormal la base d'une arête de Lias silicifié et les micaschistes : son rejet est très faible et probablement de l'ordre du mètre.

En falaise on voit également le Lias inférieur tabulaire, silicifié et dis-

cordant sur les micaschistes s'abaisser progressivement, puis passer latéralement, au S E du chemin de la ferme, à des dolomies rousses : celles-ci sont recouvertes par une mince pellicule de Lias moyen.

En face du petit cap médian signalé plus haut, les micaschistes ont complètement disparu : on ne trouve plus, sur l'estran, que du Lias silicifié et très tectonisé comportant une arête médiane de Lias inférieur de part et d'autre de laquelle le Lias moyen est prédominant. Plusieurs petites failles N W - S E à regard N E sont échelonnées depuis la limite des basses mers jusqu'à proximité de la falaise. Leurs rejets sont faibles (1 à 3 m) mais suffisent pour ramener plusieurs fois le Lias inférieur à l'affleurement. A proximité immédiate du littoral, il y a une petite boutonnière anticlinale (A 1, fig. 2b) de Lias inférieur orientée, elle aussi, N W - S E : c'est là que se trouvent les plus beaux indices de minéralisation en *blende* et en *galène* : presque partout ailleurs, c'est la *pyrite* (sommet du Lias inférieur et base du Carixien) ou la *barytine* (sur presque toute l'épaisseur du Lias inférieur) qui prédominent. Le Domérien normal affleure en haut de l'estran : il est plus ou moins masqué par les galets du cordon littoral. Le Toarcien inférieur (zone à *D. tenuicostatum*) n'affleure qu'en falaise.

A moins de 100 m à l'W de l'ancienne mine apparaît une autre ondulation anticlinale (A2, fig. 2 b), très étroite, orientée N E - S W, qui ramène le Lias moyen en falaise et les micaschistes sur l'estran à la base du cordon littoral : ceux-ci, très altérés, n'affleurent que sur quelques mètres carrés : ils sont souvent masqués par des galets. Une cassure extrêmement nette non représentée sur la figure 2 et qui coïncide presque avec l'axe de ce pli a été interprétée par P. Butel (1953) comme une faille : elle est jalonnée par des zones broyées et pourvue de nombreuses diaclases satellites mais son rejet vertical est très faible et elle semble plutôt correspondre à un décrochement.

Au S E de cet accident assez complexe, le sommet du Lias inférieur silicifié affleure encore, dans l'Anse du Goutant, en haut de l'estran mais il s'ennoie rapidement, en raison d'un pendage S S E à S S W, sous le Lias moyen. Les parties moyenne et supérieure du Domérien ne sont silicifiées que localement, dans des zones surélevées (écueils) en forme de croissants. A quelques mètres de l'ancienne galerie de mine actuellement murée il y a une faille N W - S E (F3 fig. 2 b), à regard N E, dont le rejet est de l'ordre de 2 m ; elle limite au N le Lias inférieur silicifié, très fracturé et minéralisé en barytine ; le compartiment aval de cette faille est constitué, à la base de la falaise, par du Domérien normal que surmontent les premiers bancs du Toarcien. Sur la dune, à quelques mètres de la falaise et presque à l'aplomb de l'ancienne mine, on trouve encore des déblais de l'ancienne exploitation. On peut y recueillir d'assez gros blocs richement minéralisés en pyrite ; la barytine est beaucoup moins fréquente et la fluorine encore plus rare. Ces minéraux sont inclus dans une gangue siliceuse noire très dure appartenant le plus souvent au Lias inférieur oolithique et lumachellique. Quelques rares échantillons contiennent des moules externes de Belemmites et appartiennent au Lias moyen. Enfin les travaux miniers ont certainement atteint les micaschistes qui sont très abondants dans les déblais.

A S de la mine, le pendage s'accentue mais son influence est contrebalancée par de nombreuses failles sud-armoricaines à regard N E dont la plus importante (F 4, fig. 2 b) a plus de 5 m de rejet au bord de la plage.

Sur l'estran, le Domérien tabulaire s'ennoie rapidement sous le Toarcien marneux qui affleure sur près de 200 m. L'Aalénien qui apparaît ensuite est loin d'avoir le développement que lui a prêté P. Butel et il est pratiquement impossible de le figurer sur une carte géologique au 1/80.000. Le Bajocien est, lui aussi, très fracturé et renferme souvent de la barytine qui épigénise parfois des ammonites. Dans un premier compartiment, le Bajocien supérieur affleure au bord de la plage mais une zone faillée assez compliquée (Fig. 2 b, F 8) fait ensuite réapparaître le Bajocien inférieur. Enfin une dernière faille (F 9) découverte par J. Peneau (1923) ramène définitivement le Bajocien supérieur sur l'estran : elle est bien visible en falaise à la pointe S de l'Anse Saint-Nicolas : le Bathonien inférieur n'apparaît qu'à environ 100 m au S E.

A proximité de l'ancienne mine, *la falaise* est d'abord constituée par le Domérien supérieur et par les premiers bancs toarciens. Puis, sur environ 250 m en direction du S, le Jurassique est presque entièrement masqué par les sables dunaires : cependant, à proximité de la faille F 4, le Bajocien inférieur recouvert par une mince pellicule de Bajocien supérieur apparaît une première fois. Enfin les 150 derniers mètres de l'Anse Saint-Nicolas sont bordés par une falaise exclusivement bajocienne recoupée par plusieurs failles dont les rejets sont toujours inférieurs à 5 m.

Dans l'Anse Saint-Nicolas, le pendage général du jurassique S S E à S S W est nettement plus accusé qu'ailleurs, sa valeur angulaire atteint jusqu'à 14 degrés. Le Lias inférieur et le Lias moyen qui affleurent sporadiquement depuis Saint-Jean-d'Orbestiers (soit sur plus de 8 km) s'y ennoient brusquement et définitivement. L'ensemble de la structure de Saint-Nicolas semble donc pouvoir être interprétée comme un pli monoclinal complexe et fracturé, dont l'orientation générale paraît être N E - S W : cette ondulation relativement douce expliquerait cependant la disparition rapide du Bajocien et l'étalement sur environ 6 km, vers le S E, du Bathonien pourtant un peu moins épais que l'étage précédent. Un dispositif tectonique analogue pourrait aussi expliquer, en partie, l'escamotage du Bajocien et la largeur considérable de la bande bathonienne entre Luçon et Thiré. Au S E de l'Anse Saint-Nicolas, jusqu'à Saint-Vincent-sur-Jard, le pendage général S S W à S W redevient normal et sa valeur angulaire ne dépasse 5 degrés qu'à proximité des failles.

La direction des failles est presque toujours *sud-armoricaine* c'est-à-dire N W - S E : leur orientation générale, sur le littoral, surtout si on ne les voit qu'en falaise, est souvent difficile à évaluer à moins de 10-15 degrés près ; on s'en aperçoit en les suivant sur l'estran où leur direction, dans le détail, varie souvent d'une dizaine de degrés. Les mesures effectuées montrent que la direction sud-armoricaine peut aller de N 60 W jusqu'à N 80 W.

Il y a aussi un second réseau de cassures et de plis, beaucoup moins important et grossièrement orthogonal par rapport au premier. Dans l'Anse Saint-Nicolas, les cassures de ce groupe n'ont généralement pas de rejet vertical : elles sont moins nombreuses que ne l'avaient pensé J. Peneau (1923) et P. Butel (1953) et elles ne sont bien marquées qu'à proximité du petit anticlinal A 2.

Quelques accidents enfin, très inclinés vers l'W (N 85 W) ou même, localement E-W, sont peut-être à rattacher au premier groupe : quelques autres se rapprochent de la direction N-S et peuvent être considérés comme appartenant au second réseau.

FIGURE 2b.

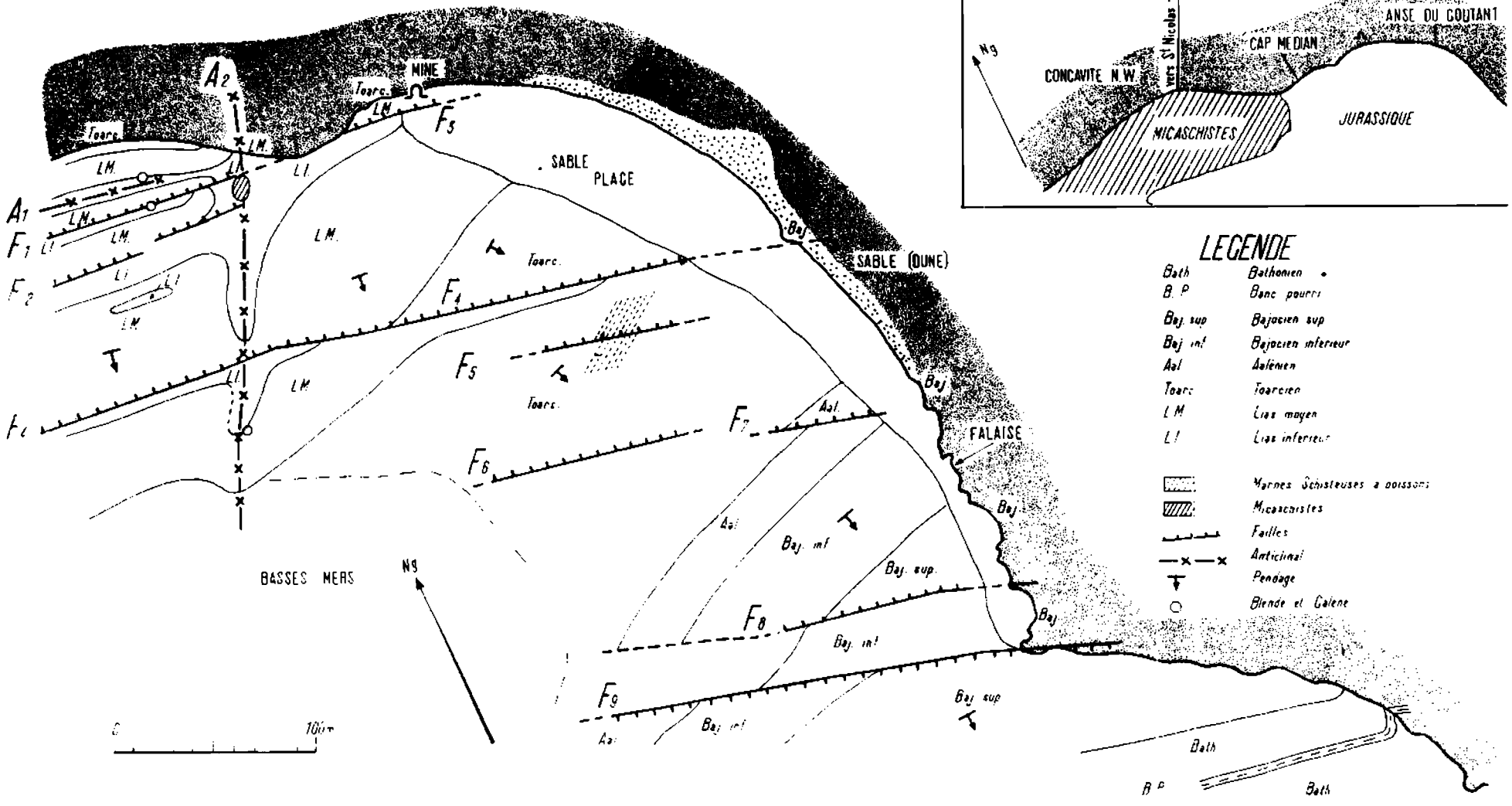

FIGURE 2a

LEGENDE

- Bath — Bathonien
- B. P — Banc pourri
- Baj. sup — Bajocien sup
- Baj. inf — Bajocien inférieur
- Aal — Aalénien
- Toarc — Toarcien
- L M — Lias moyen
- L I — Lias inférieur
- Marnes Schisteuses à poissons
- Micaschistes
- Failles
- Anticlinal
- Pendage
- Blende et Galène

Un autre caractère tectonique remarquable de l'Anse Saint-Nicolas c'est l'antagonisme existant entre un pendage général S S E à S S W et les failles à regard N E qui sont, de beaucoup, les plus nombreuses.

Structure générale de la côte entre Saint-Jean d'Orbestiers et Saint-Vincent-sur-Jard.

Une description systématique des accidents représentés sur la figure 1 serait ici hors de propos. Je me bornerai à situer rapidement deux failles qui ne me semblent pas avoir encore été signalées et j'essaierai ensuite de dégager les caractères tectoniques généraux du Jurassique le long du littoral.

Au S E de l'Anse de Saint-Jean-d'Orbestiers, le Lias inférieur d'abord absent ou pelliculaire réapparaît en haut de la falaise à quelques centaines de mètres de la baie de Caillola : il s'abaisse et s'épaissit peu à peu jusqu'à une faille N 80 W qui relève brusquement les migmatites de plus de 5 mètres du côté S E.

Près de la maison de Clémenceau, au S de Saint-Vincent-sur-Jard, la disparition définitive du Bathonien est due à une structure faillée N W - S E, à regard N E, constituée par une dizaine de failles élémentaires dont les rejets se cumulent : il y a donc, là aussi, un contact tectonique entre le Bathonien et le Callovien.

Les principaux caractères structuraux mis en évidence dans l'Anse Saint-Nicolas se retrouvent tout le long du littoral :

1. — *Il y a très souvent combinaison d'une tectonique cassante* (failles sud-armoricaines dominantes) *avec des ondulations anticlinales ou monoclinales* de faible amplitude. La direction de ces plis est très délicate à établir de façon précise, peut-être est-elle le plus souvent N E-S W : au S W de la maison de Clémenceau ainsi que dans l'Anse Saint-Nicolas et à la pointe Sud de l'Anse de la République, il y a en tous cas de petits anticlinaux ayant cette direction. P. Butel (1951) et M. Ters (1961) ont décrit un anticlinal plus important bien visible en falaise entre la Mine de Sards et Bourgenai mais ils n'en ont pas indiqué clairement la direction à vrai dire très difficile à évaluer. De même, la position élevée des micaschistes de la pointe du Payré est assez difficile à expliquer : P. Butel (1953, fig. 19, p. 96) y fait passer l'axe d'un anticlinal sud-armoricain tandis que M. Ters y voit le bord surélevé d'un « bloc basculé » d'W en E : la seconde interprétation est probablement la plus conforme à la réalité.

2. — De Saint-Jean-d'Orbestiers à Saint-Vincent-sur-Jard *de nombreuses failles à regard N E* (fig. 1) *compensent en partie les effets du pendage général S S W*. Cette constatation est à rapprocher d'une remarque plus générale faite par J. Welsch (1903) sur les horsts du Poitou où ce sont les failles à regard N E qui ont les rejets les plus importants.

3. — Il faut noter aussi que les directions des bancs sont souvent différentes de part et d'autre d'une faille : celle-ci *s'amortit alors plus ou moins rapidement* (fig. 3). La faille de Ragounite signalée par J. Peneau (1923 b) en est un bel exemple : le compartiment N E de cet accident est effondré d'une dizaine de mètres en falaise où le Callovien butte contre le Bathonien inférieur. Sur l'estran, la faille est tout d'abord très nette et jalonnée par une zone broyée mais son rejet diminue peu à peu vers le S E et elle s'amortit

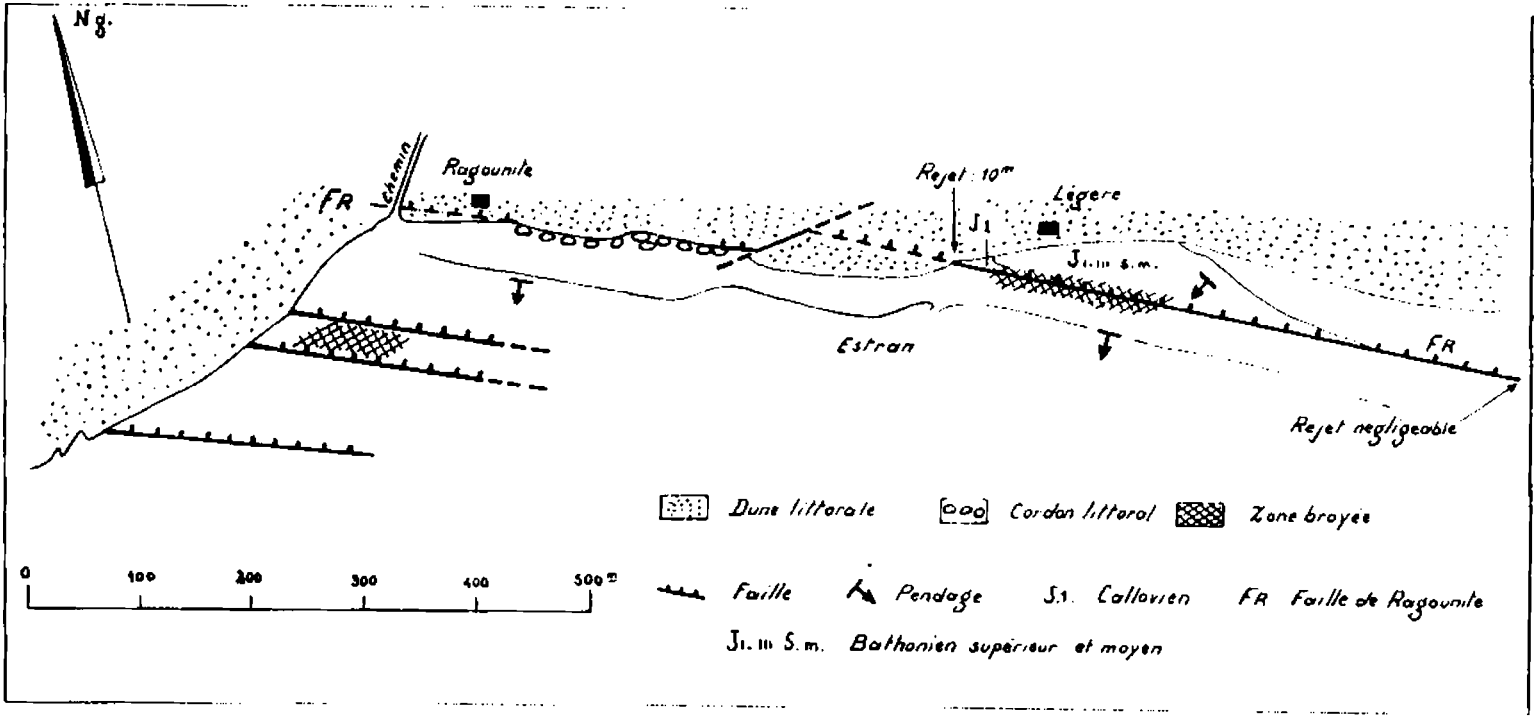

Fig. 3. — **Croquis tectonique des environs de Ragounite (Sauf dans le compartiment effondré de la faille Fr, c'est le Bathonien inférieur qui affleure en falaise comme sur l'estran).**

complètement au bout de quelques centaines de mètres. P. Butel (1953, p. 69, fig. 1) a donné de cette cassure et de ses environs une interprétation inexacte en attribuant au « Bathonien supérieur » et au « Bathonien terminal » des couches qui appartiennent en réalité au Bathonien inférieur.

4. — Si le nombre des accidents qui affectent les terrains jurassiques est très grand, leur *amplitude est toujours relativement faible.* Le rejet le plus important est celui de la faille N 25 W qui met en contact les migmatites et le sommet du Domérien au fond de l'Anse de la Mine : la dénivellation entre les deux compartiments y atteint au moins une vingtaine de mètres. Il est assez curieux de constater que la faille la plus importante est en relation avec le pli anticlinal le mieux marqué (anticlinal de la Mine-Bourgenai). Les dénivellations provoquées par la plupart des autres cassures représentées ici (fig. 1) varient de 3 à 12 m.

5. — La plupart des structures faillées ne sont pas simples mais constituées chacune par un *ensemble de failles élémentaires très rapprochées* dont les rejets s'ajoutent (fig. 3).

6. — Les directions générales des cassures ont été remarquablement définies par J. Peneau (1923a, 1923b). Son « premier réseau » (cassures N W - S E) est de beaucoup le plus important. Les cassures du « deuxième réseau » (N E - S W) sont moins fréquentes et la plupart d'entre elles n'ont pas joué verticalement : par contre, plusieurs petits plis anticlinaux ou monoclinaux ont cette direction.

D'autres directions se rencontrent plus rarement : N 25 W (Anse de la Mine) : E-W (Saint-Jean-d'Orbestiers, Bourgenai) : N 10 W (Pointe du Payré, Jard).

D'une façon générale ces orientations tectoniques sont les mêmes que celles du socle primaire ainsi que G. Mathieu (1935) l'a fait remarquer depuis longtemps.

MINÉRALISATION

D'après J. A. Cavoleau (1844) on a autrefois extrait de la mine des Sards un minerai riche en galène argentifère mais peu abondant. Plus récemment, le Lias silicifié de l'Anse Saint-Nicolas a aussi fait l'objet de travaux miniers sans doute moins importants mais on ne possède guère de renseignements précis à leur sujet. Les indices superficiels actuellement observables se trouvent le plus fréquemment en relation avec une intense silicification, dans le Lias inférieur et à l'extrême base du Lias moyen. Les calcaires bajociens et bathoniens sont plus rarement minéralisés.

Paragénèse et répartition stratigraphique des indices

La minéralisation est du type B P G avec *barytine* très abondante, *pyrite* assez fréquente, *blende*, *galène* et *fluorine* plus rares.

Le maximum de fréquence des indices sulfurés se situe dans les zones silicifiées, au sommet du Lias inférieur et dans la partie basale du Lias moyen. Le Lias inférieur silicifié contient très fréquemment des mouches et des filonnets de pyrite (Caillola, Mine des Sards, Bourgenai, Pointe du Payré, etc...), mais c'est sur l'estran de l'Anse Saint-Nicolas, dans une zone très fracturée que se trouvent les amas pyriteux les plus considérables. La blende, plus fréquente que la galène se présente à l'état de substitution fine dans les jaspéroïdes, en bordure ou à faible distance des remplissages de géodes et de fissures (Mine des Sards, Anse Saint-Nicolas). La galène est plus étroitement localisée dans les diaclases et son grain est plus grossier (Mine des Sards) ; dans l'Anse Saint-Nicolas (fig. 2 b), on trouve aussi de la galène à grain fin associée à la blende : les géodes et les fissures minéralisées y présentent alors la succession suivante, de l'extérieur vers le centre : 1) blende, 2) galène, 3) barytine et carbonate. En dehors du Lias, je n'ai trouvé que de très rares cristaux isolés de galène dans le Bathonien inférieur et à la base du Bathonien moyen près de Ragounite.

La barytine est plus largement répandue dans la série stratigraphique. On en trouve quelques filonnets dans les micaschistes (Pointe du Payré) ainsi que de nombreux filons et amas stratiformes dans le Lias inférieur silicifié (Anse Saint-Nicolas) ; elle est beaucoup plus rare dans les calcaires bajociens (Saint-Nicolas) ou bathoniens. Il faut cependant signaler au S E de Madoreau, en falaise et sur le haut de l'estran un remplissage filonien relativement important d'argile ferrugineuse, de barytine et de limonite dans une zone broyée qui atteint jusqu'à 2 mètres d'épaisseur et recoupe les calcaires bathoniens. Cet indice est en relation avec une faille N W - S E (fig. 1). Enfin la barytine épigénise fréquemment les fossiles du Lias inférieur, et plus rarement les ammonites du Bajocien.

La fluorine est rare : je n'en ai trouvé qu'au sommet du Lias inférieur silicifié et dans le Bajocien supérieur de l'Anse Saint-Nicolas.

Il y a donc, globalement, une certaine localisation stratigraphique des indices de minéralisation et ce n'est pas par hasard que les anciens travaux miniers ne recoupent que le Lias inférieur et le Lias moyen silicifiés. Mais, dans le détail, ce sont d'autres facteurs qui ont contrôlé la minéralisation.

Silicification du Lias inférieur et du Lias moyen

Alors que la minéralisation s'étend au Bajocien et au Bathonien, la silicification est localisée dans le Lias inférieur et dans le Lias moyen. Il n'y a qu'une seule exception dans l'Anse de Saint-Jean-d'Orbestiers où G. Mathieu (1953) a signalé un bel exemple de silicification du socle hercynien. La calcédoine est la forme la plus fréquente de la silice dans la masse des jaspéroïdes : mais, dans l'Anse de la Mine et dans la baie de Caillola on trouve fréquemment de belles géodes tapissées par de petits cristaux de quartz hyalin et pyramidé. La silicification du Lias inférieur est souvent totale surtout dans l'assise terminale primitivement oolithique et calcaréo-magnésienne. Le Carixien est assez souvent silicifié : le Domérien plus rarement. Par contre les étages supérieurs (Toarcien, Aalénien, Bajocien et Bathonien) ne sont jamais jaspérisés.

Minéralisation et Tectonique

Sur le littoral atlantique, comme dans les zones minéralisées du Seuil du Poitou, la silicification et la minéralisation sont étroitement liées à la fissuration des roches et à la tectonique. Cette relation est particulièrement nette dans l'Anse de Bourgenai où plusieurs fractures E-W, n'ayant pas de rejet vertical notable ont été en quelque sorte fossilisées par silicification et sont soulignées, sur l'estran, par d'étroites arêtes de jaspéroïdes. L'entrée de la galerie de l'ancienne mine des Sards a été tracée sur une petite faille N W - S E, à regard N E dont le rejet est inférieur à 1 m. Le Lias silicifié des petits fossés tectoniques de Saint-Jean-d'Orbestiers et de Caillola est aussi extrêmement fracturé. Mais c'est dans l'Anse Saint-Nicolas qu'on peut s'assurer le plus facilement des rapports entre la minéralisation et la tectonique. Sur l'estran, le Lias silicifié est absolument haché de cassures minéralisées, le plus souvent, en barytine ou en pyrite et dont certaines sont des failles : certains filons de barytine atteignent 10-15 centimètres d'épaisseur. La barytine, bien que visiblement en rapport avec la fracturation, est plus diffuse en haut de l'estran, à proximité de l'ancienne mine. La minéralisation plus restreinte des calcaires bajociens et bathoniens est également liée à la fissuration notamment dans la partie S E de l'Anse Saint-Nicolas et près de Madoreau.

Hydrogéologie et Minéralisation

Dans le N W du Bassin d'Aquitaine la série jurassique est constituée par des assises alternativement perméables et imperméables bien connues des hydrogéologues (Caillon 1961). De haut en bas et *très schématiquement* leur succession est la suivante :

6 — Oxfordien et Callovien marneux.

5 — Bathonien et Bajocien calcaires.

4 — Lias supérieur marneux.

3 — Calcaire gréseux du Lias moyen et dolomies oolithiques (sommet du Lias inférieur).

2 — Dolomies argileuses et argiles vertes (ce niveau est souvent très réduit et quelquefois absent).

1 — Conglomérats, arkoses ou sables feldspathiques d'épaisseur très variable (base du Lias inférieur).

Dans le seuil du Poitou, cette série renferme souvent une *minéralisation diffuse* très voisine de celle qui vient d'être décrite, mais moins riche en pyrite : elle est presque exclusivement *localisée au-dessous des marnes du Lias supérieur*. L'assise des calcaires gréseux du Lias moyen est la plus fréquemment minéralisée. Les dolomies du Lias inférieur le sont beaucoup plus rarement. Par contre, lorsque les deux assises inférieures sont suffisamment développées, les arkoses de la base du Lias peuvent, elles aussi, contenir une minéralisation relativement importante : J. Lougnon (1962) a signalé de la galène à ce niveau aux Chéronnies près d'Ambernac (Charente) et on connaît depuis longtemps (Cavoleau 1844) les arkoses à barytine de l'Hermenault (Vendée). Le Dogger n'a livré jusqu'à présent que de très rares indices : j'ai pu cependant recueillir, à Massigny (Vendée), quelques cristaux de galène tout à fait en haut du Bathonien, à la limite du Callovien. La minéralisation est donc exclusivement cantonnée dans les assises poreuses qu'on essaie presque systématiquement d'atteindre, à l'heure actuelle en pays jurassique, au cours des recherches d'eau par forage. Les arkoses et les sables ont une porosité d'interstices tandis que les calcaires ont surtout une porosité de joints. Mais, dans tous les cas, cette *porosité originelle* ne paraît avoir joué qu'un rôle accessoire dans les concentrations minérales. C'est surtout la *porosité* de diaclase *acquise* lors de l'orogénèse tertiaire qui a contrôlé, dans le détail, la minéralisation telle qu'elle se présente actuellement. Le phénomène est particulièrement net dans le cas des arkoses des Chéronnies et de l'Hermenault où la minéralisation qui semble parfois relativement diffuse à première vue est cependant concentrée, en réalité, à proximité des diaclases. Dans le détail, il y a donc eu un contrôle structural extrêmement net.

Les couches imperméables jouent un rôle hydrogéologique non moins considérable : elles assurent une étanchéité relative à chacun des « réservoirs » poreux énumérés ci-dessus. A l'échelle régionale les marnes du Lias supérieur constituent, au moins à courte distance de la bordure du bassin d'Aquitaine, l'*écran* imperméable le plus important. Le Domérien sous-jacent contient une nappe en charge dont les eaux, en forage, sont *ascendantes* et parfois *artésiennes* : elles se situent dans un contexte tectonique et hydrogéologique qui date vraisemblablement de la fin de l'orogénèse tertiaire et qui a même pu être ébauché auparavant. Or, à l'échelle régionale, lorsque les argiles vertes du Lias inférieur sont peu épaisses, l'essentiel de la minéralisation se trouve concentrée au même niveau (Domérien supérieur). Au cours de travaux de reconnaissance des gîtes minéralisés, un certain nombre de forages exécutés par le B. R. G. M. ont ainsi fourni de l'eau artésienne provenant de cette nappe infratoarcienne.

Dans l'Ouest du bassin de Paris où la série jurassique présente des caractères communs avec celle du Bassin d'Aquitaine, on a obtenu récemment la preuve qu'un niveau comparable à celui des argiles vertes du Lias infé-

rieur aquitain pouvait aussi constituer un écran imperméable important et maintenir en charge une nappe artésienne profonde localisée dans une épaisse série arénacée. Sur le versant aquitain du Seuil du Poitou, les forages de Venours et de Rouillé (Vienne) exploitent la même nappe « infraliasique ». La galène des Chéronnies (Charente) et la barytine de l'Hermenault (Vendée) ainsi que d'autres indices moins importants se trouvent dans la même série arénacée surmontée par le niveau des argiles vertes.

La minéralisation du Jurassique semble donc avoir été contrôlée dans une certaine mesure par un facteur « perméabilité » qui conditionne encore la répartition d'*eaux souterraines ascendantes*. On est ainsi tout naturellement conduit à se demander si les solutions minéralisatrices n'ont pas circulé dans des conditions hydrogéologiques analogues aux conditions actuelles. Les indices relevés sur le littoral atlantique apportent un argument en faveur de cette hypothèse : les amas les plus considérables ne s'y trouvent pas en effet au toit du Domérien, comme en Poitou où cet étage est généralement perméable, mais au sommet du Lias inférieur. Cette situation particulière est probablement due au faciès calcaréo-marneux et relativement moins perméable du Lias moyen. S'il en est ainsi, le Domérien n'est probablement pas, à l'échelle régionale, la *roche mère* de la minéralisation et l'origine de celle-ci est plus profonde : tout se passe en effet comme si elle était surtout concentrée sous le premier niveau imperméable important rencontré au-dessus du socle (argiles vertes du Lias inférieur ou marnes du Lias supérieur ou enfin Lias moyen lorsque celui-ci est suffisamment marneux). Il ne reste alors que deux roches mères possibles dans le cas d'une origine sédimentaire, ce sont les dolomies du Lias inférieur ou les arkoses de l'Infralias. Mais rien ne permet, pour le moment d'exclure l'hypothèse d'une origine « hydrothermale » (J. Lougnon 1962) : G. Mathieu (1953) a insisté sur l'importance théorique que peut avoir, à ce sujet, la silicification du socle observée dans l'Anse de Saint-Jean-d'Orbestiers. D'une façon générale cependant, les indices de minéralisation et de silicification sont beaucoup plus rares dans le substratum primaire de la région étudiée que dans la partie inférieure du Lias ; ceci n'a rien d'anormal étant donné la faible perméabilité des granites et des schistes cristallins.

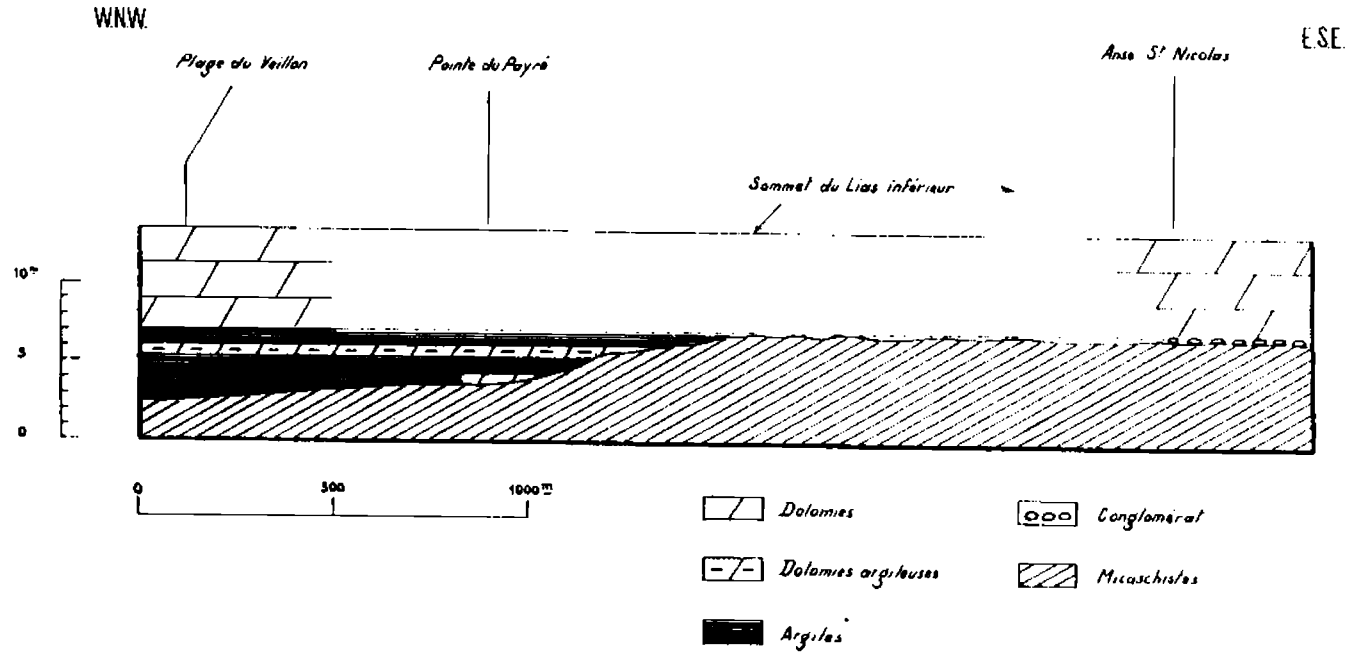

Fig. 4. **Profil stratigraphique du Lias inférieur entre le Veillon et l'Anse Saint-Nicolas. Le sommet du Lias inférieur est pris comme surface horizontale de référence.**

PALÉOGÉOGRAPHIE

La reconstitution des géographies anciennes à partir de l'étude des affleurements actuels est toujours difficile. Il est le plus souvent impossible d'en préciser les détails avec une approximation satisfaisante. Les problèmes paléogéographiques comme les problèmes métallogéniques doivent être simultanément envisagés non seulement sous leurs aspects locaux mais encore à l'échelle régionale et dans le cadre plus vaste de l'Europe occidentale. Dans le N W du bassin d'Aquitaine, on est frappé par la disparition des éléments détritiques grossiers (grès, sables) à partir de la base du Toarcien : les sables ne réapparaissent dans les séries sédimentaires qu'au Cénomanien. La question se pose donc de savoir jusqu'où ont pu s'étendre les mers toarciennes, bajociennes et bathoniennes. Il n'est pas absurde de penser que la plus grande partie du Massif vendéen a pu être submergée au moins par la transgression toarcienne. Je n'essaierai de dégager ici que les grandes lignes de la paléogéographie durant le Lias inférieur et le Lias moyen. Plusieurs auteurs ont déjà étudié ces problèmes mais leurs idées ont parfois été influencées par des interprétations stratigraphiques inexactes. J'ai souvent consulté, durant la rédaction de cette note, les travaux de G. Mathieu (1948) à qui l'on doit la première esquisse paléogéographique de la région ainsi que la thèse de M. Ters (1961) qui a longuement étudié la surface préliasique.

Les variations d'épaisseur du Lias inférieur et le haut-fond de Saint-Nicolas

Entre le Veillon et l'Anse Saint-Nicolas, il y a amincissement notable du Lias inférieur qui passe de 11 m environ à moins de 5 m de puissance. On peut essayer de se faire une idée de la topographie du fond durant la sédimentation en établissant un profil stratigraphique où le sommet du Lias inférieur est pris comme surface horizontale de référence (fig. 4). Cette méthode graphique présente l'inconvénient de ne pas tenir compte de la pente originelle du fond mais c'est la seule qui puisse donner une image objective bien que probablement atténuée de la morphologie préliasique. On met ainsi en évidence une zone où les micaschistes étaient légèrement surélevés et qui correspond à l'emplacement de l'Anse Saint-Nicolas. Sur la côte vendéenne, seules les épaisseurs du Lias inférieur varient de façon notable ; par conséquent, *dans le détail*, les reliefs résiduels devaient être pratiquement amortis lorsque se sont déposés les premiers sédiments du Lias moyen.

Le haut-fond d'Avrillé

Entre Saint-Cyr-en-Talmondais et le littoral atlantique on peut aussi définir, de la même façon, une unité paléogéographique beaucoup plus importante centrée sur le massif granitique d'Avrillé. Elle est caractérisée :

1. — par un amincissement considérable et, en certains points, par une lacune complète du Lias inférieur.
2. — par la faible épaisseur du Lias moyen.
3. — par la présence de très nombreuses oolithes ferrugineuses dans le Carixien et à la base du Domérien.

Cette région paraît donc s'être comportée au moins comme un haut-fond à grand rayon de courbure sur lequel la sédimentation a été réduite durant le Lias inférieur. La présence de ce paléo-relief s'est encore fait sentir durant le Carixien et au début du Domérien : la faible épaisseur des sédiments et la fréquence des oolithes ferrugineuses en sont des preuves tangibles.

Dans la région étudiée, les caractères sédimentologiques et paléontologiques du Lias inférieur sont pratiquement les mêmes que sur toute la bordure N W du bassin d'Aquitaine. De nombreux sondages profonds exécutés récemment à Champagné-Saint-Hilaire (Vienne), à Montalembert (Deux-Sèvres), à Villefagnan (Charente) et à Nanteuil-en-Vallée (Charente) ont également fait connaître, à l'intérieur du Seuil du Poitou, un Lias inférieur analogue. On y a retrouvé, en particulier l'assise de dolomies oolithiques avec lumachelles de petits Mollusques « littoraux ». Il n'est donc pas possible d'admettre l'opinion de P. Butel (1953) suivant laquelle le niveau lumachellique jalonne l'ancien rivage. L'assise oolithique s'est probablement déposée dans une mer peu profonde vraisemblablement encombrée d'îlôts et de véritables îles. Les propriétés physico-chimiques et en particulier la salinité de l'eau de mer devaient être anormales ce qui expliquerait certains caractères de la faune tels que l'absence de Céphalopodes. Ce faciès oolithique souvent dolomitique, à faune spéciale présente d'ailleurs au Lias inférieur une extension considérable (G. Dubar 1925) : il s'étend des bordures du Massif Central jusqu'à la Meseta ibérique. De plus les sondages pétroliers ont montré récemment qu'on le retrouvait aussi bien dans le bassin d'Aquitaine (J. Magné et R. M. Séronie-Vivien, 1961) que dans l'W du bassin de Paris (J. G. Durand, 1961 : D. Berthe, G. Nouet et H. Champeau, 1961). Ni le Massif vendéen ni le Massif central ne semblent donc avoir joué un rôle notable dans la répartition géographique des faciès de ce type durant le Lias inférieur. Une mer hettangienne sans doute peu profonde a submergé depuis la Meseta ibérique jusqu'au Massif ardennais une très vaste région où subsistaient probablement de nombreux reliefs continentaux qui constituaient autant d'îles et d'îlots. L'amincissement de l'assise dolomitique en bordure du Massif Vendéen n'est accompagné d'aucune variation appréciable du faciès : on ne peut donc pas y tracer les anciennes lignes de rivage avec une approximation satisfaisante d'autant moins que le sommet du Lias inférieur a subi une érosion anté-carixienne dont on ignore l'ampleur. P. Butel (1953) pour qui les limites actuelles d'affleurement coïncident avec celles des mers liasiques suppose d'ailleurs que la granite d'Avrillé constituait un *cap* au Lias inférieur et un *golfe* au Lias moyen. On a de meilleures raisons de croire que ce massif a joué dans les deux cas le rôle d'un haut-fond peut-être émergé au Lias inférieur mais ne constituant alors qu'une île parmi d'autres dans la mer hettangienne.

Récemment, Madame M. Ters (1961), dans une minutieuse et brillante synthèse géomorphologique a estimé que l'actuel réseau hydrographique du massif d'Avrillé est à peu près superposé à un réseau de vallées antéliasiques

fossilisées sous les dépôts du Lias moyen. Elle a même précisé (p. 86) que l'encaissement des vallées préliasiques atteignait, en certains points, de 18 à 25 mètres. En fait, l'essentiel de son raisonnement repose sur les différences d'altitude entre les placages discontinus de Lias moyen dont certains se trouvent sur les interfluves et les autres à flanc de vallée.

Je ne crois pas que les dénivellations observées soient d'origine purement morphologique. Les sédiments du Lias moyen ont en effet une épaisseur beaucoup trop faible (moins de 4 mètres) pour avoir pu combler des dépressions encaissées de 18 à 25 mètres. Il serait étonnant, d'autre part, que la topographie préliasique soit restée pratiquement intacte dans une région qui semble avoir joué assez longtemps le rôle d'un haut-fond balayé par les vagues et les courants. M. Ters (1951) reconnaît en effet que les dépôts oolithiques du Lias inférieur ont dû s'effectuer dans une *mer fortement agitée* : il faut ajouter que les premiers sédiments du Lias moyen, pétris d'oolithes ferrugineuses se sont déposés dans un milieu de sédimentation analogue. La présence *d'arkoses liasiques* en relation avec le massif d'Avrillé ne signifie pas nécessairement que l'invasion de la région se soit effectuée *d'une manière très calme* ainsi que l'a supposé M. Ters. D'après Carozzi (1953), certaines arkoses déposées en milieu marin peuvent en effet résulter de l'action des vagues contre les côtes granitiques. Dans les arkoses du Mesnil, par exemple, on observe parfois une association de feldspaths très frais et de feldspaths altérés qui peut être expliquée par une érosion simultanée d'un granite sain et de sa zone d'altération. Les conglomérats et les grès grossiers souvent feldspathiques sont d'ailleurs très fréquents dans le Lias moyen de la bordure méridionale de la Vendée et du Seuil du Poitou : ils sont presque toujours dépourvus d'éléments bien roulés et se trouvent pratiquement localisés à proximité des zones granitiques et gneissiques du substratum hercynien. Il y a donc eu durant le Carixien et le Domérien, une érosion importante et relativement rapide des massifs de granite et de gneiss de la Vendée. Là encore il est bien difficile de dire si l'érosion a décapé une zone continentale unique ou bien si elle s'est attaqué à des terres déjà morcelées en de très nombreuses îles.

Il est vraisemblable, en tout cas, qu'une érosion marine non négligeable a sensiblement amorti les reliefs préliasiques d'origine subaérienne. Seules les bandes de roches très dures (quartzites et grès armoricains, microgranites) ont pu rester à peu près intactes. La surface actuelle du substratum telle qu'elle a été fossilisée sous les *dépôts marins* du Lias ne nous donne donc probablement qu'une image atténuée de la véritable morphologie des reliefs continentaux avant leur submersion.

Les dénivellations entre les différents témoins liasiques de la région d'Avrillé paraissent avoir une *origine tectonique* plutôt que morphologique. Le Lias quartzifié du Champ du Rocher, par exemple, est extrêmement fracturé. D'autre part, les placages résiduels du Lias sont souvent silicifiés et minéralisés en barytine : or dans toute la partie septentrionale du bassin d'Aquitaine, on observe une étroite relation entre silicification, minéralisation et tectonique.

Relations entre la paléogéographie, la gravimétrie et la minéralisation

Au terme d'une longue étude par forage de la minéralisation du Lias dans les environs de Melle (Deux-Sèvres), J. Lougnon et O. Horon (1962)

ont pu reconstituer la morphologie d'un haut-fond préliasique reconnu antérieurement par G. Mathieu (1948). Il s'agit d'un paléo-relief granitique à très grand rayon de courbure dont seul le sommet a été remis à nu, près de Melle, par l'érosion quaternaire. Il est peu accidenté dans son ensemble mais présente, dans le détail, de multiples dépressions et de nombreuses petites croupes au sommet desquelles le Lias moyen est directement transgressif sur le granite.

Comme dans toute la région, la minéralisation du Lias moyen de Melle est étroitement contrôlée, *dans le détail*, par la tectonique tertiaire. *A plus grande échelle* cependant, elle est aussi en relation certaine avec le haut-fond granitique.

Sur la carte gravimétrique, le massif granitique de Melle est nettement marqué par une anomalie négative qui se prolonge au S E par deux autres anomalies légères situées, l'une près de Villefagnan (Charente) et l'autre à Montignac-Charente. On pouvait donc supposer que les deux dernières anomalies étaient également superposées à des paléo-reliefs granitiques et, qu'à leur aplomb, le Lias était aussi minéralisé. Des forages entrepris près de Villefagnan ont pleinement confirmé cette double hypothèse (Aubert et Lougnon 1963).

La région d'Avrillé présente de très grandes analogies avec celle de Melle. Le Lias inférieur s'y amincit et le Lias moyen qui repose parfois directement sur le granite, y présente des passées conglomératiques et arkosiques. Le Lias inférieur et le Lias moyen y sont fréquemment silicifiés et minéralisés. Enfin la plupart des indices de minéralisation se trouvent à l'intérieur des limites d'une anomalie gravimétrique négative très semblable à celle de Melle. Le massif d'Avrillé est donc la réplique à peu près exacte de celui de Melle mais il a été presque complètement débarassé de sa couverture sédimentaire par l'érosion tertiaire et quaternaire.

CONCLUSIONS

L'étude du Jurassique de la côte sud-vendéenne présente un grand intérêt régional mais elle apporte aussi des résultats d'ordre plus général relatifs à la stratigraphie du Jurassique dans le N W de l'Europe. C'est en définitive la coupe la plus complète de la bordure N du bassin d'Aquitaine car l'érosion marine y a mis à jour des affleurements exceptionnellement étendus.

J'ai pu y préciser le gisement stratigraphique exact d'un certain nombre d'espèces d'ammonites dont la répartition verticale était considérée jusqu'ici comme beaucoup plus importante. Il semble tout d'abord qu'Oppel et Roemer aient eu raison de considérer *Bullatimorphites bullatus* d'Orb. comme caractéristique du Callovien basal. Dans la zone à *O. aspidoides* on ne trouve que *B. hannoveranus* Roemer. *Cadomites orbignyi* de Gr. est étroitement localisé à la base du Bathonien moyen non seulement dans la Vendée littorale mais aussi à Luçon, dans la localité-type, où la succession des faunes d'ammonites bathoniennes est la même qu'à Jard : cette ammonite est constamment accompagnée par deux autres espèces assez rares et mal connues : *Strigoceras dorsocavatum* Qu. et *Bullatimorphites aff. sofanum* Boehm. C'est la première fois, à ma connaissance, qu'une forme analogue à celle de Boehm est signalée en Europe. La série des Hildoceratinæ de l'Anse Saint-Nicolas paraît également unique en son genre. L'étude préliminaire présentée ici est forcément schématique : les espèces choisies comme indices seront décrites et figurées ultérieurement.

On retrouve sur le littoral vendéen des indices de mouvements épirogéniques contemporains de ceux qui ont pu être mis en évidence dans le Seuil du Poitou et, plus généralement, dans presque tout le N W de l'Europe (Arkell, 1933 ; Maubeuge, 1957 ; Hallam, 1961). La grande transgression jurassique peut être décomposée en de nombreux mouvements élémentaires de la mer parmi lesquels se détachent plus précisément la transgression du Lias inférieur, la transgression du Lias moyen, la transgression toarcienne qui est probablement la plus importante, la transgression du Bajocien inférieur, celle du Bajocien supérieur, la transgression bathonienne et enfin la transgression callovienne.

On relève à plusieurs reprises des *influences méridionales* dans les faunes jurassiques : les plus nettes se sont manifestées au Toarcien et il y a peut-être une relation entre la grande amplitude de la transgression toarcienne et la fréquence à la même époque des espèces méridionales. Lors de la transgression pliensbachienne sur le bord S de la Vendée, il y eût de même un épisode caractérisé par une faune à affinités méridionales (Dubar et

Gabilly 1964). **On peut donc se demander, d'une façon plus générale, si chaque invasion de la partie N du bassin d'Aquitaine par les espèces méridionales n'aurait pas coïncidé avec un maximum de transgression.** En tous cas, cette région semble avoir constitué, à plusieurs reprises durant le Jurassique, une zone de transition entre la province mésogéenne et le NW de l'Europe : son étude présente donc un intérêt particulier car elle permet d'établir des **corrélations entre deux grandes provinces paléogéographiques**.

Au point de vue tectonique, la prédominance des failles à regard N E et leur antagonisme avec le pendage général méritent d'être soulignés.

La minéralisation enfin, sous son aspect actuel et *dans le détail*, est indubitablement épigénétique et contrôlée par l'orogénèse tertiaire. *A plus grande échelle* il y a cependant, semble-t-il, un contrôle paléogéographique et les indices les plus nombreux sont en relation avec des paléo-reliefs anté-liasiques. Mais le problème de l'origine de la minéralisation est extrêmement difficile : peut-être conviendrait-il, si l'on veut aboutir à une solution, de le poser dans *un cadre encore plus vaste* : celui de la paléogéographie du Permo-trias et du Lias inférieur en Europe occidentale.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

ARKELL, W. J. (1933). — The Jurassic System in Great Britain. *Clarendon Press* Oxford, 681 p., 97 fig., 41 pl..

ARKELL W. J. (1950-1958). — The English Bathonian Ammonites. Part I-VIII, *Paleont. Soc.*, London.

AUBERT G. et LOUGNON J. (1963). — Ein konkretes Beispiel für das Aufsuchen und die Entdeckung einer verdeckten schichtenförmigen Vererzung : Villefagnan. *Freiberg. Forschungshefte*, Heft C. 163, p. 93-96.

BERTHE D., NOUET G. et CHAMPEAU H. (1961). — Le Lias dans les forages de la Compagnie Française des Pétroles (Normandie) : Nord-Ouest du Bassin de Paris. Colloque sur Lias français : *Mém. B. R. G. M.*, n° 4, p. 463-474.

BOEHM G. (1912). — Beiträge zur Geologie von Niederländisch — Indien : I. die Südküsten der Sula-Inseln Taliabu und Mongoli, n° 4. unteres Callovien. *Palaeontographica* : *Suppl. Bd* IV, n° 3, p. 121-179, pl. XXXII-XLIV.

BUCKMAN S. S. (1918). — Yorkshire Type Ammonites, vol. II, Welsey and Son, London.

BUTEL P. (1935). — Note préliminaire sur les zones paléontologiques du littoral de la Vendée. *C. R. Som. S.G.F.*, p. 230-232.

BUTEL P. (1938). — La carrière de Coubaron près Velluire. Considérations sur le Callovien de la Vendée. *B. S. G. F.*, (5), t. 8, p. 511-516.

BUTEL P. (1951). — Révision de la feuille des Sables-d'Olonne au 1/80.000. Le Lias et le Jurassique sur le littoral. *Bull. Serv. Cart. Géol. Fr.*, n° 232, t. 49, p. 97-107.

BUTEL P. (1953). — Les formations d'âge secondaire du Sud de la Vendée, entre le massif ancien et l'Océan (feuille des Sables d'Olonne au 1/80.000). *Ibid.*, n° 239, t. 51.

BUTEL P. (1955). — Notes complémentaires sur quelques affleurements de la Vendée méridionale (feuille des Sables-d'Olonne au 1/80.000). *Ibid.*, t. LIII, n° 246, p. 29-36.

CAILLON M. (1962). — Etude hydrogéologique de la région de Chef-Boutonne (Deux-Sèvres). *Dipl. Et. Sup. Fac. Sci.*, Poitiers. Ronéotypé.

CAROZZI A. (1953). — Pétrographie des roches sédimentaires. Libr. de l'Université. Lausanne, p. 1-250, fig. 1-27.

CARPENTIER A. (1947-1949). — Les flores infraliasiques des Deux-Sèvres et de la Vendée. *Ann. Paléont.*, t. XXXIII, p. 179-190, pl. XVI-XVIII ; t. XXXIV, p. 1-16, pl. I-VI, t. XXXV, p. 1-23, pl. I-IX.

CAVOLEAU J. A. et FONTENELLE de VAUDORE A. D. (1844). — Statistique ou description générale du département de la Vendée, imp. Robuchon, Fontenay-le-Comte.

CHARTRON C. et COSSMANN M. (1902). — Note sur l'Infralias de la Vendée et spécialement sur un gisement situé dans la commune de Simon-la-Vineuse. I. Gastropodes. *B. S. G. F.*, (4), t. II, p. 163-203, pl. III et IV ; II. Pélécypodes, *ibid.*, (4), t. III, 1903, p. 497-545, pl. XVI-XVIII.

DEAN W. T., DONOVAN D. T. et HOWARTH M. K. (1961). — The Liassic ammonite zones and sub-zones of the North-West European Province. *Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.)*, vol. 4, n° 10, p. 437-506, pl. 64-74.

DEVANTOY J. B. (1962). — Bibliographie géologique du Centre-Ouest de la France. *Trav. de l'Institut de Géol. et d'Anthrop. préhist.*, Poitiers, t. III, p. 1-125.

DONOVAN D. T. (1958). — The Ammonite zones of the Toarcien (Ammonitico rosso faciès) of southern Switzerland and Italy. *Eclog. Geol. helvet.*, vol. 51, n° 1, p. 33-60.

DUBAR G. (1925). — Etude sur le Lias des Pyrénées françaises. *Mém. Soc. Géol. Nord.* t. IX, Mém. 1, 332 p., 50 fig., 7 pl.

DUBAR G. et GABILLY J. (1964). — Le Lias moyen de Saint-Vincent-Sterlange et de Saint-Cyr-en-Talmondais (Vendée) *C. R. Ac. Sci. Paris.* t. 259, p. 2481-2383.

DUMORTIER E. (1874). — Etudes paléontologiques sur les dépôts jurassiques du Bassin du Rhône. 1re partie. Lias supérieur. Paris, Savy, 1 vol. 339 p., 62 pl.

DURAND J. G. (1961 a). — Le Lias dans les sondages de la Compagnie d'Exploration Pétrolière (Ouest du bassin de Paris). Colloque sur le Lias français. *Mém. B. R. G. M.*, n° 4, p. 543-562.

DURAND J. G. (1961 b). — Le Dogger dans les sondages de la Compagnie d'Exploration Pétrolière (Ouest du bassin de Paris). *Rev. Institut Fr. du Pétrole et Ann. Comb. liq.*, vol. XVI, n° 5, p. 511-537.

ENAY R. et ELMI S. (1961). — Observations nouvelles sur le Lias supérieur et la limite Lias-Bajocien dans l'Ile-Crémieu (Jura méridional tabulaire). Colloque sur le Lias français. *Mém. B. R. G. M.*, n° 4, p. 649-654.

FUCINI A. (1905). — Cefalopodi liassici del Monte di Cetona, part. V. *Pal. Ital.*, t. 11, p. 93-146, Tav. III-XI.

GABILLY J. (1962 a). — Les variations de la sédimentation du Lias et du Jurassique en relation avec le Seuil du Poitou. Colloque sur les Seuils géologiques. 87e Congrès *Soc. Sav.*, Poitiers, p. 679-699.

GABILLY J. (1962 b). — Stratigraphie et limites de l'étage toarcien à Thouars et dans les régions voisines. Colloque du Jurassique. *C. R. et Mém. Institut Gd. duc. Luxembourg*, p. 193-201.

GABILLY J. et MARIONNAUD J. M. (1963). — Observations préliminaires sur le Lias supérieur de la bordure charentaise du Massif Central. *C. R. Ac. Sci. Paris.* t. 256, p. 2443-2445.

GLANGEAUD Ph. (1895). — Le Jurassique à l'ouest du Plateau Central. Contribution à l'étude des mers jurassiques dans le bassin d'Aquitaine. *Bull. Serv. Cart. Géol. Fr.*, vol. 8, n° 50, p. 1-255.

GROSSOUVRE A. de (1930). — Notes sur le Bathonien moyen. *Livre jubilaire, centenaire S. G. F.* p. 361-388, pl. XXXIX-XL.

HALLAM A. (1961). — Cyclothems, Transgressions and faunal change in the Lias of North-West Europe. *Trans. of the Edinburgh Géol. Soc.*, vol. 18, part 2, p. 124-174.

HAUG E. (1885). — Beiträge zu einer Monographie der Ammonitengattung *Harpoceras*. *N. Jb. Min. Géol.*, Stuttgart, p. 1-143, pl. XI-XII.

HOWARTH M. K. (1962). — The Jet Rock Series and the Alum Shale Series of the Yorkshire coast. *Proc. Yorks. Géol. Soc.*, vol. 33, part 4, p. 381-422.

LISSAJOUS M. (1923). — Etudes sur la faune bathonienne des environs de Mâcon. *Trav. Lab. Géol.*, Lyon, Mém. 3, fasc. III-V, 286 p. 33 pl.

LOUGNON J. et HORON O. (1962). — Contribution à l'histoire géologique du Détroit Poitevin vue d'un point particulier de ce détroit : le cap granitique de Melle. Réflexions sur la minéralisation. Colloque sur les seuils géologiques. 87e *Congrès Soc. Sav.*, Poitiers, p. 721-743.

LOUGNON J. (1963). — Note sur les différents gisements de plomb et zinc du Confolentais (Charente). 88e *Congrès Soc. Sav.*, Clermont, 6 p. dactyl.

MAGNE J. et SERONIE-VIVIEN R. M. (1961). — Le Lias du forage de Maubuisson (Commune de Carcans, Gironde). Colloque sur le Lias français, *Mém. B. R. G. M.*, n° 4, p. 803-807.

MATHIEU G. (1935). — Les failles tertiaires de la Vendée et leurs relations avec les plis hercyniens. Application au gisement du terrain houiller. *Ann. Soc. Géol. du Nord*, t. LX, fasc. 1, p. 39-63.

MATHIEU G. (1937). — Recherches sur les terrains paléozoïques de la région vendéenne. Thèse. Imprimerie Sautai, Lille.

MATHIEU G. (1948). — Relation entre la paléogéographie du Jurassique et les failles tertiaires dans la région vendéenne. (Vendée, Deux-Sèvres, Maine-et-Loire). *B S. G. F.*, (5), t. XVIII, p. 467-491.

MATHIEU G. (1952). — Les terrains primaires de la feuille des Sables-d'Olonne au 1/80.000. *Bull. Serv. Cart. Géol. Fr.*, t. 50, n° 237, p. 107-116.

MAUBEUGE P. L. (1947 a). — Sur quelques ammonites de l'Aalénien ferrugineux du Luxembourg et sur l'échelle stratigraphique unifiée de la formation ferrifère

franco-belgo-luxembourgeoise. *Arch. Institut. Gd. Duc. Luxembourg.* t. XVII. N. S., p. 73-87, pl. I-II.

MALBEUGE P. L. (1947 b). — Les données actuelles sur la tectonique pendant le Jurassique dans l'Est du Bassin de Paris. Relations avec la sédimentation et conséquences pour la recherche des hydrocarbures. *Congr. Géol. internat.*, Mexico, XXe Session, Section V, t. I, p. 153-167.

MALBEUGE P. L. (1949). — Notes paléontologiques sur quelques ammonites rares ou nouvelles de la région frontière franco-luxembourgeoise et de la Lorraine centrale. *Arch. Institut Gd. Duc.*, Luxembourg, t. XVIII, N. S., p. 149-178, pl. I-XVII.

MALBEUGE P. L. (1950). — Nouvelles recherches stratigraphiques et paléontologiques sur l'Aalénien luxembourgeois. *Ibid.*, t. XIX, N. S., p. 365-397, pl. I-XVI.

MERLA G. (1933). — Ammoniti giuresi dell'Appennino centrale. I Hildoceratidae. *Pal. ital.*, vol. XXIIII (N. S. vol. IIII), p. 1-54, tav. I-VIII.

MITZOPOULOS M. K. (1930). — Beiträge zur Cephalopodenfauna des oberen Lias der alta Brianza. *Pragmateiai tes Akademias athenon*, tomos B', arithmos 2, p. 1-118, pl. I-VIII.

MOUTERDE R. (1953). — Etudes sur le Lias et le Bajocien des bordures nord et nord-est du Massif Central français. *Bull. Serv. Cart. Géol. Fr.*, t. 50, n° 236, p. 63-521.

MOUTERDE R. (1961). — Colloque sur le Lias français. Rapport IV, Corrélations (divisions et limites) et conclusions. *Mém. B. R. G. M.*, n° 4, p. 271.

D'ORBIGNY A. (1842-1851). — *Paléontologie française. Terrains jurassiques*, I, Céphalopodes. 642 p., 234 pl.

OPPEL A. (1856-1858). — Die Juraformation Englands, Frankreichs, und des südwestlichen Deutschlands nach ihren einzelnen Gliedern eingetheilt und verglichen. *Württ. naturwiss. Jahresh.*, XII-XIV, 857 p., 1 carte.

PÉNEAU J. (1923 a). — Comptes-rendus de la 3e session extraordinaire de la Soc. Géol. et Minér. de Bretagne tenue en Vendée du 3 au 7 Avril 1923. *Bull. Soc. Géol. Min. Bret.*, t. IV, fasc. III, p. 205-270.

PÉNEAU J. (1923 b). — Observations géologiques et tectoniques sur la côte sud-vendéenne. *Bull. Soc. Sci. Nat. de l'Ouest de la Fr.*, (4), t. III, p. 57-73.

RIOULT M. — Sur l'âge du « Calcaire de Caen » et la stratigraphie du Bathonien de Normandie. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (10), vol. 2, p. 51-61.

ROEMER J. (1911). — Die Fauna der Aspidoïdes-Schichten von Lechstedt bei Hildesheim, 19 p., pl. I-XIII, Hanovre.

ROUTHIER P. — Les gisements métallifères. Géologie et principes de recherches, 2 vol., 1282 p., 411 fig., 40 tabl., 11 h. t. et dépliants, Masson, Paris.

SPATH L. F. (1922). — Upper Lias succession near Ilminster, Somerset *in* BUCKMAN S. S., Jurassic Chronology, *Quart. J. Géol. Soc. Lond.*, vol. LXXVIII, part. 4, p. 449-450.

SÉRONIE-VIVIEN R. M. ; MAGNÉ J. et MALMOUSTIER G. (1961). — Le Lias des bordures septentrionale et orientale du bassin d'Aquitaine. Colloque sur le Lias français. *Mém. B. R. G. M.*, n°, p. 757-792.

TERS M. (1951). — [*in* MORELLET J. et TERS M.]. — Deux Dasycladacées du Lias de Vendée *B. S. G. F.*, (6), t. 1, fasc. 8 p. 643-644.

TERS M. (1961). — La Vendée littorale. Etude de Géomorphologie. 578 p., 12 dépliants, 50 fig., 68 photog. Imp. Oberthur, Rennes-Paris.

VASSEUR G. (1890). — Carte Géologique détaillée de la France au 1/80.000. Feuille des Sables-d'Olonne et Notice explicative.

WELSCH J. (1903). — Etude des terrains du Poitou dans le détroit poitevin et sur les abords de la Gâtine. *B. S. G. F.*, (4), t. 3, p. 797-881.

WESTERMANN G. (1958). — Ammoniten-fauna und Stratigraphie des Bathoniens N. W. — Deutschlands. *Beih. z. géol. Jahrb., Hannover.*, heft 32 p. 1-103, Taf. 1-49.

WRIGHT T. (1878-1886). — Monograph on the Ammonites of the British Islands, 503 p., 202 fig., 88 pl., *Pal. Soc.* London.

ZANZUCCHI G. (1963). — Le Ammoniti del Lias superiore (Toarciano) di Entratico in val Cavallina (Bergamasco orientale). *Mém. Soc. ital. Sci. Nat. e d. Museo d. Stor. Nat. d. Milano*, vol. XIII, Fasc. III, p. 101-146, Tav. XIII-XX.

Manuscrit remis le 13 Novembre 1964