

**Contribution à l'étude stratigraphique
des terrains affleurant en Manche centrale
et orientale**



I. — LE JURASSIQUE DES FONDS DE LA MANCHE CENTRALE ET ORIENTALE

par Michel RIOULT*, Jean GUYADER** et Claude LARSONNEUR*

Les affleurements de roches jurassiques¹ occupent des étendues relativement importantes sur les fonds de la Manche centrale et orientale, principalement au Nord du Cotentin, en baie de Seine et au large du Boulonnais.

Les séries de carottages de cette campagne, organisée par le groupe *Norois* sous les auspices du CNEXO, ont été orientées, en fonction des données géologiques publiées antérieurement, dans le but de guider et de contrôler l'interprétation des profils sismiques enregistrés parallèlement. De ce fait, l'intervalle variable entre deux carottages successifs suivant un même profil et l'espacement des divers profils subparallèles ou perpendiculaires, joints aux aléas du carottage sous-marin, devaient finalement conduire à un réseau d'informations ponctuelles à maille irrégulière et lâche. Mais, dans l'ensemble, les conclusions de la présente étude confirment les résultats stratigraphiques réunis au cours de ces dernières années [Guyader, 1968; Larssonneur et Rioult, 1969 a,b,c; Larssonneur, 1969] et précisent localement la cartographie sous-marine de la Manche entre le méridien de la Hague et le Pas-de-Calais.

L'analyse pétrographique et micropaléontologique des matériaux carottés au cours de l'été 1969 a permis d'identifier près de 130 nouvelles stations triasiques et jurassiques, aux coordonnées géographiques précises, dont une centaine en Manche centrale, baie de Seine comprise, et une trentaine en Manche orientale. La microfaune des marnes kimméridgiennes et portlandiennes provenant de la Manche

orientale a été confiée à J. Guyader; sauf précision dans le texte, le reste des prélèvements a été étudié par M. Rioult, qui a coordonné les conclusions. Les nouvelles observations concernant notamment la Manche centrale et la baie de Seine, sont et seront utilisées par Cl. Larssonneur dans ses synthèses géologiques sur la Manche [Cl. Larssonneur, 1971].

En tenant compte des caractères lithologiques et paléontologiques des échantillons de roches carottés sur les fonds de la Manche, cette étude sera divisée en trois parties correspondant à trois domaines paléogéographiques différents :

- la *Manche centrale au Nord du Cotentin*, dont les assises jurassiques présentent des caractères intermédiaires entre ceux des formations contemporaines affleurant sur la côte du Dorset au Nord-Ouest et ceux des dépôts jurassiques de Basse-Normandie au Sud-Est;
- la *Baie de Seine*, entre le Cotentin et l'Estuaire de la Seine, où les terrains du Trias supérieur et du Jurassique montrent les mêmes caractères que ceux du littoral voisin;
- enfin, la *Manche orientale* où les couches du Kimméridgien supérieur et du Portlandien prolongent celles qui constituent les falaises du Boulonnais.

Les successions stratigraphiques seront donc étudiées tour à tour dans chacune de ces trois régions.

1. MANCHE CENTRALE AU NORD DU COTENTIN (fig. 2).

Au Nord du Cotentin, séparés de la côte par un compartiment du socle formé de roches cristallines

1. Quatre stations rapportées au Trias supérieur seront également signalées sans que nous ayons jugé utile de modifier le titre de cette étude.

* Lab. de Géologie du centre de Géologie marine, Univ. de Caen (France - 14).

** Port autonome du Havre (France - 76).

(granite de Barfleur, station 561), sédimentaires (Briovérien, schistes et phyllades de Cherbourg, stations 566, 569, 579, 582) ou métamorphiques (complexe de la Hague, station 1016), les affleurements jurassiques de la Manche centrale se présentent en série monoclinale, à pendage de secteur nord, accidentée de longues failles généralement E-W. En se dirigeant vers le littoral anglais, on peut successivement constater que :

- le Trias supérieur et le Lias inférieur sont relativement mal représentés par rapport aux régions voisines situées à l'Ouest de la Hague et à l'Est de Barfleur;
- le Bajocien est pratiquement absent;
- au-dessus, le faciès marneux du Bathonien est plus développé qu'en Basse-Normandie;
- les carottages dans le Callovo-Oxfordien argileux n'ont jusqu'ici ramené que des échantillons à volume très réduit;
- le passage Oxfordien-Kimméridgien et le Portlandien sont bien caractérisés.

Cette série constitue un véritable trait d'union entre les successions jurassiques des côtes normandes et anglaises [Larsonneur et Rioult, 1969 c].

La structure de la Manche centrale s'est progressivement précisée depuis la carte de L. Dangeard [1928]. Tour à tour, les recherches de W.B.R. King [1949, 1954], D. Curry [1962], Cl. Larsonneur [1965], Cl. Larsonneur et M. Rioult [1969 a, c], R. Dingwall [1969], F. Lapierre, J.-P. Robert et P. Ville [1970 a] ont apporté leur contribution à ce travail de longue haleine. La synthèse des observations stratigraphiques et géophysiques amène à penser que la Manche centrale correspond à une vaste unité synclinale dont les deux flancs sont affectés de failles longitudinales importantes. Ces derniers accidents montrent généralement une direction intermédiaire entre celle des grandes failles connues au voisinage de la côte anglaise, dans Devon et le Dorset, et celle des failles armoricaines qui recoupent le socle ou sa couverture en Basse-Normandie : cette orientation des failles est vraisemblablement liée au rejeu d'accidents anciens affectant le socle.

L'étude des carottes de la mission du CNEXO confirme les résultats stratigraphiques et cartographiques obtenus au cours des recherches antérieures.

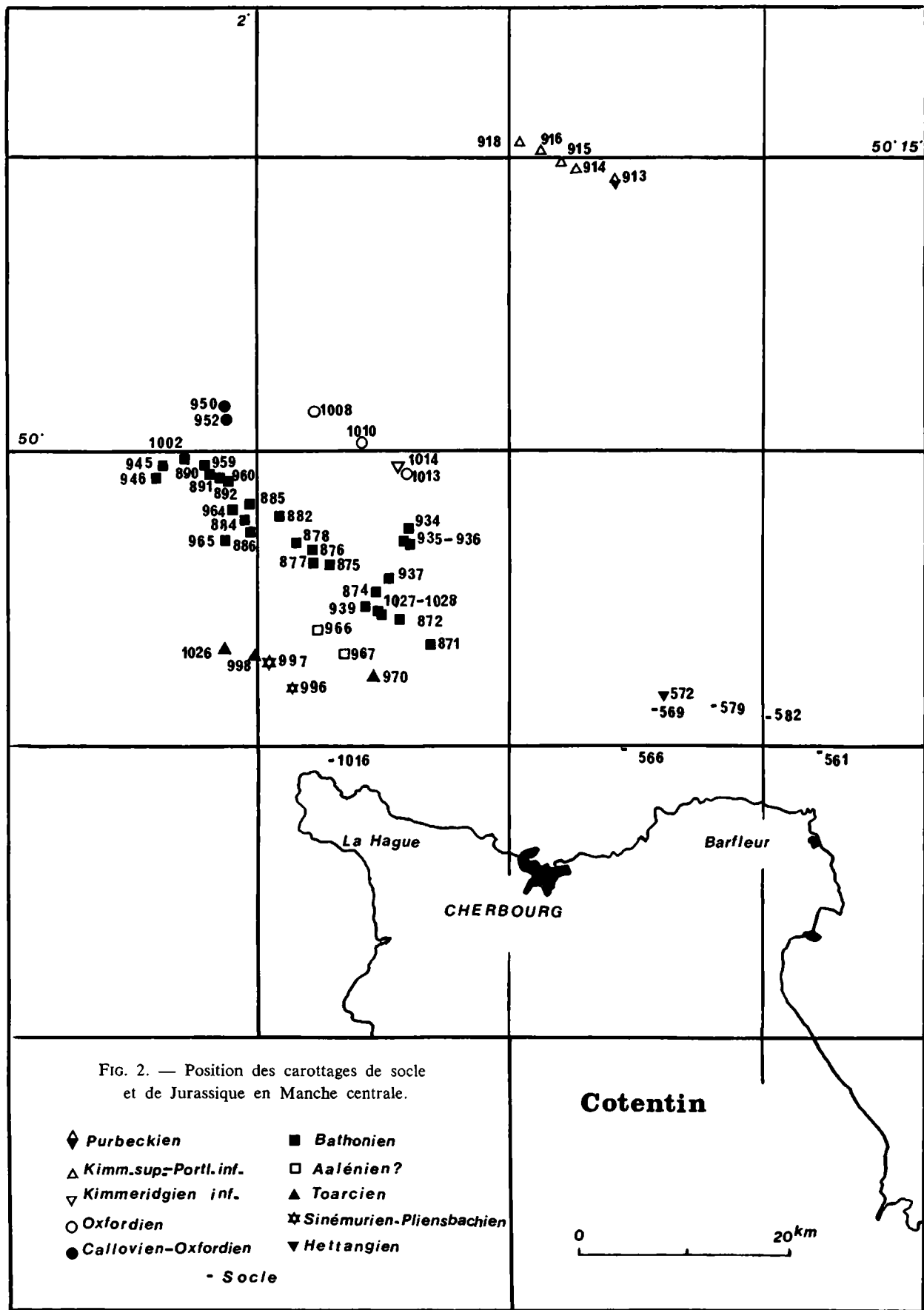
a) *Trias supérieur - Lias inférieur et moyen.* — Les carottages de cette campagne 1969, tout comme les dragages antérieurs, n'ont pas rencontré les faciès caractéristiques du Trias supérieur, en place, au Nord du Cotentin, et les stations datées du Lias inférieur ou moyen sont très rares.

Le Calcaire de Valognes (Hettangien inférieur, *Torus*) affleurerait au Nord du massif de Barfleur (station 572), entre le socle et la fosse du Cotentin, sous un faciès de calcarénite finement grenue, à débris roulés de Mollusques (Pélicypodes à test recristallisé) et de Foraminifères arénacés, petits quartz non-usés et grains phosphatés, avec quelques spicules d'Eponges.

Au Nord de la Hague, les marnes gris noirâtre, pyriteuses, à débris d'Echinodermes et d'Huitres (station 997), contiennent une microfaune marquant le passage du Sinémurien supérieur au Pliensbachien inférieur dans les Calcaires à Gryphées du Bessin : *Cytherelloidea* cf. *lacertosa* Apost., *Hungarella* sp., petits Ostracodes indét. et *Dentalina pseudocommunis* Terq., *D. tenuistriata* Terq., *Lingulina tenera* Born., *L. pupa* Terq., *Fronicularia pygmaea* Franke, *Lenticulina* sp. La brèche de calcilutite grise plienschbachienne de la station 996, riche en débris d'Echinodermes, Gastéropodes, Huitres, sections d'Ostracodes et de Nodosariidés, témoigne de la proximité d'un accident tectonique majeur, avec ses fragments anguleux broyés, unis par un réseau de filonnets de calcite claire à clivages marqués. La réduction des affleurements triasiques et liasiques est vraisemblablement liée à la présence de failles E-W.

b) *Lias supérieur.* — Le faciès schistes-carton (paper-shales) brun sombre, finement lité, à rares débris de Pélicypodes et de Végétaux charbonneux, restes phosphatés de Vertébrés, des stations 998 et 1026, caractérise au Nord de la Hague les « Argiles à Poissons » du Toarcien inférieur (*Borealis-Falcifer*).

Le Calcaire à Ammonites du Toarcien supérieur (*Bifrons-Aalense*) affleure à la station 970 : c'est une calcilutite grise à grains phosphatés, avec sections de jeunes Ammonites, de coquilles de *Bositra*, de Gastéropodes, d'Ostracodes et de Foraminifères (Nodosariidés), ainsi que de nombreuses *Schizosphaerella punctulata* Defl. et Dang. Comme dans le faciès précédent, la kaolinite et l'argile micacée dominent le cortège des minéraux argileux [Estéoule et Estéoule-Choux, 1970].



La calcarénite légèrement magnésienne, à grains de quartz abondants et assez bien triés, sections de Crinoïdes, Huîtres, Gastéropodes, Brachiopodes, Serpules, Ostracodes et Foraminifères (*Nodosariidés*, *Trochammina* sp., *Spirillina* sp.) (station 966) et la calcarénite fine à spicules d'Eponges, débris de Crinoïdes, sections de Foraminifères (*Trochammina*, *Spirillina*) et grumeaux argileux (station 967) ne sont rapportés qu'avec doute à la Malière aalénienne.

c) *Bajocien*. — Aucune trace des formations bajociennes n'a pu être décelée au Nord du Cotentin, bien que les mêmes faciès existent de part et d'autre de la Manche. La maille du réseau de carottages et de dragages est assez lâche pour que leur affleurement puisse passer inaperçu et rien encore ne permet de conclure à leur affaissement entre failles.

d) *Bathonien*. — Les Marnes de Port-en-Bessin (Bathonien inférieur - Bathonien moyen) jalonnées par de nombreuses stations, affleurent de façon presque continue du Nord de Cherbourg au 50° parallèle, dessinant une large auréole de l'Est-Sud-Est à l'Ouest-Nord-Ouest, se raccordant aux affleurements de la Manche occidentale comme l'ont récemment montré D. Curry, D. Hamilton et A. J. Smith [1970]. Au Sud-Est, l'auréole se rétrécit et disparaît sous le Crétacé supérieur transgressif.

Les marnes gris pâle ou beiges, plus rarement verdâtres et feuilletées (station 1028), contiennent une fine mouture de débris coquilliers, parmi lesquels on reconnaît le plus souvent :

— de nombreux spicules d'Eponges (Calcisponges, Monactinellides, Tétractinellides, Hexactinellides et Lithistides);

— des fragments squelettiques d'Echinodermes : articles de Crinoïdes (*Isocrinus* sp.), radioles et plaques d'Echinoïdes dont un *Cidaridae*, crochets et « vertèbres » d'Ophiuroïdes, sclérites d'Holothuroïdes (*Achistrulum*, *Protocaudina*);

— des morceaux de test de Pélécypodes : petits Pectinidae, valves d'Huîtres encroûtées de *Nubeculina infraolithica* (Terq.) et de pyrite, *Bositra buchi* (Roemer) abondant.

— des fibres ligneuses et charbonneuses.

La pyrite est fréquente et les remplissages de terriers sont souvent pyriteux. Il existe en outre des passées avec petits grains de quartz, de glauconie ou de phosphate de calcium.

La microfaune est monotone, d'une conservation médiocre, et elle est constituée d'individus de petite taille pour la plupart des espèces d'Ostracodes et de Foraminifères du Bathonien moyen : l'association *Spirillina tenuissima* - *Trochammina hauesleri* - *Paalzowella feifeli*, qui semble étroitement liée au faciès à spicules d'Eponges, est caractéristique du Bathonien de la Manche centrale, mais ce sont les Ostracodes qui donnent les indices stratigraphiques les plus précis. Trois stations contenaient des individus mieux conservés, déterminés par J. Guyader. Les deux premières font partie du groupe méridional : la station 871, la plus proche de la côte, avec ? *Paracypris* sp., *Bairdia* sp., *Monoceratina* cf. *vulsa* (Jones & Sherb.) et la station 939, près de 1027-1028, à l'intersection des deux profils perpendiculaires, avec ? *Bythocypris jaworznkensis* (Blazyk), *Bairdia* sp., *Polycopse* sp. La plus importante est la troisième station, 936, située près de 934 le long du profil aboutissant à l'Est de l'île de Wight, plus au Nord que les précédentes et par conséquent plus rapprochée des témoins du Jurassique supérieur, présente l'association de trois espèces, *Oligocythereis fullonica* (Jones & Sherb.), *Praeschuleridea* cf. *caudata* (Donze & Enay) et ? *Ektiphocythere* sp., qui marque le Bathonien supérieur. Il semble donc bien établi que le faciès argileux monte plus haut dans le Bathonien de la Manche centrale que dans celui du Bessin, se rapprochant davantage de la série anglaise du Fuller's Earth (Watton-cliff), d'autant plus que, dans le même temps, les faciès calcaires du Bathonien supérieur de la côte normande et des fonds de la baie de Seine n'ont pas été observés en Manche centrale.

Ces marnes ont été reconnues dans les 17 stations suivantes : 871, 874, 875, 877, 878, 882, 884, 885, 890, 934, 939, 945, 964, 965, 1002, 1027 et 1028. Le tableau II donne une liste récapitulative des Foraminifères rencontrés dans les carottes de la Manche centrale (et de la baie de Seine).

La composition minéralogique de ces marnes est assez homogène [Estéoule et Estéoule-Choux, 1970] : la montmorillonite domine dans l'ensemble sur la kaolinite-argile micacée et les interstratifiés chlorite-montmorillonite (stations 874, 875, 934, 939).

Ces marnes alternent avec des bancs indurés de composition analogue (calcilutite de la station 876) ou passent à des bancs de calcarénite finement grenue (stations 872, 878, 886 ?, 946, 959, 960) contenant les mêmes éléments squelettiques d'Invertébrés,

TABLEAU II

Liste récapitulative des Foraminifères bathoniens
Manche centrale et baie de Seine (M. RIOULT)

STATIONS	Manche Centrale																	Baie de Seine															
	871	875	878	882	883	884	885	889	892	934	936	937	939	964	965	1002	1027	1028	528	540	543	545	550	633	636	637	831	833	834	835	837	528	
<u>Trochammina hauesleri</u> (GALL.)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<u>Lenticulina m'insteri</u> (ROEMER)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<u>Lenticulina subalata</u> (REUSS)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<u>Lenticulina</u> sp.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<u>Lenticulina tricarinnella</u> (REUSS)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<u>Actacolus</u> sp.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<u>Planularia beierana</u> (GUMBEL)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<u>Planularia</u> sp.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<u>Citharina</u> sp.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<u>Lingulina</u> cf. <u>laevissima</u> (TERQ.)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<u>Frondicularia dentaliniformis</u> TERQ.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<u>Frondicularia nodosaria</u> TERQ.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<u>Frondicularia</u> sp.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<u>Nodosaria</u> sp.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<u>Eoguttulina</u> sp.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<u>Spirillina tenuissima</u> GUMBEL	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<u>Spirillina polygyrata</u> GUMBEL	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<u>Spirillina elongata</u> BIEL. & POZ.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<u>Paalzowella feifeli</u> (PAALZOW)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<u>Trocholina conica</u> (SCHLUMB.)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<u>Trocholina</u> sp.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<u>Epistomina</u> sp.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<u>Spirophthalmidium concentricum</u> (T. & B.)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<u>Nubeculinella infracolithica</u> (TERQ.)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

mélangés à des grumeaux argileux (pellets) et, localement, à des grains de quartz. Ces calcaires bioturbés sont comparativement plus fins que les « pierres de taille » du Bathonien moyen de la baie de Seine et du Bessin, mais on y retrouve les mêmes sections de Foraminifères, présents dans les marnes : *Trochammina*, *Lenticulina*, *Spirillina*, *Paalzowella* et *Spirophthalmidium*.

Aucun calcaire du Bathonien supérieur n'a été trouvé en Manche centrale au cours de cette mission. L'intervalle qui sépare les marnes du Bathonien supérieur (936) des marnes du passage Oxfordien supérieur (1013) - Kimméridgien inférieur (1014) est relativement assez réduit pour qu'on invoque, là encore, l'intervention d'accidents tectoniques entre les deux affleurements.

e) *Callovien-Oxfordien*. — Au Nord-Nord-Ouest de la Hague, à quelque distance du 50° parallèle et

du méridien 2° W, deux stations, 950 et 952, jalonnent le passage du Callovien supérieur à l'Oxfordien inférieur, mais les matériaux argileux sont malheureusement trop peu abondants : ce sont des marnes grises, à débris d'Huîtres, de lignite, restes de Vertébrés (écailles de Poissons, tissus osseux), riches en globules et baguettes de pyrite. Les Ostracodes manquent et les Foraminifères sont pour la plupart, à l'état de moules internes pyriteux : *Lenticulina* sp., *Planularia* sp., *Eoguttulina* sp., *Epistomina* sp. dont l'association et le mode de fossilisation rappellent ceux du passage Callovien-Oxfordien (couches du Mauvais Pas - Marnes de Dives - base des Marnes de Villers).

Toujours au Nord du 50° parallèle, mais plus à l'Est, un niveau encore indéterminé de l'Oxfordien est représenté par la station 1008. Là, une marne

gris clair, à débris d'Huîtres, nombreux restes d'Echinodermes (Crinoïdes, Ophiuroïdes, Astéroïdes, Echinoïdes, Holothuroïdes) et petits Gastéropodes pyriteux renferme une microfaune caractéristique : *Lophocythere* sp., seul Ostracode, et les Foraminifères, *Lenticulina polonica* (Wisn.), *L. subalata* (Reuss), *L. munsteri* (Roemer), *Planularia* sp., *Fronicularia franconica* Gumbel, *Flabellinella nikitini* (Uhlig), *Eoguttulina* sp., *Dentalina* sp.

Enfin, les marnes de Villerville de l'Oxfordien supérieur, sont présentes aux stations 1010 et 1013, de part et d'autre du 50^e parallèle et de la station 1014 rapportée au Kimméridgien. Ces marnes gris clair, à petits tests jaunâtres ou rosés, nacrés, de Pélécypodes (*Nicaniella* sp.), de Gastéropodes (*Procerithium* sp.), sclérites d'Holothuries (*Achistrulum monochordata* (H. H. & L.), *Priscopodatus* sp.) et grains phosphatés, contiennent une riche microfaune. Les Ostracodes, *Galliaecytheridea postrotunda* Oertli, *Macrodentina* sp., *Vernoniella* sp., accompagnent les Foraminifères, *Epistomina parastelligera* (Hofker) nombreux, *Lenticulina* sp., *Planularia* sp., *Eoguttulina* sp., *Spirillina polygyrata* Gumbel et *Sp. tenuissima* Gumbel. La composition et la fossilisation de cette faune, ainsi que la position relative des deux stations, indiquent le toit de la formation (*Pseudocordata*). La montmorillonite, dominant l'argile micacée et la kaolinite, puis la chlorite, donnent à la composition minéralogique de ces marnes, un cachet voisin de celui des marnes kimméridgiennes voisines.

f) *Kimméridgien-Portlandien*. — Dans la carotte 1014, mentionnée ci-dessus, près du 50^e parallèle, une calcilutite à débris d'Huîtres et de Crinoïdes, avec pyrite, alterne avec une marne grise à débris de Pélécypodes divers (dont les Exogyres), des fragments d'Echinodermes (Crinoïdes, Astéroïdes, Echinoïdes), de Brachiopodes (Zeilleriidae) et de Gastéropodes, petites oolites à enveloppes argilo-pyriteuses. Le calcaire est recoupé de filonnets de calcite, parallèles entre eux, indiquant le voisinage d'un accident tectonique. La microfaune est caractéristique du Kimméridgien inférieur (*Baylei*) : parmi les Ostracodes, *Paracypris* sp., *Polydentina pulchra gallica* (Glashoff), *Schuleridea triebeli* Steghaus, *Lophocythere* sp., *Protocythere rodewaldensis* Klinger, *Pleurocythere* sp.; *Lenticulina* sp., *Vaginulina flabellata* (Gumbel), *Eoguttulina metensis* (Terq.), *Nubeculinella* sp. au nombre des Foraminifères. L'analyse minéralogique [Estéoule et Estéoule-Choux, 1970]

révèle une composition voisine de celle des couches oxfordiennes immédiatement sous-jacente, avec par ordre décroissant en importance, la montmorillonite, la kaolinite et l'argile micacée-chlorite.

A plus de 30 km au Nord, près du parallèle 50°15' et au voisinage du méridien de Cherbourg, des schistes-carton (paper-shales) brun sombre, à fins débris végétaux, valves de Pélécypodes et d'Ostracodes plus ou moins écrasées, parfois lumachelles de tests blancs ou rosés, fragiles, farineux, ou d'Huîtres (Exogyres) enduites de pyrite, montrent un fin litage où alternent régulièrement dans certaines plages les films terrigènes et organiques. La faune rencontrée dans ces argiles feuilletées (stations 914, 915, 916, 918) était réduite à une espèce indéterminée de *Protocardia* et à des individus de *Lenticulina* sp. de très petite taille. Dans ce faciès particulier, la kaolinite et l'argile micacée sont plus importantes que les interstratifiés et la chlorite [Estéoule et Estéoule-Choux, 1970]. Grâce aux dragages précédemment effectués dans cette région, au Nord du synclinal de Crétacé supérieur, contenant de l'Eocène inférieur dans son cœur [Curry, 1962], il est possible d'attribuer ces schistes-carton au passage Kimméridgien supérieur (*Eudoxus*) - Portlandien inférieur (*Subplanites* sp.) et de rappeler à ce propos, les affinités étroites de ce faciès avec les shales de l'Upper Kimmeridge clay (M. Rioult in Cl. Larsonneur [1965]), faciès qui, jusqu'à présent, reste inconnu dans les coupes du Kimméridgien supérieur et du Portlandien inférieur de Normandie.

Enfin, l'argile gris rosé, colloïdale, à fibres ligniteuses éparses et mouches pyriteuses, trouvée dans la station 913, avec ses grandes valves aplaties de *Cypridea* sp., un petit moule de Gastéropode lisse, des débris de tiges et des gyrogonites de Characées déformées du type *Clavator*, se rattache au faciès purbeckien, des Middle Purbeck beds du Dorset, comme les calcaires silicifiés déjà signalés dans les parages [Larsonneur et Rioult, 1969 c]. La montmorillonite est plus abondante que l'argile micacée dans ce faciès [Estéoule et Estéoule-Choux, 1970].

Conclusions sur la Manche centrale.

Il est intéressant de constater que les faciès rencontrés dans cette campagne de carottages complètent en les confirmant les observations antérieures et contribuent à l'interprétation de la

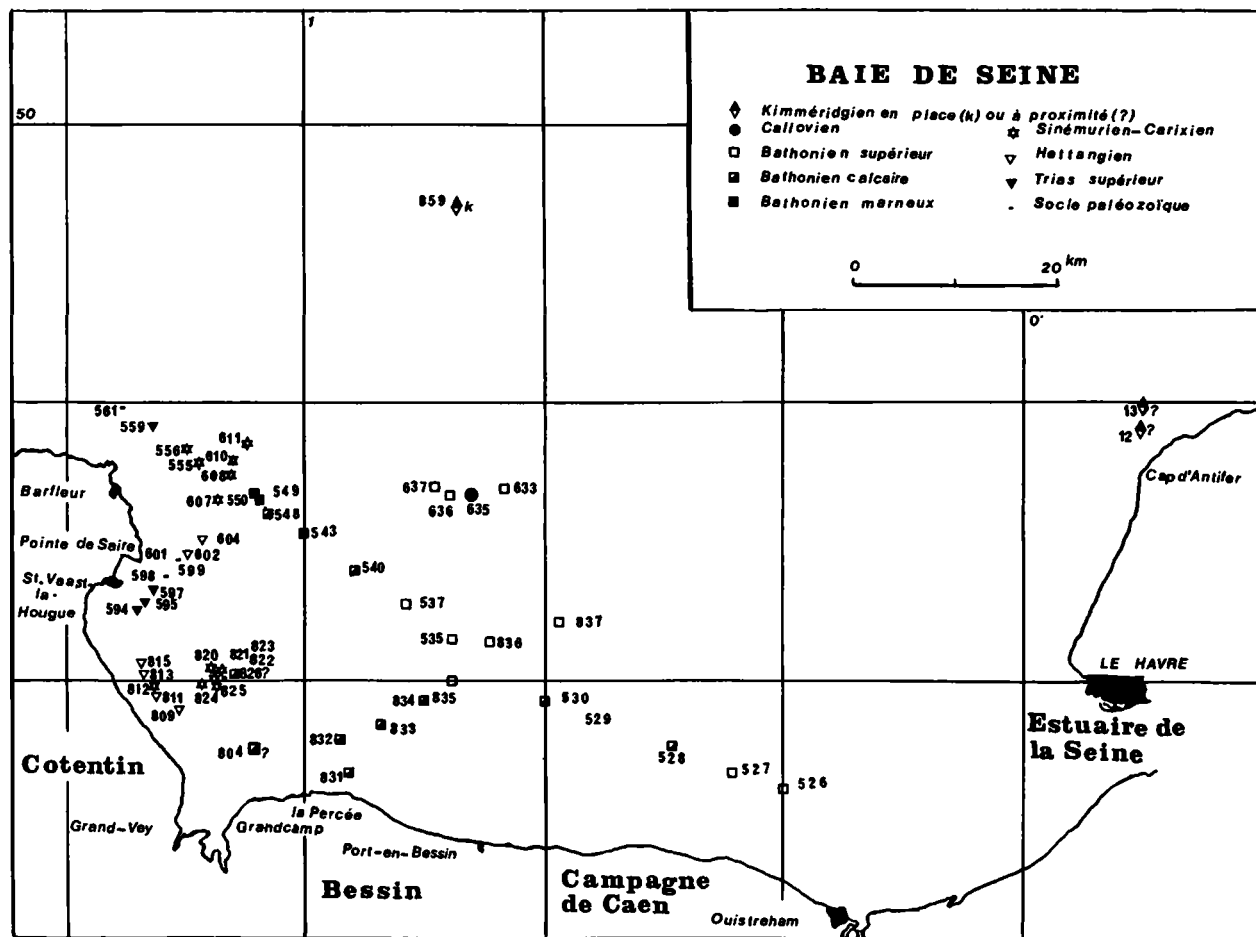


FIG. 3. — Position des carottages de socle, de Trias et de Jurassique en Baie de Seine.

Manche centrale, essentiellement entre les méridiens $1^{\circ} 20'$ et 2° W. Plus à l'Est, les jalons sont beaucoup plus rares; on peut toutefois signaler la station 859 où une calcilutite grise, pyriteuse, peu fossilifère, avec rares sections de Crinoïdes, de tests de Pélécypodes, de Foraminifères et débris de lignite, nettement diaclasée, indiquerait à la fois l'existence du Jurassique supérieur et le voisinage d'un accident tectonique, un peu au Sud du 50° parallèle, sur le méridien de Port-en-Bessin, c'est-à-dire loin vers l'Est des précédents affleurements.

Les nouvelles stations de Bathonien et de Kimméridgien supérieur - Portlandien inférieur mettent de nouveau en évidence les traits communs existant entre la série jurassique de la Manche centrale et celle du Sud-Ouest de l'Angleterre.

2. BAIE DE SEINE (fig. 3).

Les terrains triasiques et jurassiques, qui s'ordonnent en série monoclinale à pendage nord-est à est-nord-est, depuis le Cotentin jusqu'à la région havraise, se prolongent normalement en baie de Seine, avec un faciès identique à celui des formations contemporaines connues sur la côte normande [Larsonneur et Rioult, 1969 a, b]. Les Calcaires à Gryphées (Sinémurien-Carixien) et l'alternance caillasses-pierres de taille du Bathonien, occupent de vastes surfaces respectivement à l'Ouest et au centre de la baie de Seine. Les couches du Jurassique supérieur sont généralement recouvertes d'un épais manteau de dépôts meubles vers l'Est, aux abords de l'estuaire de la Seine [Guyader, 1968], et par conséquent, elles

ne sont atteintes qu'en un très petit nombre de carotages spéciaux.

La structure de cette région paraît relativement simple. La série des calcaires bathoniens serait affectée, comme dans la campagne de Caen, de failles à faible rejet, de direction armoricaine, et d'amples ondulations liées à des réajustements de la couverture secondaire sur le socle paléozoïque, et en particulier, sur les reliefs de la pénéplaine post-hercynienne. A l'Ouest, la faille des Veys, qui met en contact le Sinémurien inférieur du Grand-Vey avec le Bathonien moyen de Grandcamp, amène un rejet d'une centaine de mètres; elle se prolonge vers le Nord, en direction des îles Saint-Marcouf, constituées par un pointement de Grès armoricain. Plus au Nord, les Calcaires à Gryphées arrivent presque au contact des Marnes de Port-en-Bessin, et il semble difficile d'intercaler la série des calcaires domériens-toarciens-aaléniens et bajociens entre les stations les plus rapprochées. Une faille ou plutôt une série d'accidents en relai, passant par la baie des Veys, à proximité des îles Saint-Marcouf et, de là, vers un point situé à une douzaine de kilomètres à l'Est de Barfleur, doit séparer un compartiment liasique à l'Ouest, d'un compartiment affaîssé, bathonien, à l'Est. Des failles N-S et E-W existent d'ailleurs dans les rochers littoraux tout proches, entre Barfleur et le Grand-Vey [Ch. Pareyn et G. Royant, 1965; Rioult, 1968].

Les conclusions stratigraphiques antérieures sont confirmées par l'étude des matériaux de la campagne 1969 et les nouvelles stations, par leur localisation précise, complètent les données sur la cartographie sous-marine et la structure de la baie de Seine.

a) *Trias supérieur*. — Au large de la pointe de Saire, les formations du Trias supérieur reposent en discordance sur la bordure orientale immergée du massif granitique de Barfleur, carottée aux stations 598, 599, 601.

Les trois unités lithostratigraphiques du Trias supérieur [Rioult et Gautsch, 1967] de Basse-Normandie ont été retrouvées. L'argilite bariolée à passées péliques, silicifiée et barytinifère, représente le faciès basal des « couches de Neuilly-la-Forêt » (station 594), à la partie inférieure des dépôts continentaux triasiques. Les grès grossiers, arkosiques, microconglomératiques, à ciment silicifié et barytinifère de la station 595, appartiennent aux « conglomérats et arkoses du Val-de-Saire », c'est-à-dire à la formation détritique, localement consolidée, équivalant à la

partie supérieure des « couches de Neuilly-la-Forêt » et aux « couches d'Eroudeville ». Il en est vraisemblablement de même pour le grès oxydé de la station 597. Enfin, l'argile finement litée, franchement versicolore, gris-vert-brun-rouge, avec grains de quartz non usés, rencontrée au Nord-Nord-Est de Barfleur, à la limite du domaine précédent, station 559, est attribuée aux « couches d'Airel » (Rhétien).

b) *Hettangien*. — Seul, le Calcaire de Valognes (Hettangien inférieur, *Torus*) a été identifié au large de la côte orientale du Cotentin (stations 809, 811, 813, 815), dans le prolongement des affleurements connus sur le littoral (rochers de Quinéville à Ravenoville [Rioult, 1968] et d'autre part, au pourtour du massif granitique de Barfleur, plus au Nord (stations 602, 604). C'est une calcarénite gréseuse, à débris de Pélécypodes plus ou moins recristallisés (*Cardinia*, *Chlamys*, Huîtres), de petits Gastéropodes lisses ou costés, de Crinoïdes et d'Echinoïdes, d'Ostracodes, avec rares tests de Foraminifères arénacés, restes d'Algues calcaires et de Vertébrés. Les grains de quartz non-usés sont généralement bien classés; des grumeaux argileux et des grains de glauconie sont dispersés; quelques oolithes calcaires sont remaniées. La matrice argileuse est le plus souvent absente et un ciment de calcite microcristalline claire unit les grains. Localement, une marne sableuse grise alterne avec la calcarénite (station 811), qui peut être fortement diaclasée (station 813) ou partiellement silicifiée, près du granite (station 604).

c) *Sinémurien-Pliensbachien*. — Les Calcaires à Gryphées (*Bucklandi* - *Ibex*) affleurent largement devant Barfleur et autour des îles Saint-Marcouf.

Le premier groupe de stations (555, 556, 607, 608, 610, 611) à l'Est-Nord-Est du Cotentin, comporte des calcilutites gris pâle, parfois à texture grumeleuse, alternant avec des marnes souvent plus riches en lignite, en pyrite et par conséquent plus sombres. On y observe essentiellement : des fragments de Pélécypodes (*Liogryphaea*, *Plagiostoma*, *Chlamys*, *Entolium*, *Oxytoma*), de Crinoïdes (*Isocrinus tuberculatus* (Miller)), « vertèbres » d'Ophiuroïdes, radioles d'Ourins, rares tronçons de Bélemnites (station 607) ou coquilles de jeunes Rhynchonelles écrasées (station 610), débris de lignite. La microfaune est relativement peu abondante, représentée par des petites formes mal conservées. Les Foraminifères comprennent surtout des Nodosariidae (*Lenticulina* sp., *Margulina inaequistriata* Terq. de 611, *Lingulina* sp.),

quelques rares *Involutina* sp. et *Ophthalmidium* sp. (610, 611). Parmi les Ostracodes déterminables, il faut noter *Hungarella lenticulata* Viaud et *H. infra-lasica* Viaud identifiées par P. Andreieff (B.R.G.M., Orléans - La Source) dans la marne de 555 et trouvées également dans celles de 610 et 611, en compagnie de *Bairdia* sp. (611) et de *Cytherelloidea* sp. (556). Cet affleurement appartient au Sinémurien inférieur en grande partie.

La station 812, intercalée entre les affleurements de Calcaire de Valognes (Hettangien) des stations 811 et 813 contenant une faune comparable, correspond à un ensellement du Jurassique inférieur comme on en connaît déjà dans les rochers littoraux.

Un faciès plus récent des Calcaires à Gryphées, moins marneux et plus coquillier, contenant spécialement des petits Gastéropodes plus fréquents et moins de Plagiostomes et de Crinoïdes, fait transition vers les couches plus franchement calcaires du Carixien (stations 820, 823, 824, 825) au pourtour des îles Saint-Marcouf. L'apparition de *Verneulinoides* cf. *maurittii* Terq au milieu d'une faune variée de Nodosariidae pourrait être un indice du Plienbachien inférieur dans la station 821 comme dans le Bessin [Riout et Bizon, 1961]. Il est important de remarquer que le pointement de quartzite blanc ordovicien de Saint-Marcouf, carotté à la station 822, est entouré de Calcaires à Gryphées; la station 826 n'ayant pas donné lieu à une datation certaine, le calcaire n'étant peut-être pas en place, il est difficile de localiser le passage de la faille des Veys. D'après les dragages antérieurs, cet accident ne doit pas être éloigné. La remontée du socle paléozoïque par rapport aux couches liasiques qui l'entourent est du même ordre que le rejet de la faille des Veys, mais en sens inverse.

d) *Toarcien, Aalénien, Bajocien*. — Aucune formation caractéristique de ces trois étages n'a été rencontrée dans le fond de la Baie de Seine. La maille du réseau de prélèvements est, là encore, assez lâche pour que des calcaires ou des marnes, appartenant à l'un ou l'autre de ces étages, ne soient pas carottés. Mais jamais le Toarcien n'a été recueilli en place dans l'Ouest de la baie, bien qu'on en ait trouvé quelques galets. L'Aalénien et le Bajocien ne sont pas repérés.

e) *Bathonien*. — Sans aucun doute, ce sont les formations bathoniennes qui occupent la plus grande

superficie des affleurements rocheux de la Baie de Seine [Lassonneur et Riout, 1969 b]. Les divers faciès continuent au Nord ceux qui sont connus sur les côtes du Bessin et de la Campagne de Caen. La partie moyenne des calcaires bathoniens est la mieux représentée.

A la base de la série, les marnes et calcaires argileux ou finement grenus des « Marnes de Port-en-Bessin », groupés au large de Barfleur (stations 543, 549, 550) contiennent des fragments de Pélécy-podes (Pectinidae, *Bositra buchi* (Roemer), de Crinoïdes, des spicules d'Eponges, quelques Ostracodes et Foraminifères (La liste de ces derniers est donnée dans le Tableau II). Il existe de nombreuses formes communes aux marnes bathoniennes de la Manche centrale, de la Baie de Seine et du Bessin, mais dans ces deux dernières régions, le faciès calcaire des « Pierres de Taille » (« couches de Verville », « couches de Cricqueville » et « couches de Maisy ») commence plus tôt, dans la zone à *Progracilis*. Dans l'état actuel de nos connaissances rien ne permet de penser que l'affleurement des Marnes de Port-en-Bessin du Nord-Ouest de la Baie de Seine se prolonge au Sud du parallèle de Saint-Vaast-la-Hougue, des sédiments meubles couvrant souvent les fonds de roches.

Des carottes de calcarénites finement grenues, formées de débris roulés de Pélécy-podes (Pectinidae, Huîtres), de Crinoïdes, de Bryozoaires, de Brachio-podes, de valves d'Ostracodes et de spicules d'Eponges, avec fréquentes sections de *Trochammina hauesleri* (Gall.) et de *Paalzowella feifeli* (Paalzow) jalonnent l'affleurement des calcaires du Bathonien moyen, exploités à terre comme pierres de construction; ces stations se cantonnent au large du Bessin (530, 832, 833, 834). Ces affinités avec la côte proche se confirment encore dans les stations 540 au large, et 831 près du Raz de la Percée, où le faciès devient franchement spongolithique, silicifié comme dans certains échantillons du « Grès du Planet », cantonné au sommet des falaises du Bessin. A ce propos, il n'est pas sans intérêt de noter que des grès pâles, non fossilifères, rapportés au Jurassique moyen, en Manche occidentale, viennent d'être signalés par D. Curry, D. Hamilton et A.J. Smith [1970] entre le Cotentin et le Devon.

Entre les pierres de taille du Bathonien moyen et les calcarénites fossilifères du Bathonien supérieur, la station 528, avec son cachet particulier, rappelle la

« caillasse » de Reviers et de Graye-sur-Mer, déjà rencontrée auparavant : calcarénite gris beige, à matrice argileuse abondante, plages de ciment calcitique microcristallin, riche en gros articles de Crinoïdes, Bryozoaires, Brachiopodes *Digonella* sp., *Flabellothyris flabellum* (Defr.), Mollusques, alternant avec une marne jaunâtre à Nodosariidae divers sans grande signification stratigraphique, mais parmi lesquels apparaît *Lenticulina tricarinnella* (Reuss), en même temps que *Trocholina conica* (Schlumb.); *Bairdia* sp. et *Cytherelloidea* cf. *catenulata* (Jones & Sherb.) sont présents. Cette microfaune indique le toit du Bathonien moyen.

La Pierre blanche de Langrune termine la série côtière de calcaires bathoniens normands. Avec les passées des caillasses sur lesquelles elle repose, cette formation typique dessine une auréole depuis la côte du Calvados (station 526, 527, 529, 835, 836, 837) jusqu'aux affleurements situés autour de l'intersection du méridien de Port-en-Bessin et du parallèle de Barfleur (stations 633, 636, 637), où elle s'enneie sous le Callovien argileux. Calcarénite ou calcirudite blanchâtre, pétrie de Bryozoaires, de Crinoïdes (*Isocrinus nicoleti* (Desor)), radioles d'Oursins, débris de Mollusques (y compris des petites coquilles de Pélécypodes et de Gastéropodes conservées entières), de Brachiopodes, de Polypiers et de Serpules, rares Foraminifères roulés et Ostracodes mélangés à des oolithes et à des gravelles ou grumeaux argileux remaniés. Une matrice argileuse peut exister au voisinage des caillasses, mais le ciment est plus souvent une mosaïque de calcite claire spatique. Il existe un granoclassement des éléments bioclastiques lié aux différents feuillets de la stratification oblique. Les marnes des caillasses contiennent un plus grand nombre de Foraminifères et d'Ostracodes (Tableau II). A la limite inférieure de la Pierre de Langrune, se trouve un épisode plus grossier, avec pisolithes dépassant le centimètre, encroûtés de Bryozoaires, de Serpules, de *Nubeculinella infraoolithica* (Terq.) et d'Algues du groupe des Girvanelles : ce faciès est celui des stations 636 et 637.

Ainsi, les principales formations bathoniennes ont été mises en évidence.

f) *Callovien*. — L'affleurement de Callovien inférieur, signalé dans les récents dragages, est localisé avec précision par la carotte 635. La marne grise à rares petits grains de quartz, moules internes de Gastéropodes et tubulures épigénisées en pyrite, débris

de Pélécypodes et restes de Poissons (écailles, tissus osseux), contient en outre quelques Foraminifères, *Lenticulina polonica* (Wisn.), *Flabellinella* sp. et *Epistomina* sp., mais pas d'Ostracodes déterminables.

Vers le Nord, le Jurassique s'enneie sous le Crétacé transgressif, et vers l'Est, une couverture de sédiments meubles, relativement épaisse, masque les formations du Jurassique supérieur en direction de l'estuaire de la Seine.

Conclusions sur la Baie de Seine.

Plusieurs précisions importantes concernant la Baie de Seine sont apportées par l'étude des carottages.

Les minéralisations en silice et en barytine connues dans les formations du Trias supérieur au Nord-Est du Cotentin, ont encore une fois été observées sur la bordure orientale immergée du massif granitique de Barfleur.

Les calcaires à Gryphées (Sinémurien-Carixien) viennent buter vraisemblablement contre les Marnes de Port-en-Bessin (Bathonien inférieur-Bathonien moyen) à l'Est de Barfleur.

Le pointement de Grès armoricain des îles Saint-Marcouf est entouré par les Calcaires à Gryphées et un petit ensellement du Sinémurien est décelé au large de Quinéville.

Les couches du Toarcien, de l'Aalénien et du Bajocien n'ont pas été repérées.

La répartition des calcaires bathoniens est confirmée : Marnes de Port-en-Bessin, entourées de calcaires du Bathonien moyen au large du Bessin, à l'Ouest de la baie, et auréole de calcaires fossilifères du Bathonien supérieur au large de la Campagne de Caen, avec témoin de Callovien argileux sur le méridien de Port-en-Bessin, en bordure de la Manche centrale.

On remarquera enfin que la limite septentrionale des affleurements jurassiques correspond grossièrement à la limite de la Baie de Seine allant de la pointe de Barfleur au cap d'Antifer.

3. MANCHE ORIENTALE (fig. 4).

Malgré de nombreux documents géologiques accumulés depuis plus d'un siècle, la nature et la répartition des formations jurassiques constituant

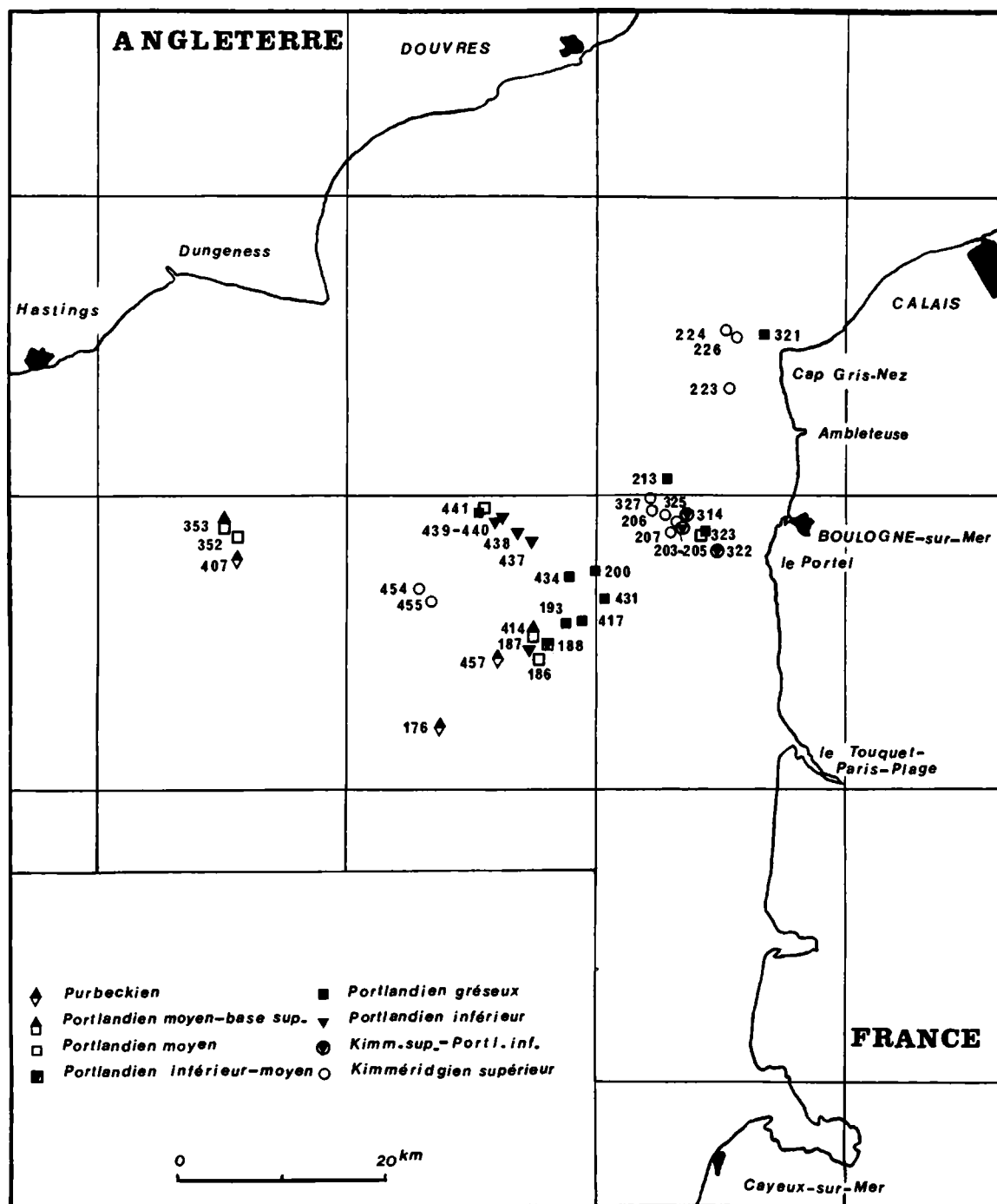


FIG. 4. — Position des carottages de Jurassique supérieur en Manche orientale.

les fonds de la Manche orientale n'étaient pas connues avec précision.

Après les travaux du pionnier H.M. Brunel [Donovan, 1967], la cartographie sous-marine des fonds du Pas-de-Calais fit de sensibles progrès à la fin du XIX^e siècle [Hallez, 1889]. Plus tard, des calcaires marneux fossilifères et des calcaires gréseux, rapportés au Portlandien, ont été dragués à quelques milles à l'Ouest-Sud-Ouest et au Nord-Ouest de Boulogne-sur-Mer par L. Dangeard [1928]. Depuis 1945, Français et Anglais ont effectué de nombreux carottages et profils sismiques, en particulier dans le cadre des reconnaissances géologiques pour le tunnel sous la Manche, mais les publications concernant ces recherches n'ont guère donné de détails pétrographiques et paléontologiques, même la remarquable étude de W.B.R. King [1949]. Une mise au point récente [Donovan, 1968] propose néanmoins une vue d'ensemble sur la configuration des affleurements jurassiques.

Au cours de la mission du CNEXO, les carottages étalonnant les profils sismiques, ont permis de mettre en évidence une succession stratigraphique allant du Kimméridgien supérieur au Portlandien supérieur inclus. Ces prélèvements de roches en place jalonnent un large affleurement, de contour grossièrement triangulaire, pointant vers l'Angleterre et en continuité avec les falaises du Boulonnais, entre le Cap Gris-Nez au Nord, le voisinage du méridien 0°50'E sur le parallèle de Boulogne à l'Ouest, et la région du Touquet - Paris - Plage au Sud. La structure des affleurements sous-marins prolonge en effet celle du bombement anticlinal du Boulonnais jusque dans l'axe de la Manche orientale. Par contre, les formations jurassiques n'affleurent pas dans l'alignement de la boutonnière du Pays de Bray [Lapierre, Robert et Ville, 1970 b].

Les faciès jurassiques rencontrés peuvent être regroupés en trois ensembles distincts :

- les *marnes*, alternant avec des petits bancs de calcaires argilo-gréseux, contenant des microfaunes de Foraminifères et d'Ostracodes caractéristiques de différents niveaux s'échelonnant du Kimméridgien supérieur au Portlandien terminal;
- les *grès*, glauconieux, à ciment calcaire, rapportés au Portlandien inférieur;
- les *calcaires*, argileux, grumeleux, dont le faciès est connu dans les formations purbeckiennes du Boulonnais et du Dorset.

A — Les marnes du Jurassique supérieur.

Les marnes, généralement pyriteuses, localement feuilletées, tantôt sombres (bleues ou noires), tantôt claires (grises ou ocre), contiennent des passées sableuses, des petits bancs grésocalcaires ou grésargileux et des lumachelles d'Exogyres. D'ordinaire, elles renferment de riches microfaunes de Foraminifères et d'Ostracodes qui ont servi à la datation relative de six niveaux du Jurassique supérieur. La composition détaillée de la microfaune est résumée pour chaque station fossilifère dans le Tableau III. Des petites dents de Reptiles, dents, écailles ou ossements de Poissons, plaques et radioles d'Echinoïdes, articles de Crinoïdes et « vertèbres » d'Ophiuroïdes, fragments de tests de Mollusques, débris de lignite, s'y trouvent également.

Les minéraux argileux sont essentiellement représentés par le couple kaolinite-argile micacée, dominant la montmorillonite, la vermiculite associée ou non à un interstratifié mica-montmorillonite, ou encore, à la chlorite [Estéoule et Estéoule-Choux, 1970] le tout en proportions variables d'un échantillon à l'autre.

a) *Kimméridgien supérieur*. — Ces marnes, plutôt claires, sableuses et pyriteuses, sont souvent riches en Exogyres et alternent avec des calcaires gréseux ou argileux.

Trois groupes de stations ont été rapportés au Kimméridgien supérieur :

— le premier, au large du Cap Gris-Nez constitue le groupe jurassique le plus septentrional de la campagne. Les marnes grises de la station 223 accompagnent un calcaire argileux et gréseux, à écailles de Poissons, grains de glauconie et de phosphate, parsemé de cristaux de pyrite. Celles de la station 224 sont associées à une lumachelle d'Exogyres, dans laquelle les valves d'Huître empilées et noircies, sont parfois perforées par des Cryptogames ou écrasées par compaction; la calcite spathique qui les cimente, contient de la pyrite;

— le second groupe, le plus important, se trouve au large de Boulogne. Les marnes ocre ou grises, analogues à celles de la station 203, sont interstratifiées avec des calcaires argileux dans la station 206, tandis que celles de la station 207 montrent des intercalations de calcaires gréseux, pyriteux, coquilliers riches en Exogyres. Dans la station 325, elles sont plus sableuses, avec des dents et tissus osseux

Liste récapitulative des Foraminifères et Ostracodes
Manche orientale (d'après J. GUYADER)

[illegible]

de Poissons, articles d'Ophiuroïdes, débris de lignite et plaquettes grés-pyriteuses à Exogyres. Enfin, à la station 327, les marnes bleues feuilletées, sableuses (grains de quartz et de grès) sont pétries d'Exogyres;

— le troisième groupe se situe dans l'axe de la Manche, sensiblement à égale distance de Dungeness et de Boulogne. Le carottage 455 n'a ramené qu'une petite quantité de marnes grises, légèrement sableuses, avec une microfaune peu abondante. Les marnes gris verdâtre, sablonneuses, faiblement micacées, avec débris d'Huitres, de Crinoïdes et rares valves écrasées d'Ostracodes, de la station 454, sont rapportées avec doute à la partie supérieure du Kimméridgien.

b) *Kimméridgien supérieur-Portlandien inférieur* ² — Le contenu paléontologique de ces trois stations ne permet pas de préciser davantage leur position stratigraphique. Des calcaires gréseux coquilliers ont été rencontrés dans les marnes sableuses de la station 205. La lumachelle d'Exogyres de la station 322, plus proche de la côte du Boulonnais est dépourvue de microfaune; les Huitres appartiennent à la lignée d'*Exogyra virgula* Defr., d'après les caractères externes et internes des valves. Au Sud-Ouest de Boulogne, les marnes sableuses à Exogyres et bancs de grès pyriteux coquillier de la station 423 sont peu fossilifères.

c) *Portlandien inférieur*. — Trois stations au voisinage de l'axe de la Manche orientale sont datées du Portlandien inférieur. Ce sont les marnes à Exogyres et le calcaire gréseux, bioclastique, du carottage 187, les marnes grises à débris de grès calcaire du carottage 437 et les marnes compactes à nodules de grès pyriteux, débris d'Exogyres et de Gastéropodes, « vertèbres » d'Ophiuroïdes, du carottage 440.

Le calcaire argileux et gréseux, à fins débris de lignite et de quartz non-usés, rares fragments de Pélécy-podes, cristaux de pyrite et ciment de calcite microcristalline, rencontré dans la station 439, à proximité des marnes grises compactes, à débris de lignite, fragments de Crinoïdes et rares *Lenticulina*

sp. encroûtées de la station 438, pourrait être placé au voisinage de ce groupe ou du précédent.

d) *Portlandien inférieur - Portlandien moyen*. — En dépit d'une riche microfaune, l'âge des marnes sableuses à Exogyres, radioles d'Oursins, articles de Crinoïdes et « vertèbres » d'Ophiuroïdes de la station 188, n'a pu être déterminé avec plus de précision.

e) *Portlandien moyen*. — Compte tenu de leur dispersion, il est difficile d'établir des corrélations entre les quatre stations rapportées au Portlandien moyen.

La première (323), dont les marnes sableuses alternent avec un grès glauconieux, à grains de quartz corrodés, mal classés, débris roulés de grès, d'Huitres et d'Echinodermes dans un ciment de calcite spathique en grandes plages monocristallines, n'est distante que de quelques milles de Boulogne. Dans les deux suivantes, placées plus près de l'axe de la Manche, le carottier a remonté des marnes gris bleu, à fragments grés-pyriteux, débris d'Exogyres et dents de Poissons (station 186) et des marnes très riches en « vertèbres » d'Ophiuroïdes avec des petits bancs de grès à ciment calcaire, avec grains de quartz très corrodés, micas, débris de grès roulés, d'Huitres à test perforé par des Cryptogames et ciment de calcite claire (station 441). Enfin, la quatrième et dernière station (352), avec ses marnes noires compactes, à petites baguettes de pyrite, appartient à un petit groupe de carottages, au Sud-Est d'Hastings, jalon le plus occidental de l'affleurement suprajurassique tel qu'il a été délimité au cours de la campagne.

f) *Portlandien moyen - base du Portlandien supérieur*. — Deux stations seulement ont fourni une abondante microfaune de cet âge : les marnes bleues feuilletées, à nombreux fragments grés-pyriteux débris de Poissons, articles de Crinoïdes et « vertèbres » d'Ophiuroïdes de la carotte 414 d'une part et d'autres part, les marnes grises, à petits morceaux de grès pyriteux, d'Exogyres et articles de Crinoïdes de la carotte 353. Ces deux affleurements sont là encore très éloignés, 414 au voisinage de l'axe, et 353 près des côtes anglaises, au Nord-Ouest de 352, à la pointe occidentale du triangle cité plus haut.

B. — Les grès du Jurassique supérieur.

Les grès glauconieux à ciment de calcite sont constitués de grains de quartz, de feldspaths, et

2. Deux tests d'*Everticyclammina* cf. *virguliana* (Koechlin), triés et déterminés par P. Andréieff dans une marne très glauconieuse (station 12) et dans une craie glauconieuse (station 13) indiquent tout au plus la proximité d'affleurements du Kimméridgien supérieur-Portlandien inférieur, au Nord-Ouest du cap d'Antifer. La microfaune des stations 203 et 206 a également été identifiée par notre collègue du B.R.G.M. (Orléans-La Source).

plus rarement de micas, en voie d'altération, de débris roulés de grès, et même d'oolithes calcaires remaniées. Les quartz non-usés ou émoussés-luisants, hétérométriques, sont généralement mal classés; leur section présente fréquemment d'importants golfes de corrosion remplis de calcite ou d'oxydes de fer. Les grains de glauconie ont subi un long brassage, ainsi que les grains bioclastiques constitués pour la plupart, de débris d'Huîtres, de Trigonies, d'Echinodermes, de restes de Poissons, quelquefois de tissus ligneux; les valves d'Ostracodes sont écrasées, les tests de Foraminifères roulés et toujours rares. Ces caractères varient peu d'une station à l'autre; la fréquence de la glauconie et l'état de cristallisation de la calcite du ciment introduisent quelques variations mineures.

Ce faciès rencontré au large du Cap Gris-Nez (station 321), est surtout développé au voisinage de l'axe de la Manche orientale, à l'Ouest et au Sud-Ouest de Boulogne (stations 193, 200, 213, 323, 431, 441). Les sables graveleux, prélevés aux stations 417 et 434, contiennent de nombreux fragments roulés de ces grès: dans les deux cas, les affleurements de la roche en place ne sont vraisemblablement pas éloignés.

En l'absence de fossiles, il est difficile de dater ces grès avec précision, d'autant plus que des assises détritiques existent à plusieurs niveaux du Kimméridgien et du Portlandien dans le Boulonnais. Toutefois, il convient de souligner que ces grès sont associés à des marnes datées du Portlandien moyen par leur microfaune, dans les stations 323 et 441; de plus, ces grès ne sont généralement pas loin des affleurements de marnes du Kimméridgien supérieur. Or, dans le Boulonnais, les Grès de la Crèche, du Portlandien inférieur, reposent sur les argiles

feuilletées du Chatillon, rapportées au Kimméridgien supérieur, et sont recouverts par les couches argileuses du Portlandien moyen. Etant donné les caractères pétrographiques, la puissance et le rôle des Grès de la Crèche dans la morphologie littorale, il semble raisonnable de penser que les grès glauconieux à ciment calcaire des affleurements sous-marins représentent le Portlandien inférieur dans la Manche orientale.

C. — Les calcaires du Jurassique supérieur.

Bien que dispersés, les calcaires des stations 176, 407 et 457 offrent des caractères communs qui leur confèrent une grande originalité et les distinguent de tous les calcaires associés aux marnes kimméridgiennes et portlandiennes. Il s'agit de calcaires grumeleux, argileux, avec rares spicules d'Eponges, fragments roulés de Bryozoaires, valves d'Ostracodes ou tests usés de Foraminifères. Les grumeaux argileux sont arrondis, quelquefois granoclassés; parmi eux, certains sont des coprolithes. Parfois ils sont accompagnés de débris argileux anguleux à texture homogène. La stratification primaire est localement bouleversée par des organismes fousseurs. La compaction a joué de façon différente d'un lit à l'autre au cours de la diagenèse: dans certains lits, les grumeaux, pressés les uns contre les autres, laissent un volume minimal au ciment de calcite, tandis que dans le lit contigu, les grumeaux semblent flotter dans la matrice argileuse ou le ciment spathique. Certaines structures filamenteuses, recristallisées, sont attribuables à des Algues (457, 407).

Ce type de calcaire correspond à un dépôt de milieu peu profond, vraisemblablement saumâtre ou d'eau douce. Il rappelle un faciès connu dans le

PLANCHE I

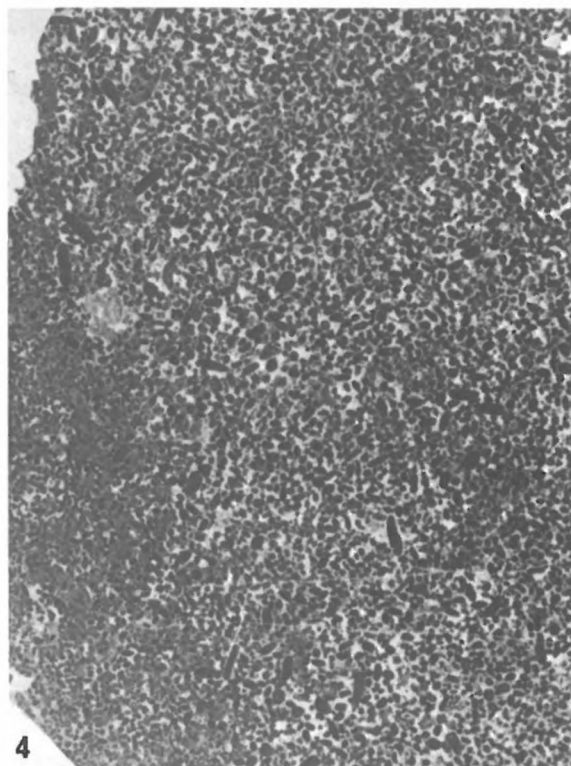
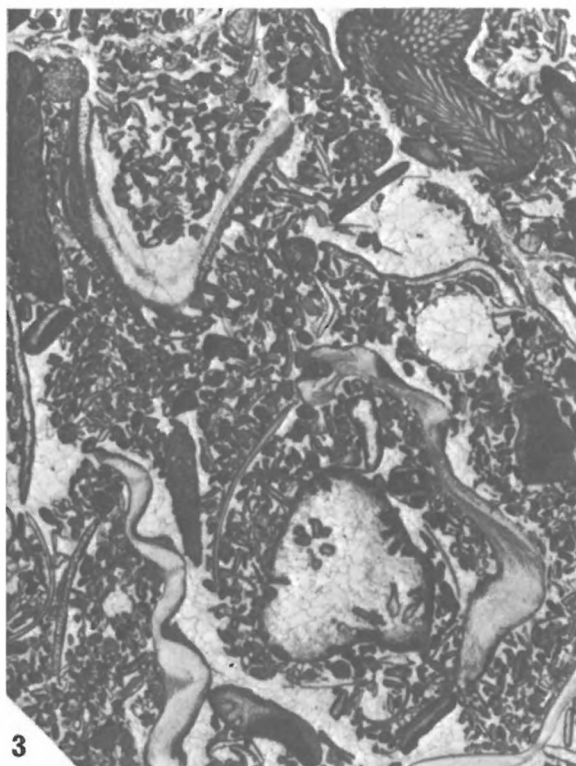
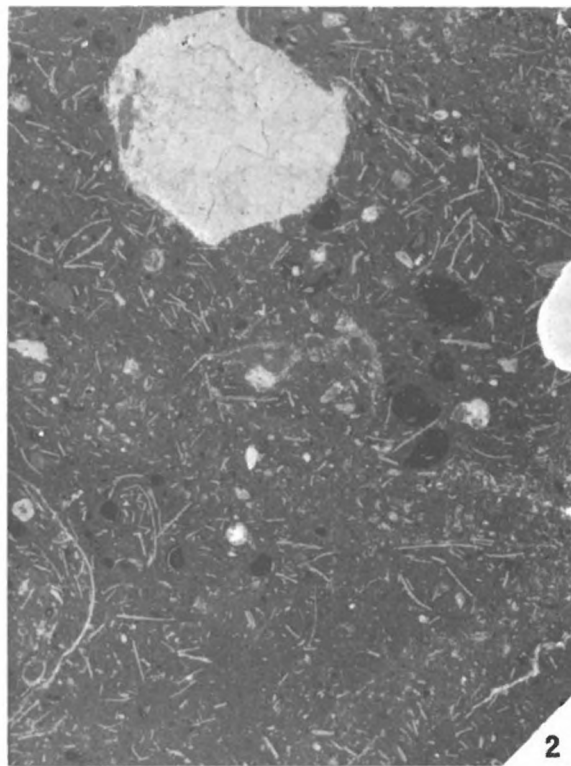
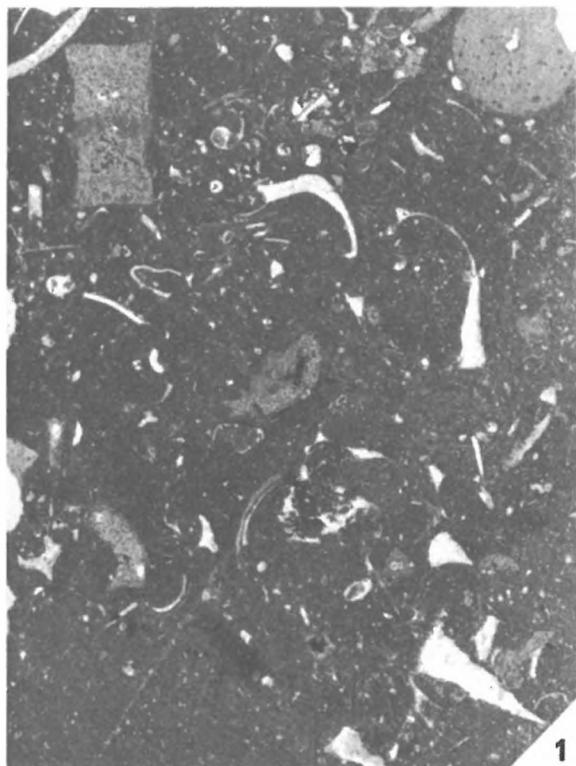
1: Station 812 — Calcaires à Gryphées (Sinémurien). Calcilutite à débris de Pélécypodes recristallisés, articles de Crinoïdes (*Isocrinus tuberculatus*), sections de petits Gastéropodes, de Foraminifères (Nodosariidés) et d'Ostracodes ($\times 9$).

2: Station 970 — Calcaire à Ammonites (Toarcien). Calcilutite à « filaments » et débris remaniés phosphatés; nombreuses sections de test minces de Pélécypodes pélagiques (valves libres ou en connexion), remplissage sombre et phosphaté de petites coquilles d'Ammonites, de Gastéropodes et de Pélécypodes, quelques spicules d'Eponges, Foraminifères (*Lenticulina*), Ostracodes ($\times 10$).

3: Station 837 — Pierre de Langrune (Bathonien supérieur). Calcarénite hétérométrique riche en Bryozoaires, Polypiers (Stylinidae), Brachiopodes (Zeilleriidae), Pélécypodes, Crinoïdes, Echinoïdes, Gastéropodes, Serpules, quelques Foraminifères (Nodosariidés), rares oolithes. Ciment de calcite microcristalline et spathique. Les gros débris coquilliers sont mélangés à un sable dont les grains ont en moyenne 130 à 140 μ de diamètre ($\times 7$).

4: Station 176 — Faciès purbeckien (Portlandien terminal). Calcaire à fins grumeaux et coprolithes de 30 à 200 μ de diamètre en moyenne, avec rares valves d'Ostracodes et débris de bois. Une matrice argileuse existe dans certaines plages. Le ciment de calcite microcristalline claire est constitué de cristaux de 5 à 20 μ ($\times 9$).

Clichés M. RIOULT.



Calcaire à Algues du Boulonnais et dans les Purbeck beds du Dorset. L'attribution de ces calcaires au toit du Portlandien, sous son faciès purbeckien, se justifie à la fois par l'existence de tels calcaires de part et d'autre de la Manche et par la découverte de nombreuses valves de l'Ostracode *Fabanella ansata* (Jones) dans la marne collée au calcaire de la station 407, au Sud-Est d'Hastings.

Conclusions sur la Manche orientale.

Les carottages relativement nombreux qui ont rencontré les formations du Kimméridgien supérieur et du Portlandien au large du Boulonnais montrent que les marnes, les grès et les calcaires du Jurassique supérieur affleurent sur de grandes étendues en Manche orientale, à la faveur du bombement anticlinal prolongeant la structure plissée et faillée connue sur le continent.

Du point de vue lithologique, il n'y a pas de grandes variations latérales de faciès par rapport aux coupes littorales; il faut remarquer cependant que les sables et calcaires sableux du Portlandien supérieur proprement dit n'ont pas été reconnus.

Du point de vue micropaléontologique, les microfaunes du Jurassique supérieur, étudiée par J. Guyader dans les marnes prélevées entre les transversales Saint-Valéry-en-Caux - Hastings et Calais - Douvres, sont toutes plus récentes que celles des falaises encadrant l'estuaire de la Seine [Guyader, 1968] et elles présentent des affinités marquées avec celles des sondages de la région de Rouen ou celles des affleurements du Pays de Bray, généralement plus riches et mieux conservées que celles des falaises côtières du Boulonnais.

Les grands accidents tectoniques du Boulonnais sont orientés WNW-ESE : il faut constater que les profils sismiques ont en majorité cette direction entre Boulogne et Dungeness, ce qui ne facilite pas l'interprétation structurale, les enregistrements étant parallèles aux axes des replis anticlinaux et synclinaux de la couverture jurassique. Cependant, les affleurements repérés semblent se répartir le long de trois petits plis anticlinaux WNW-ESE dont les axes passeraient approximativement par Ambleteuse, Boulogne-le Portel et le Touquet.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

Tout d'abord, il est indéniable que les recherches en vue d'une datation précise des matériaux de dragages ont fait progresser nos connaissances sur les séries jurassiques bordant les côtes de la Manche, en exigeant de nouveaux critères pétrographiques, minéralogiques et paléontologiques.

Les données géologiques nouvelles, fournies par l'étude des matériaux de cette campagne des trois points de vue lithologique, paléontologique et tectonique, viennent s'ajouter aux documents amassés au cours des dernières années sur les formations jurassiques de la Manche centrale et orientale. Elles contribuent grandement à l'interprétation des enregistrements géophysiques. Les trois domaines mis en évidence ont chacun leur originalité et leurs affinités :

- la Manche avec le Dorset;
- la Baie de Seine avec le Calvados;
- la Manche orientale avec le Boulonnais.

Cette différenciation fondamentale permet de mieux

PLANCHE II

A : KIMMÉRIGGIEN SUPÉRIEUR. Nombreux *Everticyclammina vigurliana* (a), *Triplasia kimmeridensis* (b), *Lenticulina uralica* (c). Population d'Ostracode dominée par *Cytheropteron bispinosum crassum* (d), *Galliaecytheridea postrotunda* (f). On rencontre déjà *Metacytheropteron elegans* (e), rares *Macrodentina* (Poly.) *wicheri*.

B : PORTLANDIEN INFÉRIEUR. Quelques *E. virguliana* (a) de petite taille, *Ammobaculites coprolithiformis* (c), *A. subaequalis* (b), *Marginulina costata* (e), *Vaginulina flabellata* (f), *Macrodentina ornata* (g), *Dicrorygma kimmeridgensis* (h).

C : PORTLANDIEN MOYEN. Grands Foraminifères avec *Vaginulina raricostata* (a), *V. flabellata* (b). Nombreux *Protocythere serpentina* (c). *Macrodentina* cf. *punctatula* (e).

D : PORTLANDIEN MOYEN A SUPÉRIEUR. Grands Foraminifères souvent encroûtés : *M. cf. pyramidalis* (a), *V. raricostata* (b), *Marginulina embaensis* (c), *Saracenaria alata-angularis* (d). Belle faune d'Ostracodes avec de nombreux *Macrodentina* : *M. cf. dicyota* (e), *M. cf. transiens* (f). Grandes formes de *M. (Dictyocythere ?) cf. mediostricia transfuga* (g), *Orthonotacythere pustulata* (i), *Pyrocytheridea*.



comprendre l'évolution de la sédimentation et de la paléogéographie au cours du cycle jurassique.

Les caractères particuliers du Jurassique dans chacune des trois régions de la Manche viennent éclairer d'un jour nouveau les corrélations entre les affleurements des côtes anglaises et françaises. En élargissant le débat au niveau de la signification de la Manche dans le contexte du bassin anglo-parisien, la campagne géologique du CNEXO n'aura pas acquis là son moindre mérite.

— Le Jurassique de la Manche centrale prolonge la série du Dorset et se raccorde au Jurassique de la Manche occidentale. C'est une série plus argileuse et plus épaisse que celle de Basse-Normandie et de Baie de Seine sur la bordure septentrionale du Massif armoricain.

— Avec leur faciès identique à celui de la succession littorale normande, les formations jurassiques de la Baie de Seine se sont déposées dans les mêmes conditions que celles de Basse-Normandie.

— Enfin, les couches du Jurassique supérieur de la Manche orientale prolongent fidèlement les affleurements côtiers du Boulonnais en direction du Sud-Est de l'Angleterre. Cette série montre des affinités avec le Jurassique supérieur du Pays de Bray et de la région rouennaise plutôt qu'avec l'estuaire de la Seine.

Les affleurements du Jurassique supérieur de la Baie de Seine étant en grande partie masqués par des formations meubles, il est difficile de les comparer à ceux de la Manche orientale. Toutefois les séries jurassiques de Basse-Normandie et du Boulonnais présentent des caractères communs qui contrastent avec ceux de la succession stratigraphique beaucoup plus développée dans le sous-sol du Pays de Bray et du Pays de Caux, dans le prolongement du « bassin de Dieppe ». Baie de Seine-Normandie et Manche orientale - Boulonnais se trouvent situés de part et d'autre de ce couloir qui met en communication le Bassin parisien et le Bassin du Sud-Ouest de l'Angleterre, en suivant l'intervalle compris entre les contreforts de massifs anciens (Massifs armoricain à l'Ouest et Boulonnais à l'Est) pour déboucher en Manche centrale, à la limite septentrionale de la Baie de Seine.

Le domaine paléogéographique constitué par la Manche centrale, le Dorset, et la Manche occidentale a connu pendant le Jurassique des épisodes à forte sédimentation et subsidence accélérée, par compa-

raison à la bordure du Massif armoricain et à celle du Pays de Galles. Au Sinémurien, au Bathonien, à l'Oxfordien, au Kimméridgien inférieur, il existe des traits lithologiques et paléontologiques communs entre la Manche centrale, le Dorset et la Basse Normandie, mais en dehors de ces périodes, il faut chercher des points de comparaison plus au Nord-Ouest, dans le Somerset et le Gloucester. La Manche centrale et le Dorset se comportent donc comme la gouttière du Pays de Caux et la prolongent au Nord-Ouest.

La présence d'une dépression subsidente entre les massifs anciens pose naturellement le problème de la Trouée de la Manche, vers l'Ouest. La mer jurassique qui baignait les côtes du Massif armoricain, du massif de Cornouaille-Devon et du massif gallois présentait-elle un passage vers l'Ouest entre les deux premières grandes îles ? Par leurs caractères lithologiques et paléontologiques, les échantillons liasiques récoltés au Sud d'Eddystone, dans la Manche occidentale, sont, à eux seuls, des indices très favorables à l'existence d'une voie de communication entre la Bretagne et la Cornouaille britannique *au moins au cours du Jurassique inférieur*, de l'Hettangien au Toarcien inclus, communication qui a certainement joué un rôle important au Crétacé supérieur et à l'Eocène [Riout, 1968].

Enfin, les résultats obtenus encouragent à poursuivre les recherches pour préciser encore la cartographie à l'échelle des formations et résoudre un certain nombre de problèmes mentionnés au passage au cours de cette étude.

BIBLIOGRAPHIE PARTIELLE.

- CURRY D. (1962). — A Lower Tertiary outlier in the Central English Channel, with notes on the beds surrounding it. *Quart. J. geol. Soc. London*, 118 (2) : 177-205.
- CURRY D., HAMILTON D. et SMITH A. J. (1970). — Geological and shallow subsurface geophysical investigations in the Western Approaches to the English Channel. *Inst. geol. Soc., Rep. n° 70/3*, 12 p., 3 fig.
- DANGEARD L. (1928). — Observations de géologie sous-marine et d'océanographie relatives à la Manche. *Ann. Inst. océanogr.*, n. s., 6 (!) : 1-295, 27 fig., 8 pl., 18 cartes.
- DINGWALL R. G. (1969). — Geology of the Central English Channel. *Nature*, 224 : 358-359.

- DONOVAN D. T. (1967). — Henry Marc BRUNEL : the first submarine geological survey and the invention of the gravity corer. *Marine Geol.*, 5 : 5-14.
- (1968). — Geology of the continental shelf around Britain. A survey of progress. In « Geology of shelf seas », Proc. 14th Inter-Univ. Geol. Congress (D. T. DONOVAN Ed.) : 1st 14, Edinburgh-London, Oliver and Boyd.
- ESTÉOULE J. et ESTÉOULE-CHOUX J. (1970). — Identification des minéraux argileux et des carbonates dans 90 échantillons. *Rapport scient. CNEOX*, contrat 69/79 : 131-147.
- GUYADER J. (1968). — Le Jurassique supérieur de la Baie de Seine. Etude stratigraphique et micropaléontologique. Thèse Univ. Paris, 3 vol., 269 p., 34 pl., coupes.
- HALLEZ P. (1899). — Sur les fonds du détroit du Pas-de-Calais. *Ann. Soc. géol. Nord*, 28 : 4-23.
- KING W. B. R. (1949). — The geology of the eastern part of the English Channel. *Quart. J. geol. Soc. London*, 104 : 327-337.
- (1954). — The geological history of the English Channel. *Ibid.*, 110 : 77-102, pl. IV.
- LAPIERRE F., ROBERT J.-P. et VILLE P. (1970 a). — Nouvelles données sur la géologie de la Manche centrale. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, sér. D, 271 : 20-23, 2 fig.
- (1970 b). — Esquisse géologique de la Manche orientale. *Ibid.*, sér. D, 271 : 381-384, 3 fig.
- LARSONNEUR Cl. (1965). — Recherches sédimentologiques et géologiques en Manche centrale. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, 29 (2) : 225-242, 7 fig.
- (1969). — La géologie sous-marine aux abords du Cotentin entre Cherbourg et Saint-Vaast-la-Hougue (Manche). *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, 5 : 155.
- (1971). — Manche centrale et Baie de Seine : géologie du substratum et des dépôts meubles. Thèse, Caen, 394 p., 93 fig., 15 tabl., 16 pl. et 1 carte h.-t.
- LARSONNEUR Cl. et RIOULT M. (1969 a). — Le Trias et le Lias des côtes de la Manche au Nord et à l'Est du Cotentin. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, sér. D, 268 : 2019-2022, 1 fig.
- (1969 b). — Le Bathonien de la baie de Seine et ses relations. *Ibid.*, sér. D, 268 : 2231-2234, 1 fig.
- (1969 c). — Le Bathonien et le Jurassique supérieur en Manche centrale. *Ibid.*, sér. D, 268 : 2645-2648, 1 fig.
- PAREYN Cl. et ROYANT G. (1965). — Géologie des rochers littoraux de la côte orientale du Cotentin, entre Saint-Vaast-la-Hougue et Quinéville. *Bull. Soc. linn. Normandie*, (10), V 1964 (1965) : 86-94, 1 fig.
- RIOULT M. (1968). — Contribution à l'étude du Lias de la bordure occidentale du Bassin de Paris. Thèse Doct. Etat, Univ. Caen (n° C.N.R.S. : A.0.1798), 565 p., 15 pl. et Sédiments et milieux du Jurassique normand, 2^e thèse, 94 p., XXIV pl.
- RIOULT M. et BIZON J.-J. (1961). — Contribution à l'étude micropaléontologique du Lias du Bassin de Paris (Foraminifères et Ostracodes). V^e partie : Basse-Normandie (Régions d'Isigny et Sud de Bayeux). Colloque sur le Lias français, *Mém. B.R.G.M.*, 4 : 451-458, fig. 3, pl. V.
- RIOULT M. et GAUTSCH J.-P. (1967). — Contribution à l'étude stratigraphique du Trias du Cotentin (Normandie). *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 264 : 1148-1150.