

Prof. Dr R. PAEPE
Vrije Universiteit Brussel
Kwartaalgeologie
Pleinlaan 2
B-1050 BRUSSEL
Belgium

LIBRAIRIE DE L'UNIVERSITÉ

120810

OCGR 3

REVUE DU CERCLE DES SCIENCES

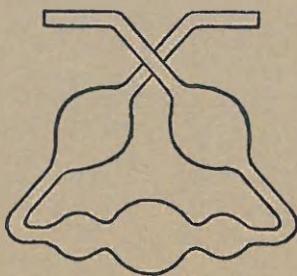
Université Libre de Bruxelles

Secrétariat :
50, avenue F. D. Roosevelt, Bruxelles

PREMIÈRE ANNÉE.

NUMÉRO 4.

JANVIER 1951.

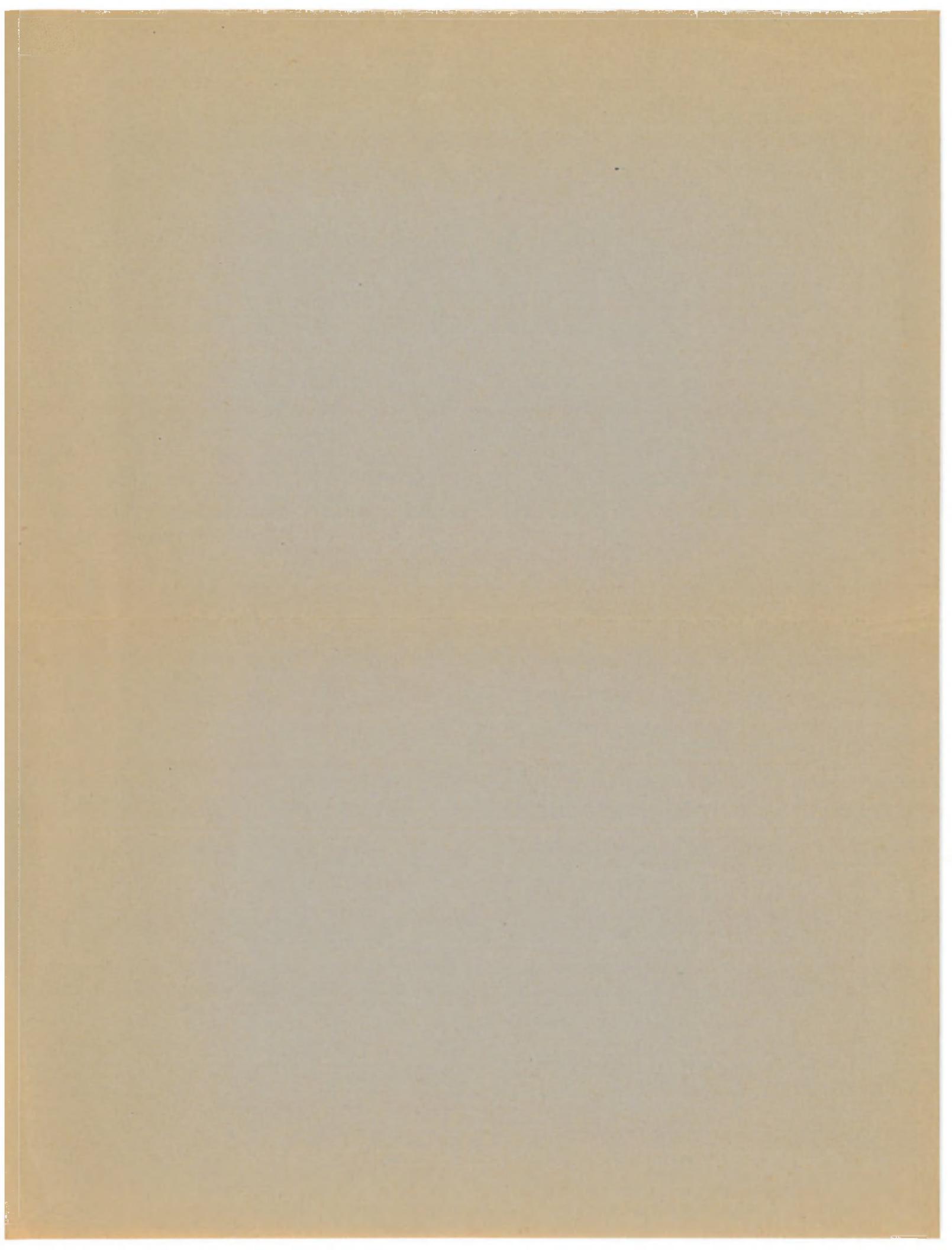


Augustin LOMBARD



L'Etude du fond des Océans et la Géologie

Revue bimestrielle



L'Etude du fond des Océans et la Géologie

Par Augustin LOMBARD.

Professeur à la Faculté des Sciences

Introduction.

Un des grands domaines de l'océanographie comprend l'étude des bassins marins et océaniques, leur forme de morphologie et la composition de leur fond. C'est un domaine difficile à explorer pour des raisons d'ordre technique faciles à imaginer et plus difficiles encore à interpréter car nos connaissances sont très incomplètes.

Vu de loin, cette partie de la géographie physique ne semble pas présenter d'intérêt particulier. La forme des fonds océaniques n'a guère d'influence sur les êtres marins et il semble que d'autres facteurs soient bien plus importants pour leur vie et leur éthologie : profondeur des fonds, courants, physique et chimie de l'eau, commensalisme.

Par ailleurs la nature minérale du fond marin semble aussi d'une monotonie relative bien que ses organismes montrent une certaine variété dans les zones littorales et dans les climats chauds. Il semblerait que l'on a affaire à une pédologie particulière dont l'étude n'a même pas l'attrait des applications de la pédologie continentale.

En fait, il en est tout autrement car, nous allons le voir, ce qui se passe au fond des mers est l'enregistrement ou l'image d'une série de phénomènes géophysiques qui se déroulent soit dans les océans même soit sur les continents. Un volcan comme l'Etna ou le Krakatao se met-il à produire des cendres, celles-ci vont retomber dans la mer et former une couche fine de dépôts sur son fond à des dizaines et des centaines de kilomètres à la ronde. Les glaciers du Nord avancent en banquise et multiplient leurs icebergs. Ces derniers vont transporter puis déposer de nombreux débris de roches arctiques qui se répartiront jusqu'aux Açores.

Un régime de pluies tenace et abondant s'installe dans le bassin du Congo. Ce fleuve va débiter vers la mer une quantité accrue de vases et de boues qui vont s'étaler sur des aires immenses de l'Atlantique. Une faille surgit sur le trajet d'un courant dans les îles du Pacifique. Le trajet du courant est modifié et tous les organismes, mobiles ou fixes qui étaient accoutumés à une certaine température et à une nourriture déterminées par ce courant vont être troublés et mi-

greront, alors que d'autres vont recevoir un nouvel apport d'eau. On multiplierait sans peine les exemples mais il faut aussi se représenter que des milliers de kilomètres carrés des fonds océaniques enregistrent sans aucune variation des phénomènes très continus, dans un calme presque complet : pluie très lente et très fine de petites particules minérales, de squelettes d'organismes morts, lente élaboration de minéraux. Le tout s'accumule sans heurts ni interruptions.

Cette lente accumulation de témoins minéraux et organiques nommée la *sédimentation marine* offre un intérêt passionnant pour la géologie. C'est en effet de l'observation de la sédimentation actuelle que l'on peut chercher à comprendre ce que fut la sédimentation ancienne et faut-il le rappeler, presque toutes les roches sédimentaires courantes sont d'anciens sédiments marins.

Voici pourquoi dans le champs de la géologie, on réserve toujours une si large part aux études du fond des mers et des océans. Nous allons reprendre quelques points importants acquis ces dernières années par les géographes et voir les leçons qu'en a tirées la géologie.

Les expéditions océanographiques.

Les matériaux proviennent de dragages par des bateaux durant des croisières. Citons le *Challenger* qui fit de nombreuses campagnes dans tous les océans et dont les résultats publiés par Murray et Renard en 1891 sont à la base de nos connaissances, puis l'*Abatross* (Al. Agassiz 1904-1905), le *Siboga* (Böggild 1916), le *Pourquoi-Pas* (Dangeard 1928), le *Snellius* (Kuenen 1935), l'*Atlantis* (Stetson 1938), le *Meteor* (Correns 1939), le *Carnegie* (Revelle 1944), le *E. W. Scripps* (Shepard 1938), sans parler des nombreux poseurs de câbles et des garde-côtes détachés pour des tâches scientifiques et de bateaux de la marine militaire équipés spécialement.

Les moyens consistaient en dragues et chaluts et en instruments prenant de la matière du fond par divers moyens mécaniques. Plus tard on a tenté des prélèvements en plantant des tubes dans la vase, vrais sondages en miniature. C. A. Piggot employait un tube-canon, s'enfonçant d'un coup d'explosif. Actuellement, les meilleurs résultats sont obtenus par le

Prof. Petterson avec des « carottes » de vase découpées sur vingt mètres de hauteur et prélevées à des milliers de mètres de profondeur.

De nombreuses recherches se font actuellement le long des côtes et sur une zone nommée la plate-forme continentale, qui borde les continents sur une largeur variable, allant de quelques centaines de mètres à plusieurs dizaines de kilomètres. La topographie de cette plateforme est très accidentée, montrant des gorges aux versants souvent abrupts, avec des aiguilles et du rocher. Pour en connaître la morphologie, on a recours aux méthodes géophysiques appliquées aux grands fonds : le sondage continu par le son, les ultrasons, et diverses méthodes électriques. On utilise en outre la télévision sous-marine, la photographie sans parler de l'accès direct par scaphandrier.

Les cartes sous-marines augmentent en précision et en nombre.

Ces méthodes ont connu un regain de perfectionnement pendant la dernière guerre et les explorations se sont multipliées. Citons par exemple les études de géologie sous-marine de l'atoll de Bikini avant les expériences atomiques, les préparatifs scientifiques des nombreux débarquements des côtes du Pacifique et de l'Atlantique.

La science des fonds marins a directement bénéficié de ces explorations, surtout dans les domaines suivants : topographie sous-marine, gorges bordant les continents, les atolls, les montagnes sous-marines ou « guyots », les variations du niveau des mers, les faunes et les flores marines.

La répartition des dépôts marins récents.

Dépôts actuels. — Généralités.

La grande variété de dépôts et la complexité de leur répartition rend toute classification difficile. Il existe plusieurs groupements suivant les caractères envisagés.

Pour Murray et Renard (1891) cité par Collet (1906) on a les dépôts d'eau profonde, ceux d'eaux peu profondes et des dépôts littoraux.

Collet (op. cit.) les classe en : Dépôts littoraux, terrigènes et pélagiques avec des subdivisions :

Dépôts littoraux :

- Zone littorale ou intercotidale ;
- Zone des laminaires, de 0 m. à 27 m. ;
- Zone des corallines, de 27 m. à 92 m. ;
- Zone des coraux de mer profonde, de 92 à 103 m.

Dépôts terrigènes :

- Boues heues, entre 200 et 2600 m. sauf dans les estuaires et ports, dès — 2 m. ;
- Boues rouges des grands deltas ;
- Boues et sables verts, entre 200 et 1800 m. ;
- Boues et sables volcaniques, entre 0 et 5250 m. ;
- Boues et sables coralliens, entre 0 et 4570 m.

Dépôts pélagiques ou de mers profondes :

- Argile rouge des abysses ;
- Vase à globigérines, de 450 à 4500 m. ;
- Vase à ptéropodes jusqu'à 3000 m. ;
- Vase à diatomées, entre 2300 et 3600 m. ;
- Vase à radiolaires, entre 4300 et 8200 m.

Sverdrup, Johnson et Fleming (1938) distinguent uniquement les aires couvertes de sédiments pélagiques, les aires de sédiments de mers profondes et les sédiments déposés près des côtes ou en eaux peu profondes.

Ces deux modes de classement sont de tendance géographique. L'un est très cloisonné, attachant une valeur aux profondeurs et aux compositions des dépôts.

L'autre est beaucoup plus souple basant les trois groupes fondamentaux sur une notion globale des profondeurs, dans laquelle s'inscrivent les autres nombreux caractères déterminants des dépôts. Ces caractères se ramènent à trois groupes de facteurs : 1) la morphologie et la profondeur de l'aire de dépôt ; 2) les relations et distances entre cette aire et la zone d'alimentation en sédiments et 3) le chimisme et l'état physique de la masse d'eau couvrant cette aire.

Séries sédimentaires anciennes et dépôts actuels.

Le géologue voit les choses sous un angle bien différent. Les dépôts actuels sont l'étape la plus récente d'une longue série de formations qui remonte très loin dans le passé, avant le Cambrien. Il y cherchera la clé de maints problèmes de sédimentologie ancienne lui permettant de reconstituer par ses sédiments, l'état d'un bassin marin à un moment donné de l'histoire de la terre, son extension, sa forme, sa profondeur, la nature de ses rivages et des terres adjacentes, le climat.

L'objet même de ses études, les séries sédimentaires et les roches qui les constituent, lui montre un facteur nouveau qui est mis en évidence en remontant dans le temps, c'est *la variation de ces dépôts*. Un bassin océanique ou une plate-forme ne sont jamais stables ou immuables sauf lorsqu'on les considère pendant une période relativement courte. Dès qu'intervient le facteur « temps » divers changements s'observent. Partons des dépôts actuels. Avec le temps, ils sont recouverts. A leur tour, ils se modifient, perdent leur eau de sédimentation, deviennent plus compacts et se durcissent. Un ciment minéral remplit les espaces intergranulaires et les colmate. De nombreuses transformations chimiques s'opèrent dans la masse du dépôt : oxydations, réductions, élimination de gaz, migrations de solutions, échanges, néoformation de minéraux ; de dépôt meuble, il tend à devenir lentement une roche.

Les matières organiques les plus instables sont éliminées et repartent dans l'eau de la mer. Les coquilles sont minéralisées ainsi que des fragments de squelettes d'organismes.

Le facteur « temps » intervenant, d'autres changements deviennent perceptibles. Ils concernent le *faciès* (somme des caractères lithologiques et organiques du dépôt). Le faciès d'un niveau donné, change et passe à un autre faciès dans les niveaux susjacentes. Il est difficile de discerner parmi tous les agents de la sédimentation, ceux qui sont à l'origine de ce changement. La connaissance des dépôts actuels apportera quelques éclaircissements, mais les principaux facteurs ne peuvent être observés puisque ce sont précisément ceux qui sont très lents et l'observation actuelle n'est qu'instantanée.

Les géologues sont d'accord d'attribuer aux mouvements de l'écorce un rôle prédominant dans la formation, la composition et la répartition des dépôts. C'est pourquoi dans les classifications géologiques des dépôts sédimentaires par provinces, on voit intervenir non plus seulement le critère de profondeur, mais encore de critère tectonique sous des formes diverses. L'un ne doit pas exclure l'autre. Tout dépend de l'importance que l'on donne à chacun. Il est normal que le critère de profondeur, exactement comme dans les dépôts récents, devienne hypothétique dans les dépôts anciens et se trouve souvent même supplanté par d'autres.

Classifications comprenant les phénomènes anciens et récents.

J. Tercier (9) est revenu à une classification de dépôts convenant aux dépôts actuels et aux sédiments anciens. Il distingue les sédimentations paralique, épicontinentale et marginale pour les aires en bordures de continents et d'archipels et la sédimentation océanogène pour le reste.

Cette conception est plus proche du cadre géographique et structural que celle de E. Haug qui prévalait jusqu'alors parmi les géologues avec les zones nérithiques, bathyales et abyssales.

F. P. Shepard (1946) divise les dépôts récents en sédiments de plate-forme, en dépôts de plate-forme sur la pente continentale, en dépôts de fonds d'océans et d'océans profonds, ceux-ci pouvant être des bassins près des côtes ou des bassins ouverts. Les coraux sont des spécialement qui se trouvent dans différentes aires.

Ce regroupement s'applique aisément aux séries anciennes, avec quelques simplifications. Les formations de plate-formes ont des caractères communs aux séries récentes et anciennes. Les divers types de bassins actuels se retrouveront dans les géosynclinaux, les fosses et les sillons des formations géologiques.

C'est dans un esprit semblable que l'on adoptera ici les grandes aires suivantes (4) :

1. Deltas et estuaires [avec zones locales à dépôts paraliques (charbons)].
2. Aire de plate-forme épicontinentale littorale ou pélagique [avec zones locales à dépôts paraliques (charbons)].

3. Aire subsidente littorale ou pélagique [avec zones locales à dépôts paraliques (charbons)].
4. Aire orogénique littorale ou pélagique [avec zones locales à dépôts paraliques (charbons)].
5. Aire océanique alimentée des bassins ouverts.
6. Aire océanique résiduelle des grands fonds.
7. Lagunes.

La profondeur interviendra dans chaque groupe dès que l'on pourra préciser sa valeur.

Quelques exemples vont nous fixer les idées.

Dans les aires sédimentaires actuelles, un exemple de 1) se trouve aux U.S.A., en Louisiane, avec le Mississippi ou dans le bas Orenoque au Venezuela; de 2) dans la Mer du Nord; de 3) dans le Zuyder-See et la côte Est de Grande-Bretagne, la côte Est de Bornéo; de 4) sur la côte californienne des U. S., Celebès, la Méditerranée autour de l'Italie du Sud; de 5) dans l'Océan Atlantique; de 6) dans la fosse de Porto-Rico, les grands fonds atlantiques, la Mer Noire.

Des zones paraliques se trouvent dans le Golfe du Mexique en Floride et dans le Sud de l'Alabama puis à Sumatra.

Les sédiments actuels.

La sédimentation actuelle est caractérisée par une prédominance de sédiments clastiques et colloïdaux d'origine terrigène sur les dépôts calcaires.

Un examen de la carte des dépôts marins montre, d'après Sverdrup, Johnson et Fleming (1946), que les dépôts pélagiques sont limités aux grands bassins océaniques et que les argiles rouges et les vases à Globigérines y sont les formations les plus fréquentes. On a des dépôts siliceux à Radiolaires dans l'Océan Pacifique suivant une large bande équatoriale. Les Diatomées bordent le continent antarctique et font une tache dans le Pacifique du Nord.

Les vases à Ptéropodes ne se trouvent que dans l'Atlantique sur une surface d'une certaine importance.

Les dépôts terrigènes bordent les continents et s'étendent dans le bassin de l'Arctique où ils sont en majorité détritiques minéraux.

Dans les zones plus chaudes, il intervient par contre une forte proportion de débris d'organismes calcaires.

Les aires à vases calcaires (Globigérines et Ptéropodes) occupent l'Océan Indien, une partie du Pacifique au Sud de l'Équateur et l'Atlantique en partie aussi, le reste étant couvert par l'argile rouge. Ces dépôts calcaires prédominent dans l'Océan Indien et Atlantique mais dans l'Océan Pacifique, plus profond en moyenne, c'est l'argile rouge qui est la plus étendue.

Si l'on cherche une règle très générale et très souple de répartition, on constatera que l'argile rouge occupe des centres d'aires calcaires dans l'Atlantique et dans l'Océan Indien alors que dans le Pacifique, l'hémis-

phère Nord est surtout en argile rouge et l'hémisphère Sud surtout en vases à globigérines.

La profondeur des mers actuelles est un des facteurs contrôlant la répartition des dépôts. Toutefois, les sondages qui se multiplient ainsi que les observations en bordure des continents montrent bien des exceptions, surtout dans les sédiments terrigènes. Les organismes montrent des variations de profondeur d'habitat et leurs profondeurs limites se recouvrent, ce qui montre que d'autres facteurs ont joué dans leur répartition : dispersion par les courants, températures de ces eaux sous divers climats, nourriture contenue dans l'eau de mer, etc.

Variations locales.

J. Bourcart (1950) a récemment montré la complexité des dépôts côtiers de la marge continentale en Méditerranée. Il semble qu'à l'approche du littoral, les conditions générales se compliquent beaucoup à cause de facteurs régionaux qui interfèrent : l'érosion côtière et les apports continentaux amènent du matériel terrigène et clastique.

Les formes du relief s'accentuent. Des influences tectoniques ont fait varier les profondeurs et la forme du rivage. Les faunes varient également.

Les gorges sous-marines de Banyuls et de Toulon ont été draguées. Elles montrent d'abord une couverture de 2 m. environ de vase blanche à faune actuelle de foraminifères planctoniques. En-dessous, on a des gravières bien roulées avec des éléments de provenance très problématique comme par exemple des schistes lustrés à Toulon. Les fossiles sont des mollusques de faune boréale froide correspondant au Würmien à Toulon.

Puis vient le soubassement rocheux, métamorphique avec des phyllades siluriens.

Ces observations, dont on ne donne ici qu'un résumé, posent une quantité de problèmes qui dépassent le cadre de la sédimentation marine actuelle. Ils s'étendent aux extensions et aux régressions de la mer au Quaternaire ancien et au Tertiaire, aux variations du niveau de cette mer qui doivent être supposées pour expliquer la formation des gorges, aux mouvements tectoniques qui les ont accompagnées.

Il se dépose en outre de nombreux minéraux et les recherches récentes ne cessent d'ouvrir de nouveaux domaines à la chimie océanique.

O. Pratje (1930) a signalé la présence d'oolithes ferrugineuses récentes au fond de la mer du Nord. On en connaît déjà de composition calcaire dans la Mer Rouge mais sous un tout autre climat.

J. Avias (1950) a signalé des formations siliceuses dans les marais côtiers de la Nouvelle Calédonie. Il s'agit d'incerustations, de silicification de récifs coralliens. Le corail récent est transformé en un bloc zoné dont la zone externe est parfois formée de prismes de quartz. C'est l'eau du marais et du mangrove qui a apporté la silice, car les fragments du sol du marais sont également pris dans cette pâte. La silice

vient donc de l'eau de mer et non pas du continent.

D'autres formations rares jusqu'ici sont encore signées, notamment le dépôt de vases organiques composées de débris de poissons à la Baie des Baleines (M. Brongersma-Sanders 1948).

L'opinion classique sur l'origine de la craie veut que ce soit un dépôt peu profond que s'oppose à une autre craie, la vase à Globigérines, formation pélagique profonde. Cette règle est désormais modifiée par les dragages du Snellius en Insulinde. On a récolté des vases à Globigérines à moins de 200 m. de profondeur près de Célébes et au Nord-Est de l'Australie.

D'autres recherches océanographiques, dues au Prof. Petterson (6) montrent la présence de couches de cendres interstratifiées dans des sédiments marins en Méditerranée.

Conclusions.

On multiplierait les exemples des apports sans cesse renouvelés de l'océanographie des fonds marins à la géologie. L. Dangeard, dans une étude récemment parue, relève que le monde présente une collection très complète de paysages sédimentaires analogues aux paysages anciens. Ce qui a beaucoup varié, c'est l'intensité de certains phénomènes et leur importance relative dans la sédimentation générale ».

Ici encore, relevons à nouveau cette variation qui apparaît dès que l'on fait intervenir le facteur chronologique. Un phénomène considéré de nos jours n'est qu'une brève étape dans un long continu, pour le géologue comme pour le biologiste et l'historien. L'objet de ces quelques pages était de montrer qu'en géologie physique, la variation est partout. En biologie on la nomme évolution. Dans l'histoire de la terre, cette notion n'est pas aussi avancée mais il semble qu'un jour, elle mûrira et prendra sa place aux côtés des concepts évolutionnistes et transformistes de la vie, de la matière et de l'espace.

BIBLIOGRAPHIE.

- (1) Avias, J. — *Note préliminaire sur quelques phénomènes actuels ou subactuels de pétrogenèse et autres, dans les marais côtiers de Maindou et de Canala (Nouvelle Calédonie)*. C. R. som. S. G. F. N° 13, séance, 7 nov. 1949, p. 277.
- (2) J. Bourcart. — *Conséquences biogéographiques des dernières découvertes océanographiques*. C. R. somm. Séances. Soc. biogéogr. 1950, N° 230, p. 2-13.
- (3) M. Brongersma-Sanders. — *The importance of upwelling water to vertebrate paleontology and oil geology*. Verhand. der Konink. Nederland. Akademie Wetensch. apd. Naturk. tweede sectie. Deel XLV, N° 4, p. 1-112, 1948.
- (4) L. Dangeard. — *A propos des causes anciennes en géologie*. Rev. gén. Sc. pures et appl. T. LVII. N° 5-6, 1950, p. 143.
- (5) Kuenen Ph. H. — *Marine geology*. New York, 1950.
- (6) A. Lombard. — *Cours de géologie physique. Les séries marines*. U.L.B., 1950. Non publié.
- (7) Pratje O. — *Recente marine Eisen Ooïde aus der Nordsee*. N. Jatub. f. Min. Centralbl. 1930, p. 289.
- (8) Petterson H. — *Oceanographic work in the Mediterranean*. Geogr. Journ. 107. 1946, p. 163-166.
- (9) Shepard F. P. — *Submarine geology*. New York, 1949.
- (10) Tercier J. — *Dépôts marins et séries géologiques*. Eclog. geol. Helv., vol. 32, N° 1, 1939, p. 47.