

## Sur les modalités de la sédimentation profonde actuelle dans le golfe de Gascogne \*

par GÉRARD-ANDRÉ AUFFRET \*\* et LÉO PASTOURET \*\*

**Mots clés.** — Sédiment marin, Sédimentation actuelle, Sédimentation détritique, Sédimentation abyssale, Relief sous-marin, Carbonate.  
Golfe de Gascogne.

**Résumé.** — Les sédiments prélevés en six zones du golfe de Gascogne de profondeur comprise entre 2 000 et 4 800 m nous ont permis d'étudier l'évolution des différents faciès sédimentaires en fonction de la profondeur et de la position géographique. Une différence nette apparaît entre les sédiments déposés sur les marges du golfe. Au Sud le caractère terrigène est nettement plus marqué qu'au Nord, cette disparité est interprétée en fonction des particularités morphologiques de ces deux marges : large plateau au Nord, plateau étroit associé à la présence de canyons sous-marins s'amorçant très près du littoral au Sud. A cela s'ajoute l'influence possible des masses d'eaux superficielles. —

**Abstract.** — Knowledge concerning the nature and distribution of present day sedimentary facies on the slope and in the Biscay abyssal plain are very poor, due to the scarcity of available sea-floor samples. Samples from the uppermost section of Reineck cores obtained in six areas of the Bay of Biscay in water depths ranging from 2,000 to 4,800 m allow us to study the evolution of the sediments according to the water depth and geographic localisation. This study suggests that the sediment from the southern part of the bay independently of depth are characterized by a higher amount in terrigenous components (quartz, clay...). This disparity is explained by the differing physiographic setting (broad shelf in the northern part versus narrow shelf and submarine canyon heading near shore in the south) as well as by a possible influence of the surficial water masses. It results from this a difference of level of about 2,000 m between the foraminifer lysocline in the northern and southern part of the bay. The determination of the present day CCD in the bay (if present) still awaits further data. —

### INTRODUCTION.

De nombreuses monographies sédimentologiques à caractère régional ont été consacrées à la sédimentation holocène du plateau continental du golfe de Gascogne [Berthois et Le Calvez, 1959; Vanney, 1969; Lapiere, 1969; Allen *et al.*, 1971; Caralp *et al.*, 1972; Barusseau, 1973; Pinot, 1974]. Les études consacrées au milieu profond sont relativement peu nombreuses et n'ont pas, du fait de la rareté des prélèvements, un caractère monographique. Elles ont permis de mettre en évidence les variations lithologiques liées aux fluctuations paléoclimatiques du Quaternaire récent [Caralp, 1970; Caralp et Pujos, 1970; Vigneaux *et al.*, 1970; Pujol *et al.*, 1973; Pujol et Turon, 1974]. Une étude détaillée concernant le canyon Gascogne [Gonthier et Klingebiel, 1973] a souligné la complexité de la distribution des faciès sédimentaires à l'échelle locale. Enfin une synthèse géologique et sédimentologique du golfe de Gascogne a été proposée par

Vigneaux [1974]. Le but de cet article est tout d'abord de présenter les résultats de l'étude de 41 échantillons de sédiments superficiels prélevés en six zones du golfe de Gascogne, de profondeur comprise entre 2 000 et 4 800 m (fig. 1) puis d'examiner les conséquences de ces résultats pour l'interprétation des paléomilieus de sédimentation.

### MÉTHODES D'ÉTUDE.

Les sédiments étudiés ont été prélevés au carottier Reineck au cours des campagnes Biogas I à VI du N.O. « Jean Charcot » (1972-1975) [G. A. Auffret

\* Contribution n° 525 du Dépt. scientifique, Centre océanologique de Bretagne.

\*\* Centre océanologique de Bretagne, B.P. 337, 29273 Brest Cedex.

Note présentée le 8 novembre 1976, texte définitif reçu le 1<sup>er</sup> avril 1977.

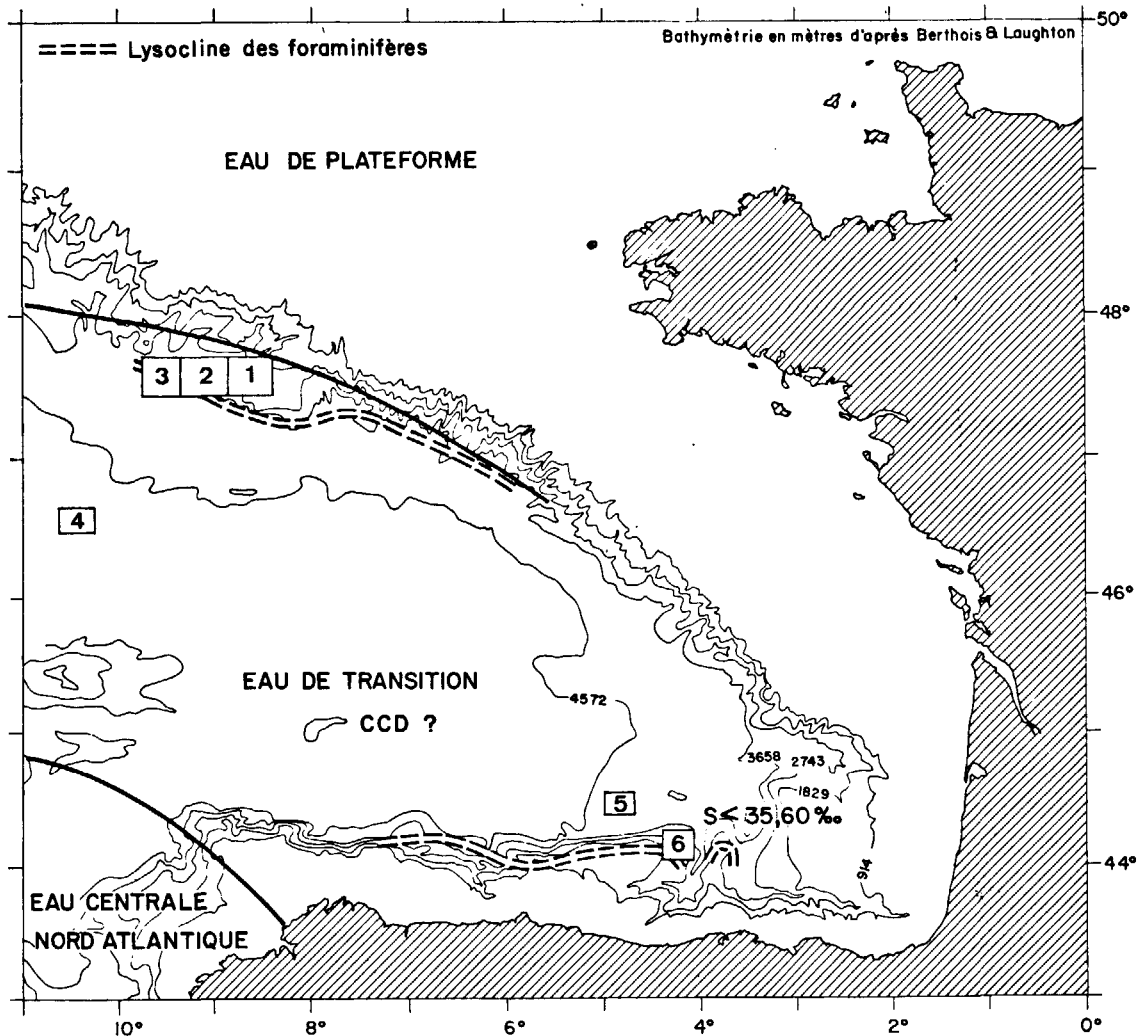


FIG. 1.

*et al.*, 1976]. Le carottier Reineck permet le prélèvement de la tranche superficielle des sédiments sur une épaisseur moyenne de 20 cm. Le matériel étudié provient de la tranche superficielle épaisse d'environ 1 cm. Il s'agit donc des dépôts immédiatement au contact du milieu aqueux. Ils ont été soumis à différentes analyses : teneurs en carbonate de calcium (calcimètre Bernard), en carbone et azote organique (mesurée avec un microanalyseur CHN Hewlett-Packard), composition lithologique (examen des frottis au microscope polarisant), détermination du pourcentage de la fraction sableuse supérieure à 63  $\mu$ , microgranulométrie de la fraction inférieure à 57  $\mu$  au compteur Coulter (modèle TA), étude de la composition de la fraction sableuse à la loupe binoculaire (composants terrigènes, organismes calcaires et siliceux).

*Bull. Soc. géol. Fr.*, 1977, n° 2.

#### RÉSULTATS.

S'agissant d'une étude de la sédimentation actuelle, il était important de vérifier si les niveaux étudiés n'étaient pas des sédiments anciens à l'affleurement par suite d'érosion ou de non dépôt. Dans tous ces niveaux les assemblages de Foraminifères planctoniques observés sont identiques à ceux récoltés dans les masses d'eaux superficielles du golfe [Berthois *et al.*, 1973]. Un âge « récent » apparaît donc très probable. La figure 2 illustre les variations lithologiques observées dans les différents secteurs. Les teneurs de 30 %, d'une part en composants d'origine terrigène (quartz, minéraux lourds, argiles, carbonates...) estimées sur frottis, et d'autre part en carbonate de calcium (mesurées au calcimètre Bernard) permettent de délimiter quatre champs

SÉDIMENTATION PROFONDE ACTUELLE DANS LE GOLFE DE GASCogne

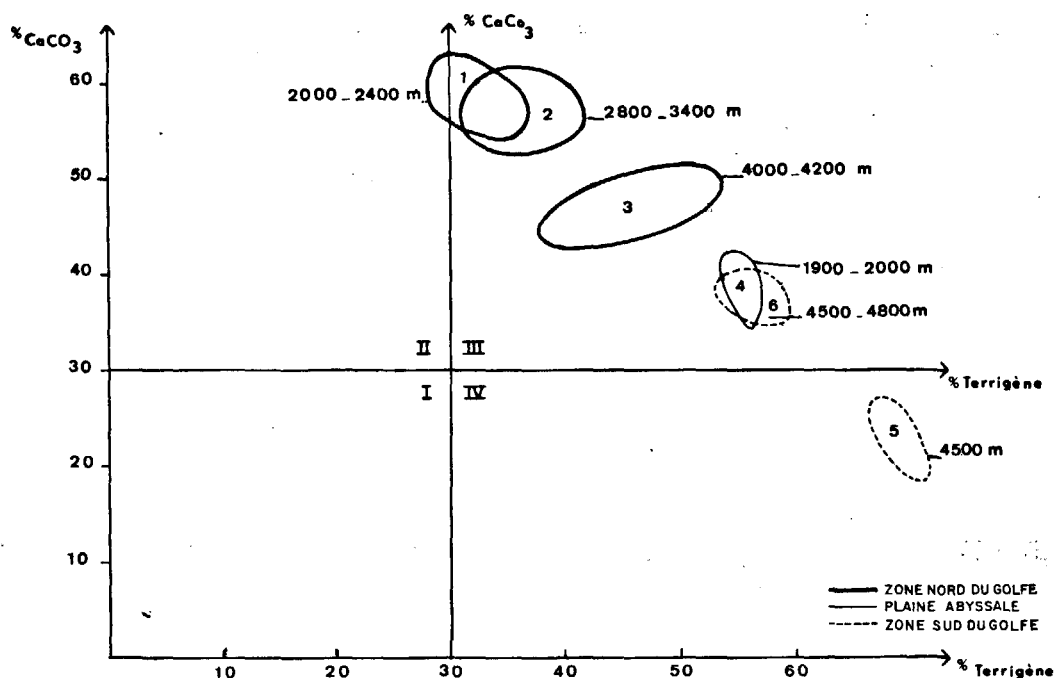


FIG. 2.

(I à IV) correspondant respectivement aux types sédimentaires suivants :

— « argile rouge » déposée sous la limite de compensation des carbonates dans les zones éloignées des influences terrigènes (I) ; ces dépôts sont en outre caractérisés par une teneur en organismes siliceux inférieurs à 30 % et une proportion supérieure à 10 % de minéraux authigènes (micronodules ferromanganifères, zéolites) et/ou de débris de poisson (collophane) ;

— boues à Foraminifères ou/et nannofossiles déposées au-dessus de la limite de compensation des carbonates, à l'abri des influences terrigènes (II) ;

— boues terrigènes à Foraminifères ou/et nannofossiles déposées comme les précédentes au-dessus de la limite de compensation des carbonates dans des secteurs soumis à une influence terrigène (III) ;

— vases (argileuses, silteuses ou sableuses selon leur texture) déposées dans les secteurs soumis à une influence terrigène dominante (IV).

Les enveloppes des groupes de points caractéristiques de chacune des zones ont été délimitées sur ce diagramme. Les valeurs moyennes des paramètres les plus importants des différentes zones ont été rassemblées dans le tableau I.

On observe sur la marge nord (zones 1 à 4) une évolution lithologique en fonction de la bathymétrie depuis des boues à Foraminifères et nannofossiles (zone 1 : 2 000-2 400 m) à des boues terrigènes à nannofossiles (zone 4 : 4 500 à 4 800 m). Les sédi-

ments des zones 1 et 2 sont semblables pour ce qui est de la teneur moyenne en  $\text{CaCO}_3$  et en argile. Ils diffèrent néanmoins de façon nette par leur pourcentage en Foraminifères planctoniques nettement plus élevé dans la zone 2 (le quartz présente la même tendance). Ces différences doivent être attribuées à un effet de vannage lié à une circulation océanique profonde particulièrement active dans ce secteur [G. A. Auffret *et al.*, 1975]. La zone 3 est caractérisée par une diminution marquée des teneurs en carbonates de calcium et une augmentation des teneurs en quartz (16 %). Il faut également souligner la relative abondance des organismes siliceux dans les zones 2 et 3 (0 à 10 % de Diatomées, Radiolaires, Silicoflagellés, spicules). Les sédiments de la zone 4 montrent une décroissance relativement peu importante du  $\text{CaCO}_3$  par rapport à la station 3. La teneur en quartz reste élevée (16 %) et la teneur totale en terrigène atteint 50 %. La teneur en Foraminifères planctoniques décroît assez nettement par rapport à la zone 3 (11 à 5 %). Les Foraminifères planctoniques des zones 1, 2, 3 et 4 ne montrent pas de trace de dissolution. Les seules traces de dissolution ont été observées à proximité de la zone 2 par 4 160 m de profondeur.

Sur la marge sud (zones 5 et 6) les sédiments ont, à profondeur égale, un caractère terrigène beaucoup plus accentué que sur la marge nord. Les enveloppes des points caractéristiques des zones 6 (1 900-2 000 m) et 4 sont en effet pratiquement superposées. Les sédiments de la zone 6 diffèrent néanmoins de ceux

ZONE	Ech.	Prof. (m)	Md ( $\mu$ )	So	$S_K$	CaCO <sub>3</sub> %	Q %	FP %	Nannos %	Opale %	C %	N %	C/N
Zone 1	(12)	2 000 2 400	9,4 à 47	2,56 à 3,40	0,31 à 1,29	55	4	13	48	0 à 9	0,56	0,058	9,5
Zone 2	(7)	2 800 3 400	> 60 à 50	1,64 à ?	0,69 à ?	56	10	35	35	0 à 10	0,17 à 0,46	0,022 à 0,072	7,9 à 11,8
Zone 3	(9)	4 000 4 200	13 à 45	2,72 à 3,45	0,26 à 1,27	46	16	11	33	3 à 10	0,45	0,046	9,7
Zone 4	(5)	4 500 4 800	10 à 36	2,39 à 2,99	0,48 1,05	40	16	5	31	3	0,55	0,054	10,7
Zone 5	(3)	4 500	14 à 23	1,92 à 2,11	0,53 à 0,98	24	45	1	9	1	0,64	0,063	11,05
Zone 6	(5)	1 900 2 000	8 à 26	2,32 à 2,88	0,6 à 1,44	38	17	6	27	1	0,85	0,09	9,4

Légende : Ech. : Nombre d'échantillons prélevés dans la zone.

Md. : Médiane, So coefficient de classement de Trask  $So = \sqrt{\frac{Q1}{Q3}}$ ,  $S_K$  : coefficient d'assymétrie de Trask :  $S_K = \frac{Q1 \times Q3}{Md^2}$ , Q : quartz, FP : foraminifères planctoniques, C et N : carbone et azote organique.

TABL. I.

de la zone 4 par leur teneur en matière organique plus élevée et leur rapport C/N plus faible. Cette diminution du rapport C/N quand la profondeur augmente est généralement interprétée comme étant la conséquence d'une diminution de l'activité bactérienne. Les sédiments de la zone 5 située au débouché du Canyon de Torrelavega sont caractérisés par une influence terrigène nettement marquée. Ils se classent dans les vases silteuses, la teneur moyenne en quartz y atteint 45 %. Il est à noter que des marques de dissolution nettes ont été observées sur des restes de Foraminifères planctoniques dans les zones 5 et 6.

#### DISCUSSION.

Il ressort de ces analyses que la distribution des sédiments superficiels semble obéir à un double contrôle : géographique et bathymétrique.

Les teneurs en carbonate des sédiments prélevés au Sud du golfe (zones 5 et 6) sont à profondeur égale plus faibles qu'au Nord. De même les teneurs en CaCO<sub>3</sub> des sommets des carottes prélevées lors des campagnes Gestlante I et II entre 1 000 m et la plaine abyssale au sud du Golfe sont généralement inférieures à 30 % [Caralp *et al.*, 1968]. Cette différenciation géographique peut s'expliquer par deux causes ; d'une part le type morphologique : les marges sud du golfe sont caractérisées par un plateau continental étroit et par l'importance des canyons tels ceux d'Aviles, de Torrelavega, de Santander ou de Cap Breton qui s'amorcent au voisinage du trait de côte. Ces facteurs apparaissent de façon

évidente favorables à l'accumulation de sédiments d'origine terrigène sur la pente continentale aussi bien que dans la plaine abyssale. Elle peut résulter d'autre part des caractéristiques hydrologiques du golfe de Gascogne (fig. 1) qui peuvent se résumer de la façon suivante :

— les eaux superficielles présentes au-dessus de la thermocline saisonnière sont caractérisées par des variations importantes de la température et de la salinité. Ainsi Barry [1963] a décrit dans le fond du golfe des eaux océaniques à faible salinité ( $S < 35,60 \text{ ‰}$ )

— entre ces masses d'eaux superficielles d'épaisseur variable suivant les saisons et 550 m de profondeur, Fruchaud *et al.* [1976] distinguent :

- au Sud-Ouest, l'eau centrale nord-atlantique (ECNA) dont les caractères varient pour la température de 11°C à 12,40°C et pour la salinité de  $S = 35,6 \text{ ‰}$  à  $S = 35,80 \text{ ‰}$  ;

- au Nord du 47° parallèle, une masse d'eau de plate-forme plus homogène ( $T=11^\circ\text{C}$ ,  $S=35,57 \text{ ‰}$ ) ;

- une zone de transition orientée NW-SE sépare ces deux masses d'eaux ;

— de 550 m à 2 500 m, l'eau profonde nord-atlantique qui à la latitude du golfe est un mélange en proportions variables d'eau méditerranéenne, d'eau profonde de la mer du Labrador, d'eau arctique de fond et d'eau antarctique de fond [Le Floch, 1968 ; Tchernia, 1969] ;

— de 2 500 m au fond, l'eau de fond nord-atlantique : eau type caractérisée par des températures comprises entre 2,5°C et 3,4°C et des salinités comprises entre 34,9 et 34,97 ‰.

Il ne semble donc pas possible d'attribuer les différences observées dans la nature des sédiments à un changement de qualité des eaux profondes. Par contre, le contrôle des masses d'eau superficielles du golfe pourrait s'exercer principalement par leur plus ou moins grande productivité par rapport aux eaux de plate-forme mais il n'existe pas à notre connaissance de données publiées à ce sujet. A cet égard, la relative abondance des organismes siliceux sur la marge nord du golfe pourrait être en relation avec une productivité plus élevée des eaux superficielles de plate-forme ou de transition et/ou une dilution moindre par les apports terrigènes [Berger, 1974].

La différenciation bathymétrique se marque par une décroissance des teneurs en carbonate de calcium accompagnant l'augmentation de la profondeur. La figure 3 représente la variation du pourcentage

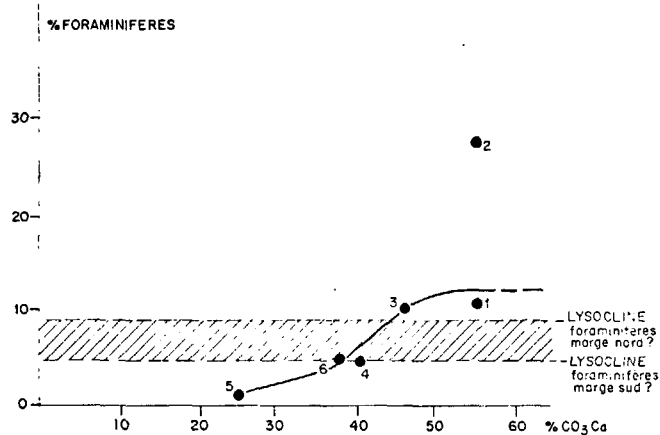


FIG. 3.

de Foraminifères planctoniques (estimée d'après l'examen des frottis) en fonction des teneurs en carbonate de calcium. Sur la marge nord, une diminution rapide de la teneur en Foraminifères planctoniques semble se produire sous 4 200 m. On observera que cette limite paraît plus haute sur la marge sud, puisque les teneurs en Foraminifères planctoniques à teneurs en carbonate égales sont les mêmes à la station 6 (1 900 - 2 000 m) et 4 (4 500 - 4 800 m). De plus, on a noté des traces de dissolution sur les Foraminifères planctoniques de la station 6. D'autre part, les teneurs relativement élevées en carbonates observées dans la partie profonde du golfe dans la zone 4 indiquent que la limite de compensation des carbonates est probablement située sous ce niveau. Cette observation

est confirmée par les observations de Heezen [1961]. Ainsi une grande partie de la plaine abyssale du golfe de Gascogne au Nord des montagnes de Biscaye apparaît située au-dessus de la profondeur de compensation des carbonates. Une autre explication consisterait à admettre que les courants de turbidité sont responsables d'apports massifs de carbonates qui seraient soustraits à la dissolution par suite d'un enfouissement rapide [Murray et Renard, 1891, p. 277]. Cette possibilité est confirmée par la présence des Foraminifères benthiques *Cibicides lobatulus* et *Cibicides refulgens* dans les sédiments superficiels de la zone 4. En ce qui concerne la limite supérieure de la lysocline au Sud du golfe, elle pourrait être liée à la richesse en matière organique et à l'importante activité benthique qui en découle, qui ont pour conséquence un enrichissement en CO<sub>2</sub> des eaux interstitielles responsables d'une agressivité accrue vis-à-vis des carbonates [Berger et Soutar, 1970; Kowsmann, 1973; Thiede, 1973].

#### CONCLUSION.

Il apparaît donc que dans un bassin océanique de dimension modeste tel le golfe de Gascogne, la définition d'une lysocline et la répartition des divers types sédimentaires n'obéissent pas à un strict contrôle bathymétrique. D'autres facteurs, tels la morphologie de la marge continentale (largeur du plateau continental, présence de canyons) et l'abondance des apports terrigènes (et particulièrement organiques), peuvent jouer un rôle déterminant en tant que facteur de dilution et/ou par la modification de la géochimie des eaux interstitielles qui peut en résulter. En ce qui concerne les conséquences paléogéographiques de cette étude, il faut également souligner, dans le contexte morphologique étudié, la polarité inverse des teneurs en composants terrigènes par rapport à la localisation des aires continentales en relation avec la canalisation des apports terrigènes par les canyons et ce, en grande partie, sous forme de courant de turbidité.

*Remerciements.* Nous remercions pour leur collaboration les officiers et l'équipage du N.O. « J. Charcot » et nos collègues du Milieu vivant du Département scientifique du C.O.B. qui ont organisé les campagnes BIOGAS au cours desquelles le matériel étudié dans cet article a été prélevé, René Kerbart et Jean-René Le Coz pour la réalisation des analyses sédimentologiques et chimiques. Nous remercions également pour leurs suggestions et leurs critiques M. le Pr. Berthois, H. Chamley, P. Chardy et F. Madelain.

## Références citées

- ALLEN G. P., CASTAING P. et KLINGEBIEL A. (1971). — Preliminary investigation of the surficial sediments in the Cap Breton Canyon (southwest France) and the surrounding continental shelf. *Marine Geol.*, 10, M 27-M 32.
- AUFFRET G. A., PASTOURET L. et KERBRAT R. (1975). — Dynamique sédimentaire au bas de la marge continentale armoricaine : exemple de la ride Aegis. IX<sup>e</sup> Congr. de sédim., Nice, thème 8, p. 1-7.
- AUFFRET G. A., PASTOURET L., CHARDY P. et KERBRAT R. (1976). — Observations sur les fonds marins de la marge continentale et de la plaine abyssale du golfe de Gascogne. *Bull. Union Océan. France*, vol. VII n° 3-4, p. 18.
- BARUSSEAU J. P. (1973). — Évolution du plateau continental rochelais (golfe de Gascogne) au cours du Pléistocène terminal et de l'Holocène. Les processus actuels de la sédimentation. Thèse doc. état. Sc. nat., 363 p.
- BARY B. McK. (1963). — Temperature salinity and plancton in the North Atlantic and coastal waters of Britain, 1957. I. The characteristics and distributions of surface water. *J. Fish. Bd. Canada*, 20 (3), p. 789-826.
- BERGER W. H. et SOUTAR A. (1970). — Preservation of plankton shells in an anaerobic basin off California. *Geol. Soc. America Bull.*, vol. 81, p. 275-283.
- BERGER W. H. (1974). — Deep-sea sedimentation. In : The geology of continental margins. C. A. Burk., C. L. Drake Eds. Berlin, Heidelberg, New-York, Springer-Verlag, p. 213-241.
- BERTHOIS L. et LE CALVEZ Y. (1959). — Deuxième contribution à l'étude de la sédimentation dans le golfe de Gascogne. *Rev. Inst. Sc. Techn. Pêches mar.*, Paris, 23 (3), p. 323-367.
- BERTHOIS L., DUPRAT J., GONTHIER E., PUJOL C. et PUJOS-LAMY A. (1973). — Résultats préliminaires de l'étude effectuée par l'Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine concernant la mission Géogas (5-17 novembre 1972) Nord-Ouest du Golfe de Gascogne. *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine*, p. 143-178.
- CARALP M., DUMON J. C., KLINGEBIEL A., LATOUCHE C., et MOYES J. (1968). — Contribution à la connaissance géologique du golfe de Gascogne. *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine*, n° 6, ch. VII, p. 125-273.
- CARALP M., (1970). — Essai de stratigraphie du Pléistocène marin terminal d'après les paléoclimats observés dans les carottes du golfe de Gascogne. *Bull. Soc. Géol. France* (7), XII, 1970, n° 3, p. 403-412.
- CARALP M. et PUJOS M. (1970). — Les Foraminifères benthiques et planctoniques d'une carotte atlantique (golfe de Gascogne) : variations climatiques du milieu marin au cours du quaternaire récent. *Bull. Soc. Géol. France* (7), XII, 1970, n° 1, p. 114-119.
- CARALP M., KLINGEBIEL A., LATOUCHE C., MOYES J. et PRUD'HOMME R. (1972). — Bilan cartographique des études effectuées sur le plateau continental aquitain au 28 février 1972. *Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine*, n° spéc., 25 p., 8 cartes.
- FRUCHAUD-LAPPARA B., LE FLOCH J., LE ROY C., LE TAREAU J. Y. et MADELAIN F., (1976). — Étude hydrologique et variations saisonnières dans le proche Atlantique en 1974. *Rapp. Scient. Techn., CNEXO*, n° 26.
- GONTHIER E. et KLINGEBIEL A. (1973). — Faciès et processus sédimentaires dans le canyon sous-marin Gascogne I. *Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine*, 13, p. 163-262.
- HEEZEN B. (1961). — Distribution of carbonates in surficial sediments of the North Atlantic. Lamont Doherty Geological Observatory Edit. (Carte coul.).
- KOWSMANN R. (1973). — Coarse components in surface sediments of the Panama basin, eastern equatorial Pacific. *Jour. Geol.*, vol. 81, p. 473-494.
- LAPIERRE F. (1969). — Répartition des sédiments sur le plateau continental du golfe de Gascogne. Intérêt des minéraux lourds. Thèse, Univ. de Bordeaux, 182 p.
- LE FLOCH J. (1968). — Quelques propriétés des eaux d'origine méditerranéenne dans le golfe de Gascogne. *Travaux CREO*, vol. VII, fasc. 3 et 4.
- MURRAY J. et RENARD A. F. (1891). — Report on deep-sea deposits based on the specimen collected during the voyage of « *H.M.S. Challenger* » : London Longmans, 525 p. (reprinted 1965 : New-York, Johnson Reprint Co.).
- PINOT J. P. (1974). — Le précontinent breton entre Penmarc'h, Belle-Ile et l'escarpement continental. Étude géomorphologique, Lannion, Imprim., 256 p.
- PUJOL C. et TURON J. L. (1974). — Paléoclimatologie et stratigraphie du Quaternaire terminal du golfe de Gascogne déduite de l'analyse des Foraminifères planctoniques et des ensembles sporopolliniques des sédiments marins. *Boreas*, vol. 3, p. 99-104, Oslo.
- PUJOL C., DUPRAT J., GONTHIER E., MOYES J. et PUJOS-LAMY A. (1973). — Résultats préliminaires de l'étude effectuée par l'Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine sur les carottes prélevées dans le golfe de Gascogne lors de la mission Gestlante IV (1<sup>re</sup> partie 6-14 mars 1972). *Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine*, 1973, n° 13.
- TCHERNIA P. (1969). — Cours d'océanographie régionale. Service central hydrographique. École d'application, Paris.
- THIEDE J. (1973). — Planktonic foraminifera in hemipelagic sediments : shell preservation off Portugal and Morocco. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, vol. 84, p. 2749-2754.
- VANNEY J. R. (1969). — Le précontinent du centre du golfe de Gascogne. Recherches géomorphologiques. Thèse lettres, École pratique des hautes études, 16, 365 pages.
- VIGNEAUX M., CARALP M., DUMON J. C., KLINGEBIEL A., LATOUCHE C., MOYES J. et PRUD'HOMME R. (1970). — Bilan des travaux de géologie marine effectués en 1969 dans le golfe de Gascogne par l'Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine. *Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine*, n° spécial, p. 107, 19 pl., 32 cartes.
- VIGNEAUX M. (1974). — The geology and sedimentation history of the Bay of Biscay. In : The Ocean basins and margins, vol. 2. The North Atlantic. A.E.M. Nairn and F. G. Stehli, New-York, London, Edit. Plenum Press, p. 273-314.