

La mécanique des fluides et l'environnement

Prévision et maîtrise de la qualité de l'eau et de l'air

QUESTION II
RAPPORT 9

Intérêt de la connaissance des processus sédimentaires actuels sur la façade atlantique du plateau continental français pour le contrôle des rejets industriels*

G. A. AUFFRET,⁽¹⁾ L. BERTHOIS,⁽²⁾ G. P. ALLEN⁽¹⁾
et J. L. DOUVILLE⁽³⁾

(1) Centre Océanologique de Bretagne, Brest.

(2) 6, rue de Viarmes, 35000 Rennes.

(3) C.N.R.S., station biologique, Roscoff.

Les conditions dans lesquelles s'effectuent les transferts des sédiments du milieu fluviatile au milieu marin peuvent servir de guide aux prévisions concernant la dispersion des effluents industriels. L'étude des apports en suspension des fleuves montre que les argiles sont un composant essentiel, la taille maximum des particules transportées en suspension étant voisine de 500 μ . En milieu estuarien les particules apportées en suspension subissent un stockage temporaire et une sélection minéralogique, une partie des sédiments d'origine fluviatile est évacuée en fin de compte vers le large mais on ne peut exclure la possibilité que des sédiments fins issus du plateau continental puissent alimenter la sédimentation dans l'estuaire. Selon la morphologie du plateau continental, les particules en suspension peuvent parvenir rapidement ou non jusqu'au milieu abyssal. En ce qui concerne les transports au contact du fond, il apparaît que le stock charrié par les fleuves est bloqué dans les estuaires, qui en outre peuvent être alimentés à l'aval par des sédiments d'origine littorale ou marine. Les transports au contact du fond sur le plateau continental sont essentiellement localisés aux débouchés de la Manche en relation avec l'accélération des courants de marée. Il semble qu'il en résulte un mouvement général vers la rupture de pente du plateau continental. Des courants de turbidité dus au piégeage de ces sédiments sableux par les têtes de canyon, sont donc possibles dans cette zone, mais cette forme de transfert en masse est particulièrement active et caractéristique de la marge espagnole du Golfe de Gascogne. Cette étude fait apparaître que des transferts de matériaux importants existent, si on peut en préciser dans une certaine mesure le sens et l'aspect qualitatif, les données sont insuffisantes pour estimer les flux massiques concernés.

The conditions of sediments transfert from a river medium to a sea medium may be used as guide for forecasting the industrial effluents diffusion. The investigation on river suspensions carried down to the sea shows that clay is the essential component, the maximum size of suspended particles transferred down stream being very close to 500 microns. Within an estuary, the carried down suspended particles undergo a temporary storage and a mineralogical selection; a certain amount of the river sediments is finally drained towards the open sea, but it is not possible to exclude the ability of the smallest sediments from the continental table-land to supply the estuary sedimentation. According to the continental table-land morphology, the suspended particles are they or are they not allowed to reach rapidly the abyssal medium? As far as the transports in contact with the bottom are concerned, it seems that masses carried down by rivers are stopped within estuaries, which, on the other hand, can be supplied down stream with sediments from coastal or marine origin. Transports in contact with the bottom on the continental table-land are essentially located at La Manche

* Contribution n° 469 du Département Scientifique, Centre Océanologique de Bretagne.

outlets, according to the tide streams acceleration. It seems that all this results in a general motion towards a slope breaking of the continental table-land.

Turbidity streams due to sandy sediments entrapped in canyons heads are therefore possible within this zone, but such a form of masses transfert is particularly active and characteristic of the Spanish border of Golfe de Gascogne.

Our study shows that important material transferts exist; it is possible to make clear, in a certain measure, the way and the qualitative aspect, but data is insufficient assess the masses flows in question.

INTRODUCTION

Nous présentons dans cet exposé, les résultats d'observations sur les transits sédimentaires en milieu fluvial, estuarien et sur la marge continentale atlantique.

Il nous semble en effet évident que la dispersion de matériel « polluant » sous forme de substance chimique à l'état dissout ou colloïdal ou sous forme particulaire, sera contrôlée de façon très étroite par celle des apports naturels. Soit que ces substances soient adsorbées, soit qu'elles se conduisent comme une particule sédimentaire individuelle, auquel cas leur comportement hydraulique sera à poids spécifique égal soumis aux mêmes lois qui régissent le transport des substances naturelles. Nous examinerons tout d'abord les caractéristiques des transports en suspension, puis les transports au contact du fond.

I. — LES TRANSPORTS EN SUSPENSION

A) Les apports en suspension des fleuves (fig. 1).

Les apports de la Loire ont été étudiés par l'un de nous (L. Berthois, 1953 à 1969). La détermination de la concentration en particule a été effectuée sur deux fractions séparées au tamis de maille 60 μ puis la fraction fine dosée par néphélométrie et la fraction grossière pondéralement. L'étude réalisée a permis de mettre en évidence le comportement hydraulique différent de ces deux fractions granulométriques (L. Berthois et G. A. Auffret, 1968). La fraction inférieure à 60 μ est répartie de façon relativement « homogène » sur toute la hauteur de la tranche d'eau. Elle est composée principalement de phyllites : mica, illite, chlorite, kaolinite et de quartz. La fraction grossière n'est transportée de façon importante en suspension que lors des crues dont le débit dépasse 2 000 m³/s, elle est répartie sur toute la hauteur de la tranche d'eau selon une loi logarithmique. Cette fraction comprend essentiellement des micas (50 %), du quartz, des feldspaths et divers minéraux lourds. L'étude de l'évolution des apports an-

nuels a permis de mettre en succession des crues et décrues, ainsi que celle des années sèches et des années à forte pluviosité. Il apparaît notamment que les teneurs importantes en fraction fine sont liées aux périodes de ruissellement intense suivant les précipitations, par contre le maximum des teneurs en fraction grossière surviennent fréquemment avec un certain retard sur l'onde de crue qui témoigne soit d'un apport en régime de suspension semi-permanent, soit de l'érosion du résidu grossier laissé à la surface des sols par les premières phases du ruissellement... ou d'autres facteurs qui n'apparaissent pas encore clairement. Cette fraction grossière est paradoxalement accompagnée d'une fraction fine, riche en argile, qui pourrait provenir du lessivage des horizons profonds des sols (Chamley, 1971). Il faut donc souligner l'abondance des phyllites et plus précisément des argiles dans ce stock fluvial. Ce caractère est très propice à l'adsorption d'éléments chimiques naturels ou artificiels.

B) Les processus sédimentaires en milieu estuarien.

Une fraction importante des sédiments fins apportés par les fleuves est susceptible d'être évacuée vers le large (G. P. Allen, 1972). Le bouchon vaseux participe également par le jeu de la pulsation latérale à la sédimentation des slikkes et des schorres des rives de l'estuaire (Berthois, 1956 b). Il apparaît, et ceci est une évidence démontrée que les sédiments en suspension dans le domaine estuarien proviennent pour une large part des apports fluviaux. Une partie de cette fraction est éliminée vers le large, mais il n'est pas impossible que des apports marins en suspension puissent être introduits dans les estuaires ainsi que cela semble être le cas sur la côte Est des Etats-Unis (Meade et Hattaway, 1973; Palmer, 1973). A cet égard une fraction de la Montmorillonite présente dans le bouchon vaseux en Loire et en Gironde pourrait provenir du remaniement marin d'ancien sédiment fluvial déposé sur le plateau continental au cours d'autres épisodes climatiques, car ce minéral semble relativement discret dans les apports fluviaux actuels (Lafond *et al.*, 1965). En tout état de cause l'une des données fondamentales est le temps de résidence des eaux douces et du stock

des particules en milieu estuarien. Le temps de stockage des eaux fluviatiles est de l'ordre d'une dizaine de jours. C'est une fonction inverse du débit du fleuve. La masse des sédiments en suspension en milieu estuarien peut parfois être d'un ordre à deux ordres plus élevée que celle des apports annuels, ainsi que nous avons pu le montrer pour la rade de Brest; ceci indique un recyclage très intense d'un stock sédimentaire considérable, qui favorise vraisemblablement les phénomènes d'adsorption (Martin, 1973).

C) Teneurs en suspension sur le plateau continental.

Les mesures de teneur en suspension sur le plateau continental français sont très peu nombreuses. Glémarec (1969) rend compte de mesures effectuées sur les vasières au large de l'estuaire de la Loire (fig. 1). Ces mesures sont particulièrement intéressantes. Elles ont été réalisées à différentes profondeurs (2 m, 20 m, et sur le fond) et portent sur trois fractions granulométriques isolées par tamisage. La teneur de la fraction $< 20 \mu$ varie de 5 à 18 mg/l, (la sous-fraction comprise entre 2 et 20μ est un peu plus importante que la fraction « argileuse » $< 2 \mu$, (ce fait se retrouve dans le sédiment - Glémarec, op. cit.). Les sables et les sables ne sont importants qu'au fond mais leur présence ici est probablement liée au mode de prélèvement (après que l'engin ait touché le fond) et leur abondance est liée vraisemblablement à la plus ou moins grande « compaction » des dépôts vaseux. Une série de mesures que nous avons réalisées en février-mars 1967 à l'entrée de l'Iroise (fig. 1) a fourni des teneurs comprises entre 0 et 3,7 mg/l. Les mesures étaient réalisées par néphélométrie sur des échantillons d'eau prélevés à la bouteille à renversement. Les turbidités en surface variaient de 0 à 3,4 mg/l, à mi-profondeur elles étaient comprises entre 0,6 et 3 mg/l, au fond entre 0 et 3,7 mg/l. Les moyennes respectives sur une marée étant 1,4, 1,7 et 1,6 mg/l. Le calcul des vitesses résiduelles en surface, à 10, 20, 30, 40 m de profondeur et au voisinage du fond montre une vitesse résiduelle dirigée vers l'aval en surface et dirigée vers l'amont à partir de 10 m de profondeur. L'étude des bilans massiques montre qu'en surface le flux résiduel est dirigé vers l'aval, il y atteint $13,3 \text{ mg/dm}^2/\text{sec}$. A mi-profondeur il est dirigé vers l'amont et atteint $6,7 \text{ mg/dm}^2/\text{sec}$. Le bilan de ces flux de direction opposée est difficile à évaluer. Les flux élevés de la surface sont compensés par la faible épaisseur de la tranche d'eau concernée (10 m environ), tandis que le flux plus faible en profondeur est compensé par une plus grande épaisseur (40 m). Le fait que ces teneurs en profondeur sont importantes lors du

flot suggère que le débit global pourrait être, à cette époque et pour ce point dirigé vers l'amont. Des mesures plus précises sont nécessaires pour vérifier la validité et la généralité de cette hypothèse, mais il ne nous apparaît pas qu'elle soit à priori incompatible avec les modèles proposés par différents auteurs. Ce point serait caractéristique de la zone estuarienne externe où les courants résiduels de densité manifestent déjà leur action.

Ces transports en suspension concernent notamment une fraction argileuse; à cet égard il est intéressant de rappeler les données publiées sur leur répartition sur le plateau continental. L'origine des vases de la Grande Vasière a été discutée par de nombreux auteurs (Rumeau et Vanney, 1969; Barbaroux et Galenne, 1973). Les travaux récents de Pinot (1974) et Glémarec ont permis de mettre en évidence une évolution dynamique saisonnière en relation avec les perturbations atmosphériques. La Grande Vasière apparaît donc comme une entité dynamique et non comme un héritage purement fossile. La question qui se pose à son égard est de savoir dans quelles mesures le matériel qui la compose dériverait de vasières littorales qui se seraient établies sur le plateau continental lors des bas niveaux marins ainsi que le proposait l'un de nous (Berthois et Le Calvez, 1959). Le fait que les traces morphologiques des cordons à l'abri desquels ces dépôts se seraient effectués ne sont pas toujours observables aujourd'hui n'est pas une preuve formelle contre cette hypothèse de plus elle a été confirmée par des carottages dans une zone plus au Sud (Barousseau, 1973). Inversement, il serait intéressant de pouvoir estimer dans quelle mesure ce stock de sédiment fin est susceptible d'être alimenté par les apports actuels des fleuves, et dans quelle mesure il serait susceptible également d'alimenter les vasières littorales ou estuariennes ou d'être évacué vers la pente continentale et la plaine abyssale. Dans l'état actuel des connaissances il semble que l'on puisse avancer l'existence de tels transferts, mais il est impossible d'en chiffrer l'importance. A cet égard, les possibilités futures offertes par la télédétection devraient permettre une quantification de ces mouvements. Ainsi des observations aériennes (Allen *et al.*, 1971, 1972) ont permis aux auteurs de mettre en évidence au voisinage de l'embouchure de la Gironde une circulation des eaux de surface dirigées vers le nord-ouest; des mesures *in situ* ont montré que la vitesse résiduelle sur toute la tranche d'eau était dirigée dans cette direction. Malheureusement les auteurs ne signalent pas les valeurs des turbidités à cette époque. On doit signaler que cette direction est en très bon accord avec la répartition de la Montmorillonite (Latouche, 1972). Le traitement informatique d'images dans l'infrarouge thermique

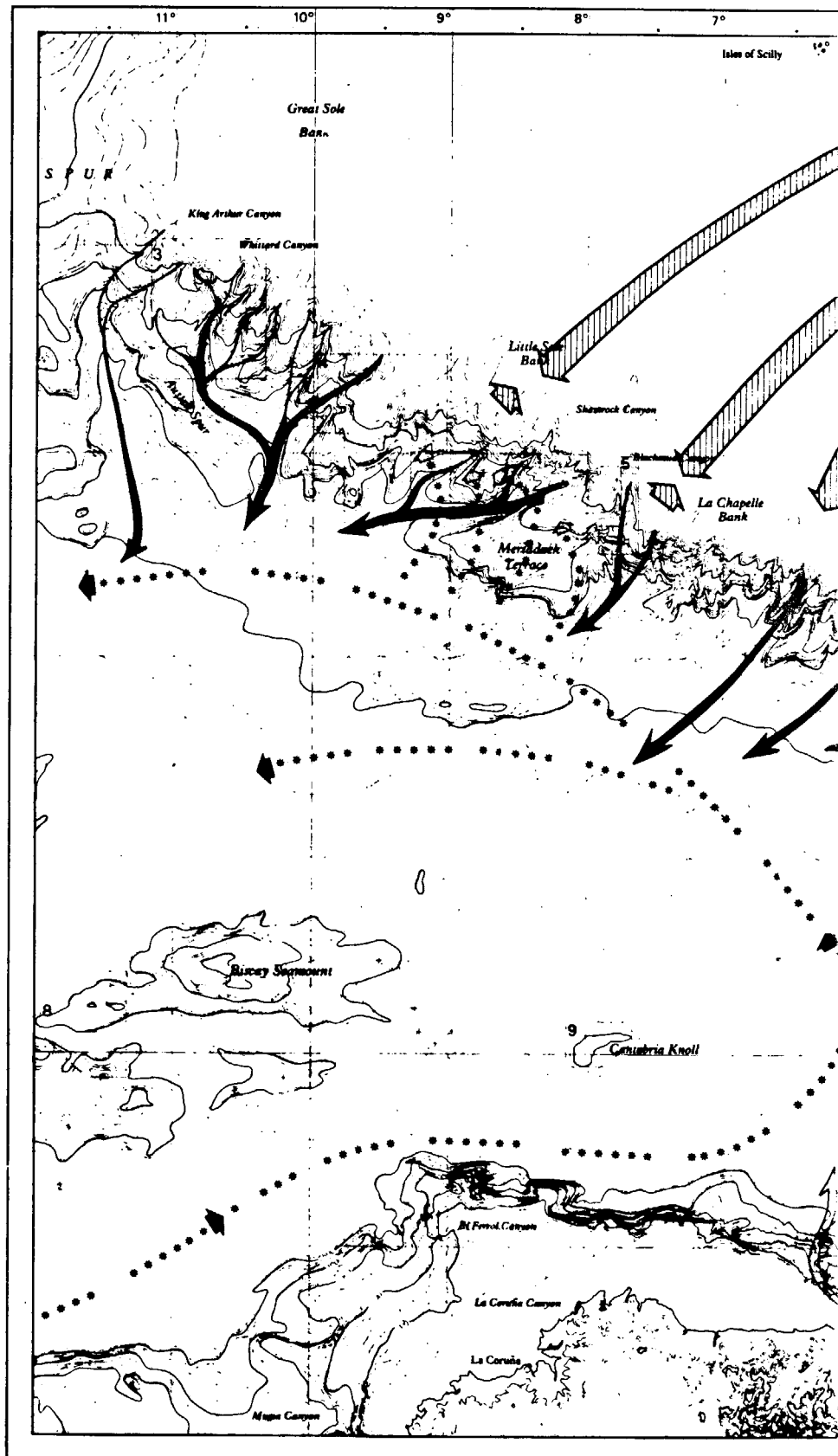
.....➔
 Paléocirculation profonde
 stade glaciaire du pléistocène

▨➔
 Transfert sableux
 sur le plateau

➔
 Courant de turbidité actif

➔
 Courant de turbidité actif
 durant le pléistocène

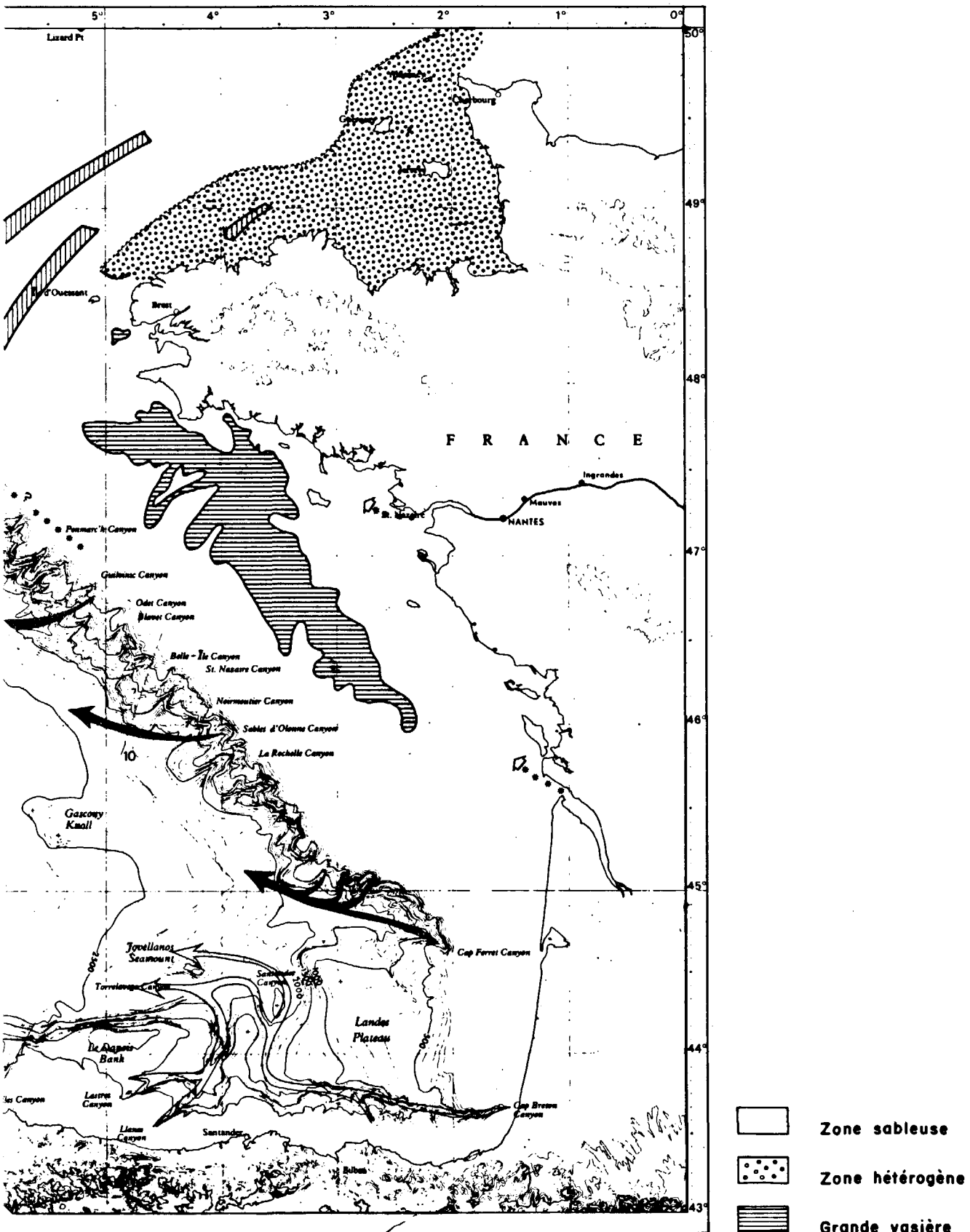
.....⊙
 Circulation résiduelle
 profonde



INTÉRÊT DE LA CONNAISSANCE
DES PROCESSUS SÉDIMENTAIRES ACTUELS
SUR LA FAÇADE ATLANTIQUE
DU PLATEAU CONTINENTAL FRANÇAIS
POUR LE CONTRÔLE DES REJETS INDUSTRIELS

G. A. AUFFRET, L. BERTHOIS,
G. P. ALLEN et J. L. DOUVILLE

II. 9



fournies par les satellites NOAA a montré (Guerin et Monget, 1975) que les eaux turbides issues de la Loire se dirigeaient le 8 mars 1973, vers les couraux de Belle-Isle. A la suite d'une période de gros temps de SW en mars 1975, les images satellites ont montré le refoulement par les eaux du large des eaux turbides d'origine ligérienne vers le sud de Belle-Isle (Albuisson, Guerin et Pinot 1976).

Nous signalerons enfin pour compléter cette revue vers les grandes profondeurs, l'importante activité des processus sédimentaires jusqu'aux fonds de 3 000 m (G. A. Auffret *et al.*, 1975), (fig. 1), en liaison avec une circulation périodique liée au courant de marée. Les rares mesures courantométriques de longue durée réalisées dans ce secteur (Gould *et al.*, 1965) ont montré en plus de ce mouvement oscillatoire dont l'intensité maximum atteint 25 cm/sec à 1 m du fond, l'existence d'une composante résiduelle dirigée vers le nord au pied de la pente continentale. Sur le plateau continental (Cavanié, Hyacinthe, sous-presse) des mesures de courant de courte durée ont montré une dérive des courants dirigée en moyenne vers le nord-ouest.

A cet égard il est évident que les caractères morphologiques de la marge continentale sont déterminants. Ainsi la marge étroite du Sud du Golfe de Gascogne entaillée de canyon, est très propice au transfert des sédiments en suspension en un délai très court vers les grandes profondeurs selon des processus variés : sédimentation « normale », sédimentation favorisée par la plus grande densité des eaux de surface en hiver (élévation de la densité due au froid et à la charge sédimentaire), courant de turbidité... La rapidité des transferts dans cette zone est soulignée par la présence de débris organiques d'origine littorale (algues, aiguilles de pin) dans les sédiments superficiels par plus de 4 000 m de profondeur et des fluctuations des teneurs en matière organique, qui suggèrent des apports saisonniers (L. Laubier, communication orale). Par contre la largeur de la marge nord du golfe aurait pour conséquence une dérive plus lente des sédiments en suspension vers les grandes profondeurs.

II. — LES TRANSPORTS AU CONTACT DU FOND

A) Les apports fluviaux.

Nous avons évalué la masse des sédiments transportés en Loire par « charriage » par deux méthodes : l'évaluation des pourcentages du stock

grossier supérieur à 510μ dans les sédiments de l'estuaire qui sont susceptibles d'être transportés par charriage conduit à une estimation indirecte de la proportion des sédiments charriés par rapport aux apports en suspension (Berthois *et al.*, 1960). La détermination directe du débit solide charrié grâce à une expérience de marquage des sables à Ingrandes (Berthois *et al.* 1970). Ces deux méthodes conduisent à estimer que le stock des sédiments charriés représente « en moyenne » 27 % des apports solides en suspension soit environ 1 000 t/j pour un débit de 2 000 m³/sec.

B) Domaine estuarien.

L'existence de grands bancs sableux et de dunes hydrauliques dans les estuaires est un fait classique (Berthois, 1959; Allen J.L.R., 1963). L'évolution morphologique de ces formes et leur migration sont une preuve des mouvements sédimentaires, mais il est difficile d'évaluer les masses charriées, mais il est difficile d'évaluer les masses charriées. Des résultats concernant l'estuaire de la Gironde ont été publiés par Allen *et al.*, 1970. Ils semblent indiquer pour les conditions de mesure (étiage) des transports dirigés préférentiellement vers l'amont tandis qu'à l'embouchure une circulation transversale à l'ouverture de l'estuaire et dirigée vers le nord ouest serait prépondérante. Les débits charriés varient de 0,72 à 4,40 T/m/j dans l'estuaire, entre 0,1 et 0,3 T/m/j à l'embouchure.

C) Domaine du plateau continental.

1) Évaluation quantitative.

Les études granulométriques des sédiments du plateau continental ont montré que l'on pouvait mettre en évidence plusieurs populations granulométriques, depuis des cailloutis dont la dimension est supérieure à 2 cm, au sable fin (60 à 500μ) en passant par les graviers d'origine minérale ou organique (2 m à 2 cm) et les sables grossiers (500μ à 2 mm). Il apparaît le plus souvent que deux ou trois populations granulométriques coexistent dans les prélèvements sédimentaires effectués à la drague ou à la benne. Il est toujours difficile en ce cas de déterminer s'il s'agit du mélange de population « pure » provoqué par l'engin de prélèvements ou si ce mélange correspond à la nature du sédiment. Les photographies sous-marines montrent que l'un ou l'autre cas peuvent survenir. Quoiqu'il en soit le « triage » de ces différentes populations granulométriques est interprété comme l'expression d'une mise en place à

INTÉRÊT DE LA CONNAISSANCE
DES PROCESSUS SÉDIMENTAIRES ACTUELS
SUR LA FAÇADE ATLANTIQUE
DU PLATEAU CONTINENTAL FRANÇAIS
POUR LE CONTRÔLE DES REJETS INDUSTRIELS

G. A. AUFFRET, L. BERTHOIS,
G. P. ALLEN et J. L. DOUVILLE

II. 9

partir de processus de transport différents : suspension, suspension semi-permanente, saltation, glissement ou roulement sur le fond. Selon l'agitation du milieu telle population susceptible d'être transportée ici en suspension, sera là uniquement transportée par saltation; il en résulte donc à priori des « modes » formant une série continue en fonction des facteurs dynamiques. En ce qui concerne le sud de la Manche Occidentale nous avons montré à l'aide des abaques de Bonnefille (1963) que la fraction la plus fine des sables était susceptible d'être transportée pour des vitesses supérieures ou égales à 20 cm/s à 1 m du fond, que les sables grossiers nécessitent des vitesses égales à 35 cm/sec tandis que les graviers et les cailloux ne seraient mis en mouvement que pour des vitesses égales à 120 cm/sec qui nécessitent la conjonction de fortes marées et de tempêtes. Nous avons calculé le débit théorique de charriage correspondant à ces vitesses d'après les travaux de Sternberg (1972). Ils sont de l'ordre du Kg/m/sec. Le débit n'atteint ces valeurs extrêmes que lors des maximums des courants de flot et de jusant. Les transports effectifs observés résultant de cette oscillation qui sont de l'ordre de la tonne/m/jour (Auffret *et al.*, *op. cit.*) sont compatibles avec ces estimations.

2) Sens des transports.

On doit à G. Boillot (1964) l'une des premières tentatives d'utilisation des débris d'origine biologique pour établir le sens des déplacements sédimentaires. Cet auteur a mis en évidence une nappe de sable à Cellaria avec un gradient d'appauvrissement depuis Ouessant jusqu'à 4° de longitude ouest et en concluait à un déplacement des sédiments d'ouest en est. Il nous semble pourtant que la présence d'un gradient ne saurait à elle seule impliquer l'existence de transports sédimentaires actifs. En effet différentes causes peuvent produire un gradient sans qu'il y ait transport de la population considérée : soit une dilution par une deuxième population (par exemple des sables fins) qui serait effectivement susceptible d'être transportée, soit une production biologique locale affectée d'un gradient d'appauvrissement dans une des directions. De plus en présence d'un gradient lié à un transport il apparaît tout aussi évident d'admettre un transport sédimentaire des teneurs les plus faibles vers les teneurs les plus fortes, celles-ci étant caractéristiques des zones d'accumulation et celles-là de production. On voit donc qu'en fait, cette notion de gradient n'est pas à elle seule un argument ou peut tout aussi bien se retourner. En fait il faut d'abord prouver que les transports sont possibles dans les conditions hydrodynamiques actuelles. C'est ce que nous avons fait ci-dessus, puis considérer la vitesse résiduelle du courant efficace pour

le transport de la catégorie de sédiment considérée. Il est nécessaire pour cela de disposer d'une série de mesures aussi longue que possible au voisinage du fond, la résultante observée n'étant en toute rigueur applicable qu'à la période de mesure considérée. De telles mesures ont été réalisées que dans le secteur du pré littoral côtier (J. L. Douville, sous presse). Elles ont montré une dérive des sables fins (vitesse critique 20 cm/sec vers le sud-ouest ou le sud). Une seule mesure au voisinage des Trépieds a indiqué une résultante vers l'est, la situation de ce point explique aisément cette constatation et le caractère particulier du résultat de Le Gorgeu et Boillot (1969). Dans la même région l'orientation des dunes hydrauliques est conforme à l'hypothèse d'une dérive vers le sud-ouest ou vers l'ouest (dune du Banc de la Forêt, dune des Trépieds, Trezen ar skoden). Au large les mesures réalisées sont de trop courtes durées (12 h) pour que le courant résiduel efficace puisse être évalué; mais l'évidence morphologique semble catégorique : les transports (dont nous avons montré la possibilité) se font de façon préférentielle vers le sud-ouest (Auffret *et al.*, sous presse). Ainsi le gradient observé dans les teneurs en Cellaria dérive-t-il tout aussi bien de facteurs liés à la production, celle-ci étant plus abondante

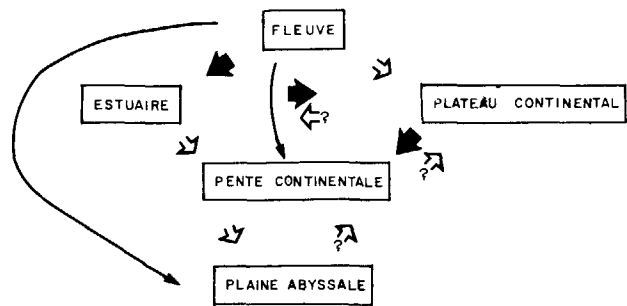


Diagramme 1. — Transport en suspension.

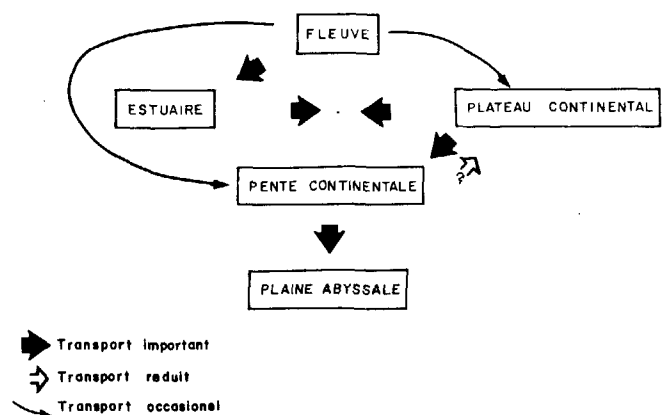


Diagramme 2. — Transport au contact du fond.

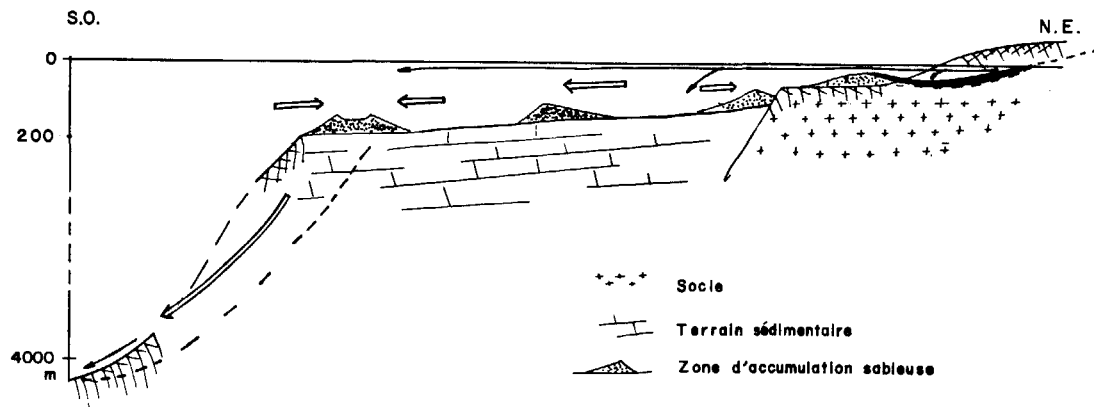


FIG. 2 a. — Schéma débouché de la Manche.

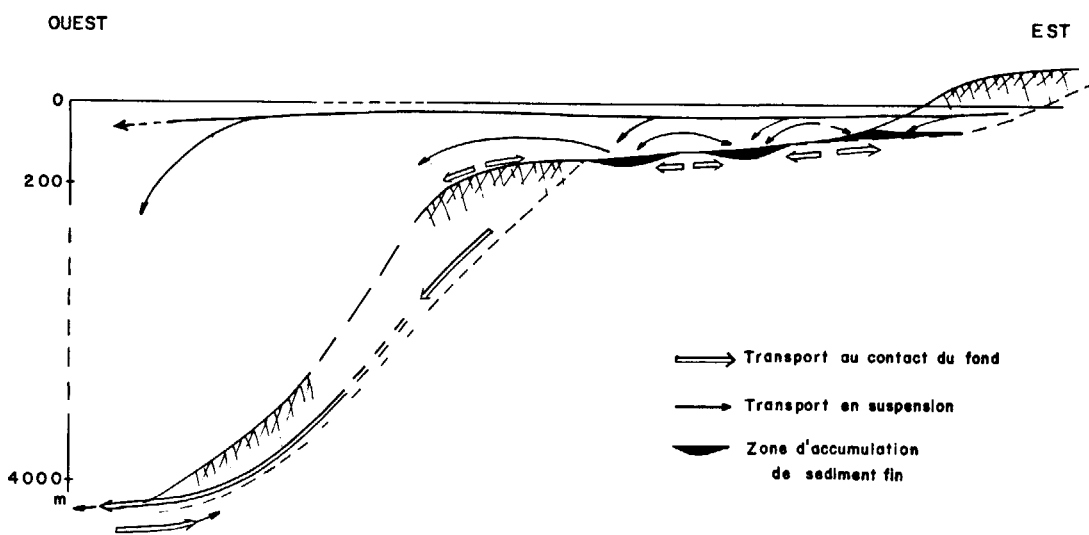


FIG. 2 b. — Schéma marge armoricaine.

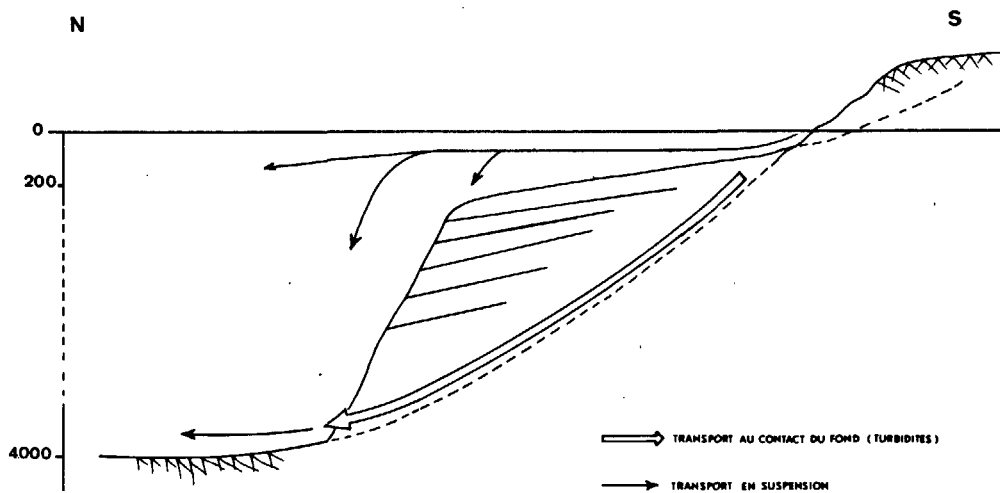


FIG. 2 c. — Schéma marge espagnole du Golfe de Gascogne.

à l'ouest qu'à l'est, ou à une accumulation vers l'ouest. Il est probable que ces deux facteurs opèrent à la fois.

Il nous paraît donc évident qu'il existe au débouché de la Manche un transfert sédimentaire au contact du fond dirigé vers la rupture de pente du plateau continental. Ce transfert intéresse des sables et pourrait localement intéresser des matériaux de la taille des graviers. En ce qui concerne le plateau sud armoricain où les transports en suspension jouent ainsi que nous l'avons montré dans la première partie de l'exposé un rôle qui paraît considérable, les transports sableux au contact du fond quoique peut-être moins actifs pourraient être également importants, Vanney (1969), Pinot (1974), Barusseau (1973). Ces mouvements conduiraient d'une part à une remontée des matériaux vers le littoral d'autre part à l'exportation d'une partie des matériaux vers la plaine abyssale, à la faveur du piégeage dans les têtes de canyon, et éventuellement de la production de courants de turbidités. Nous avons eu l'occasion de prélever dans des canyons de la marge continentale armoricaine par plus de 2 000 m de fond des débris de mollusques typiques des faibles profondeurs. Nous avons également carotté des dépôts turbiditiques quaternaires comprenant des débris de moules par plus de 4 500 m de fond au centre du Golfe de Gascogne.

III. — CONCLUSION

Nous avons examiné les conditions de transferts des sédiments depuis le milieu fluvial jusqu'au milieu abyssal en nous fondant sur nos propres travaux et en rapportant les résultats publiés par de nombreux chercheurs qui ont abordé ces questions.

A l'issue de cet examen il apparaît que les données disponibles sont encore très fragmentaires; elles permettent de formuler un certain nombre d'hypothèses qui devront être vérifiées. Elles ont été figurées sous forme de deux diagrammes concernant l'un, les transferts en suspension, l'autre les transferts au contact du fond et de trois figures concernant la Manche Occidentale, le modèle sud-armoricain, la marge espagnole. Les hypothèses sont les suivantes :

1) La masse des sédiments concernée par les transferts sédimentaires, notamment ceux qui se font en suspension, est considérable.

2) Les matériaux mis en œuvre sont soit d'origine fluviale (actuels ou anciens) soit d'origine biologique.

3) Ce matériel est soumis à un « brassage » important; les produits soumis à ce brassage trouvent un refuge temporaire ou définitif dans les zones

abritées du littoral (y compris les estuaires ?) ou les grandes profondeurs de la pente continentale et de la plaine abyssale.

4) Dans les circonstances les plus radicales, des transferts en masse de sédiments du milieu continental au milieu abyssal peuvent se faire à l'échelle de la journée. Ces transferts rapides s'effectuent grâce à la conjonction des perturbations atmosphériques et d'une situation morphologique particulière (marge sud du Golfe de Gascogne).

Sur la marge nord du Golfe les transferts se font sans doute de façon plus lente, ils semblent intéresser essentiellement des particules fines transportées en suspension dans le secteur sud armoricain, tandis que les débouchés de la Manche seraient caractérisés par des transports actifs au contact du fond en direction de la rupture de pente du plateau continental.

RÉFÉRENCES

- ALBUISSON M., GUÉRIN O., PINOT J. P. (1975). — L'expansion en mer des eaux de la Loire en mars 1975. Ext. du *Bull. U.O.F.*, VII, n° 3-4, septembre-décembre.
- ALLEN J. R. L. (1968). — Current ripple. Amsterdam, North-Holland, Pub. Co, 433 p.
- ALLEN G. P., COURTOIS G., JEANNEAU B., KLINGBIEL A. (1970). — Etude de la stabilité d'un banc de sable sur le site du Bec d'Ambès par l'emploi de traceurs radioactifs. *Bull. IGBA*, n° 8, pp. 158-203.
- ALLEN G. P., KLINGBIEL A., VIGNEAUX M. (1971). — Modalités de répartition des suspensions issues de l'estuaire de la Gironde sur le plateau continental atlantique. *CRAS*, Paris, 273, pp. 2211-2214.
- ALLEN G. P. (1972). — Etude des processus sédimentaires dans l'estuaire de la Gironde. Thèse Doc. Etat, Sc. Nat., Bordeaux, 314 pages.
- ALLEN G. P., CASTAING P., KLINGBIEL A. (1972). — Contribution à l'étude de la circulation des masses d'eau à l'embouchure de la Gironde. *CRAS*, Paris.
- AUFFRET G. A., PASTOURET L., KERBRAT R. (1975). — Dynamique sédimentaire au bas de la marge continentale armoricaine : exemple de la ride Aegis. II^e Congrès de Sédimentologie, Nice, 1975.
- AUFFRET G. A., BERTHOIS L. et DOUVILLE J. L. (1975). — Observations sur les rides sous-marines du plateau continental. *La Houille Blanche*, n° 718.
- BARBAROUX L. et GALLENNE B. (1973). — Répartition des minéraux argileux dans les sédiments récents de l'estuaire de la Loire et du plateau continental voisin. *C. R. Acad. Sc.*, Paris, 277, pp. 1609-1612.
- BARUSSEAU J. P. (1973). — Evolution du plateau continental rochelais (Golfe de Gascogne) au cours du Pleistocène terminal et de l'Holocène. Les processus actuels de la sédimentation. Thèse Doc. Etat, Sc. Nat., 363 p.
- BERTHOIS L. (1956). — Variations du débit solide en suspension pendant les crues de la Loire. *CRAS*, 242, pp. 536-537.

- BERTHOIS L. (1956 b). — Comportement du « bouchon vaseux » dans l'estuaire de la Loire. IV^e Journées de l'Hydraulique. *La Houille Blanche*.
- BERTHOIS L. et LE CALVEZ Y. (1959). — Deuxième contribution à l'étude de la sédimentation dans le golfe de Gascogne. *Rev. Inst. Sc. et Techn. des Pêches Maritimes*, Paris, 23 (3), pp. 323-367.
- BERTHOIS L. (1959). — Remarques sur les rides sous-marines. *Rev. de l'Inst. Sc. et Techn. des Pêches maritimes*, Paris, 23 (2), pp. 225-239.
- BERTHOIS L. et MORIZE J. (1960). — Première évaluation du débit solide total de la Loire. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, E. 251, pp. 1543-1545.
- BERTHOIS L. et AUFFRET G. A. (1968). — Etude des caractéristiques minéralogiques du transport des sédiments en suspension dans la Loire et application à l'étude de la sédimentation estuarienne. Actes du 93^e Congrès nat. Soc. Sav. Paris. *Bibl. Nat.*, pp. 57-68.
- BERTHOIS L., AUFFRET G. A., COURTOIS G., JEANNEAU B. (1970). — Etude du charriage dans le lit de la Loire entre Montjean et Ingrandes. *Mem. du SARS*, Saclay, mai 1970, 30 p. ronéo., 11 tabl., 22 fig.
- BERTHOIS L., COURTOIS G., AUFFRET G. A., JEANNEAU B. (1970). — Etude du transport sableux par charriage dans la Loire. *C. R. Acad. Sc.*, Paris, 270, série D, n° 9.
- BOILLOT G. (1964). — Géologie de la Manche Occidentale. Fonds rocheux, dépôts quaternaires, sédiments actuels. *Ann. Inst. Oceanogr.*, XLII, 1, 219 p.
- BONNEFILLE R. (1963). — Essai de synthèse des lois de début d'entraînement des sédiments sous l'action d'un courant en régime continu. *Bull. du Centre de Rech. et d'essais de Chatan*, 5, 67-72.
- CAVANIÉ A., HYACINTHE J. L. — Etude des courants et de la marée à la limite du plateau continental d'après les mesures effectuées pendant la campagne « Golfe de Gascogne, 1970 ». Publications techniques du CNEXO (sous-presse).
- CHAMLEY H. (1971). — Recherche sur la sédimentation argileuse en Méditerranée. Thèse Doctorat d'Etat, Sc. Nat., Marseille, 401 p.
- DOUVILLE J. L. — Cartographie des intensités maximales des courants de marée au large de Roscoff. *Cahiers de Biologie marine* (sous presse).
- GLEMAREC M. (1969). — Les peuplements benthiques du plateau continental Nord-Gascogne, Th. Sc. Paris, Brest, Fac. Sc., 167 pages.
- GOULD W. J. et Mc KEE (1973). — Vertical structure of semi diurnal tidal currents in the Bay of Biscay. *Nature*, 244, n° 5411, pp. 88 à 91, July 73.
- GUÉRIN O., MONGET J. P. (1975). — Intérêt et limite de la télédétection pour la connaissance du milieu estuarien. Exemple de l'embouchure de la Loire. *Bull. U.O.F.*, VII, n° 1-2.
- LAFOND R. et VERGER F. (1965). — Minéralogie des argiles du littoral et des rivières du marais poitevin. *C. R. Acad. Sc.*, Paris, 260, pp. 4232-4235.
- LATOUCHE C. (1972). — La sédimentation argileuse marine au voisinage de l'embouchure de la Gironde. Interprétation et conséquence. *C. R. Acad. Sc.*, Paris, 274, pp. 2929-2932.
- LE GORGEU J. P., BOILLOT G. (1964). — La migration des sables marqués au large de Roscoff (Finistère). *C. R. Acad. Sc.*, Paris, 259, pp. 4082-4085.
- MARTIN J. M. (1973). — Quelques caractéristiques géochimiques du milieu estuarien. Symp. International. Relations sédimentaires entre estuaire et plateaux continentaux (abstract). Bordeaux, 9-14 juillet.
- MEADE R. H., HATTAWAY J. C. (1973). — Continental shelves as sources of estuarine sediments, and estuaries as sources of shelf sediments (abstract). Symp. International. Relations sédimentaires entre estuaires et plateaux continentaux. Bordeaux, 9-14 juillet.
- PALMER H. D. (1973). — Estuarine sedimentation, Chesapeake bay, Maryland (abstract). Symp. International. Relations sédimentaires entre estuaires et plateaux continentaux. Bordeaux, 9-14 juillet.
- PINOT J. P. (1974). — Le précontinent breton entre Penmarc'h, Belle-Isle et l'escarpement continental. Etude géomorphologique, Lannion, Impram, 256 pages.
- RUMEAU J. L. et VANNEY J. R. (1969). — Caractères géochimiques et origine des sédiments récents du plateau continental atlantique dans le nord du Golfe de Gascogne. *Bull. Centre Recherche, Pau*, S.N.P.A., 3 (1), 125-146.
- STERNBERG R. W. (1972). — Predicting initial motion and bedload transport in shelf sediment transport. Dowden, Hutchinson & Ross, Inc. Edit., pp. 61-82.
- VANNEY J. R. (1969). — Le précontinent du centre du Golfe de Gascogne. Recherches géomorphologiques. Thèse Lettres, Ecole Pratique des Hautes Etudes, 16, 365 p.