

Répartition des minéraux argileux sur le plateau continental Sud-Gascogne

Minéraux argileux
Marge continentale macrotidale
Golfe de Gascogne
Hydrodynamique sédimentaire littorale

Clay minerals
Macrotidal continental shelf
Bay of Biscay
Coastal sedimentary hydrodynamics

**Claude LATOUCHE, Jean-Marie JOUANNEAU, Yvon LAPAQUELLERIE,
Noële MAILLET, Olivier WEBER**

Département de Géologie et Océanographie, URA CNRS n°197, Institut de
Géologie du Bassin d'Aquitaine, Université de Bordeaux I, 351, cours de la
Libération, 33405 Talence Cedex, France.

RÉSUMÉ

Le plateau Sud-Gascogne est un bon exemple de marge continentale soumise à un régime de marée d'amplitude macrotidale et à d'importants flux sédimentaires d'origine continentale. L'objectif de la présente étude est de préciser la manière suivant laquelle la sédimentation argileuse s'organise sur cette marge, sous le double contrôle des apports fluviaux et des actions hydrodynamiques marines. Il en ressort que la répartition des minéraux argileux (par ordre d'importance : micas, chlorites, illites et smectites) se trouve compliquée par l'imbrication de plusieurs processus sédimentaires : expulsions fluviales discontinues (plus riches en smectites) ; mélanges des matériaux frais avec les fractions fines (riches en micas et chlorites) provenant du remaniement des matériaux reliques constituant une grande partie des fonds ; stockage définitif n'intervenant qu'aux profondeurs supérieures à 50 m. Au total il apparaît que les processus physiques exercent un contrôle majeur sur la distribution des phases argileuses.

Oceanologica Acta, 1991. Actes du Colloque International sur l'environnement des mers épicontinentales, Lille, 20-22 mars 1990, vol. sp. n° 11, 155-161.

ABSTRACT

Clay mineral distribution on the southern Bay of Biscay continental shelf

The southern Biscay shelf is a typical example of a continental margin submitted to a macrotidal regime and to heavy sedimentary fluxes of continental provenance. The aim of this study was to determine the manner in which clay sedimentation is organized on the margin and to evaluate the impact of both river-borne inputs and marine hydrodynamic activity. It was established that the distribution of clay minerals (in the order of frequency : micas, chlorites, illites and smectites) is upset by the interconnection of several sedimentary processes : discontinuous river-born discharges (richer in smectites); the mixture of newly-arrived material with fine fractions (rich in micas and chlorites) resulting from the reworking of remnant material that represents the major part of the sea-floor and the ultimate stockage occurring at depths greater than 50 m. It appears, in fact, that physical processes control to a large extent the distribution of clay phases.

Oceanologica Acta, 1991. Proceedings of the International Colloquium on the environment of epicontinental seas, Lille, 20-22 March, 1990, vol. sp. n° 11, 155-161.

INTRODUCTION

Cadre de l'étude, méthodologie

Par son extension et par ses caractères morphologiques et hydrosédimentaires, le plateau continental du golfe de Gascogne représente un bon exemple de marge continentale soumise à un régime de marées semi-diurnes d'amplitude macrotidale (4 à 6 m) et à d'importants flux d'origine continentale (Castaing et Jouanneau, 1987). Dans sa partie Sud, sa largeur passe de 200 km environ au droit de l'estuaire de la Gironde (fig. 1) à une vingtaine de kilomètres, au droit de l'embouchure de l'Adour. La

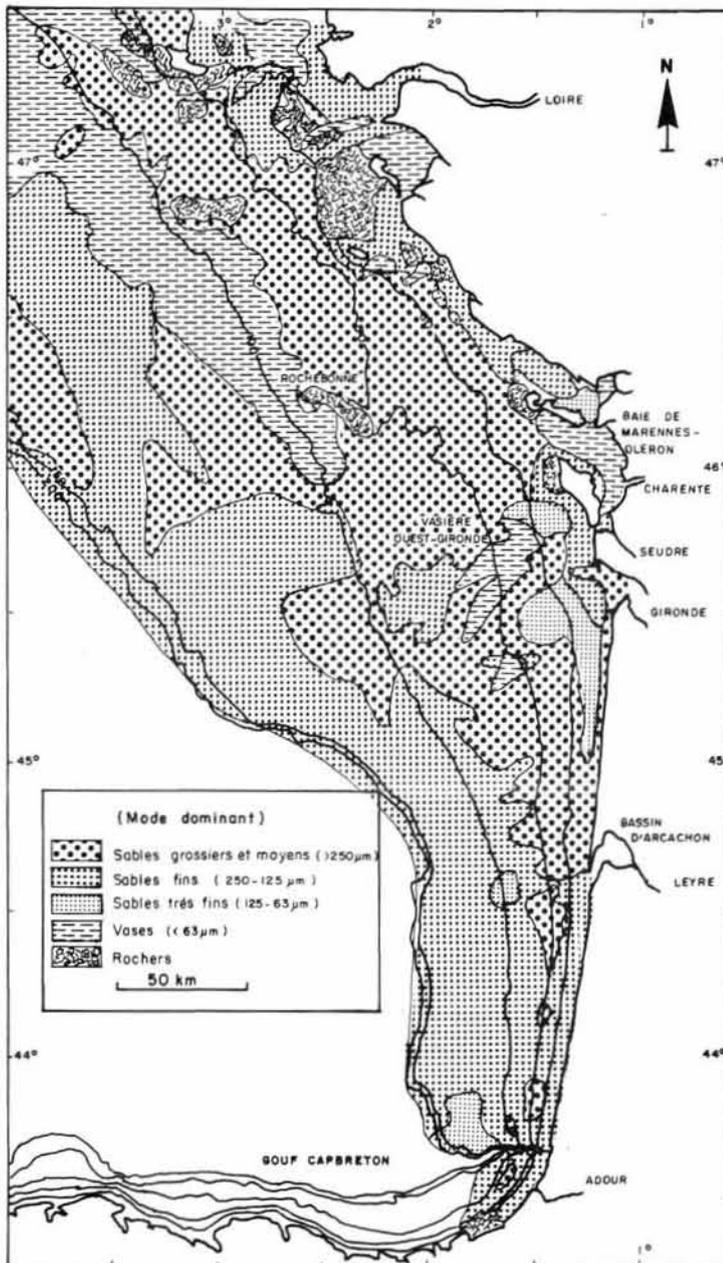


Figure 1

Couverture lithologique du plateau aquitain (d'après Allen et Castaing, 1977, simplifiée).

Lithological cover of the Aquitaine shelf (after Allen and Castaing, 1977, simplified).

bathymétrie en pente très régulière de la côte vers le large est perturbée au Nord par le haut-fond rocheux de Rochebonne, et au Sud par la profonde entaille du gouf de Cap-Breton. Les fonds sont en majeure partie constitués de dépôts détritiques grossiers (Allen et Castaing, 1977) : sables roux et beiges de mode granulométrique dominant supérieur à 250 µm. Des sables fins (mode de 200 à 125 µm) apparaissent en bordure du plateau vers le Nord et sur toute la largeur du plateau au Sud de la latitude du Bassin d'Arcachon. Enfin, en placage sur les dépôts grossiers, des sables très fins (mode 125 à 63 µm) et des vases silto-argileuses (mode < 63 µm) apparaissent dans les vasières Ouest-Gironde et Sud-Gironde, et saisonnièrement le long de la côte landaise. L'ensemble des dépôts à dominance quartzreuse (sables) ou parfois argileuse (vases) ne contient que de faibles quantités de carbonates (< 10 %).

Ce plateau fait l'objet d'études pluridisciplinaires s'intégrant depuis 1987 dans le cadre du Programme National Français Écomarge. Un ensemble de données s'ajoutant à celles tirées d'un grand nombre de travaux antérieurs permet ainsi de disposer de bonnes informations sur l'hydrologie (Cavanié and Hyacinthe, 1976 ; Castaing, 1981 ; Ruch *et al.*, à paraître), la sédimentation et les remaniements (Jouanneau *et al.*, 1989), les flux de matières particulaires et dissoutes (Jouanneau et Latouche, 1989). S'agissant de la fraction sédimentaire argileuse les données disponibles, assez anciennes, mettaient l'accent (Klingebiel *et al.*, 1966 ; Latouche, 1972 et 1973) sur l'impact des apports de l'estuaire de la Gironde sur le plateau continental et en particulier sur la vasière Ouest-Gironde.

La manière dont la sédimentation argileuse de l'ensemble de la zone Sud-Gascogne s'organise sous le double contrôle des apports fluviaux et les actions hydrodynamiques marines restaient toutefois à préciser. La présente étude constitue une première approche de cet objectif.

Cent trente échantillons de sédiments de surface (2 à 5 cm) ont été analysés. Ils proviennent de prélèvements effectués lors des missions à la mer des N.O. Nauticus, Job Ha Zelian, Jean Charcot et Côte d'Aquitaine. La récupération des sédiments du fond océanique a été faite par bennes et carottages Kullenberg et Reineck. Les échantillons ont été sélectionnés en fonction de leur situation géographique et de leur nature lithologique. Une plus grande densité a été retenue pour les zones présentant une variabilité lithologique accusée notamment au large de l'embouchure de la Gironde.

L'étude des minéraux argileux s'appuie sur les résultats de l'analyse aux rayons X de la fraction granulométrique décarbonatée inférieure à 2 µm selon la technique des pâtes orientées décrite par Holtzapffel (1985). L'identification des minéraux est basée sur leurs réactions typiques aux

traitements classiques : normal, éthylène-glycol, chauffage (Brown, 1961 ; Thorez, 1976). L'estimation semi-quantitative des différentes espèces argileuses est effectuée, à partir des diagrammes des échantillons glycolés, par la mesure de leurs réflexions caractéristiques : smectite à 17 Å, illite à 10 Å, kaolinite et chlorite à 7,15 Å ; la différenciation entre la kaolinite et la chlorite et l'appréciation de leur proportion relative sont faites à partir des réflexions à 3,57 Å pour la kaolinite et à 3,55 Å pour la chlorite.

L'appareillage utilisé est un diffractomètre Philips équipé d'un monochromateur arrière sélectionnant la radiation $K\alpha$ du cuivre.

RESULTATS

Les minéraux argileux observés sont des illites, des smectites, des chlorites, des kaolinites et de rares minéraux interstratifiés irréguliers de type 10-14 Å (illite-chlorite) comme l'ont signalé Klingebiel *et al.* (1966). Sur le plateau continental Sud-Gascogne, les minéraux cardinaux sont les illites et les chlorites (fig. 2) ; les teneurs les plus élevées sont observées au large, au-delà des 80 m de profondeur, et au Sud, à partir de la zone de rétrécissement important du plateau. La smectite, à l'inverse, est plus abondante dans l'estuaire de la Gironde, la baie de Marennes-Oléron et dans les sédiments de la frange littorale (- 30 m). La kaolinite ne présente que peu de variations.

En comparant la répartition des différentes espèces minérales (fig. 2) et les cortèges argileux exportés à l'océan par les émissaires côtiers (tab. 1) : Loire, Charente et Seudre (baie de Marennes-Oléron), Gironde (Garonne, Dordogne), Leyre (baie d'Arcachon), Adour, on n'observe aucune filiation directe entre le domaine marin et les apports continentaux. Les teneurs en illites et en chlorites

Tableau 1

Cortège argileux des sources continentales et des sédiments de surface du plateau aquitain (valeurs moyennes exprimées en pourcentages des teneurs en minéraux argileux).

Clay mineral assemblage from continental sources and from surficial sediments of the Aquitaine shelf (mean values in percents of total clay minerals).

		Smectite	Illite	Kaolinite	Chlorite
Loire	sed.	28	34	23	14
Marennes-Oléron	susp.	22	53	12	13
	sed.	22	52	13	13
Gironde	susp.	22	49	14	15
	C.V.	27	44	15	14
	sed.	27	47	14	13
Arcachon	sed.	15	52	15	18
Adour	sed.	10	54	13	23
Vases		16	52	13	19
Sables très fins		15	53	13	21
Sables fins		9	52	18	21
Sables moyens et grossiers		12	54	13	21

sed. = sédiments sus. = suspensions C.V. = crème de vase

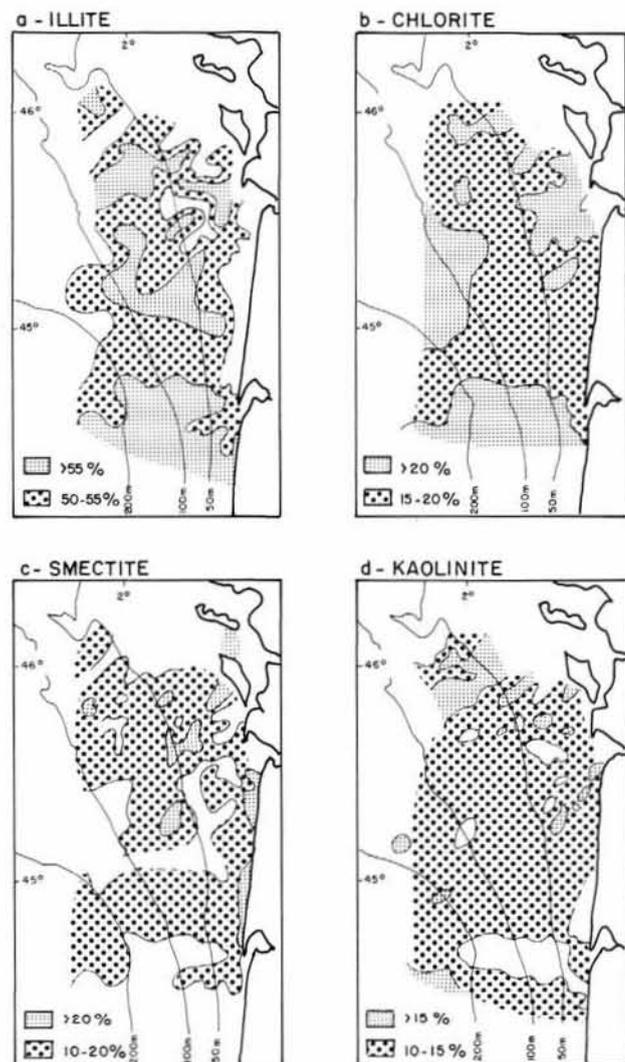


Figure 2

Répartition des minéraux argileux (illite, chlorite, smectite, kaolinite) dans les sédiments de surface du plateau aquitain.

Distribution of clay minerals (illite, chlorite, smectite, kaolinite) in surficial sediments of the Aquitaine shelf.

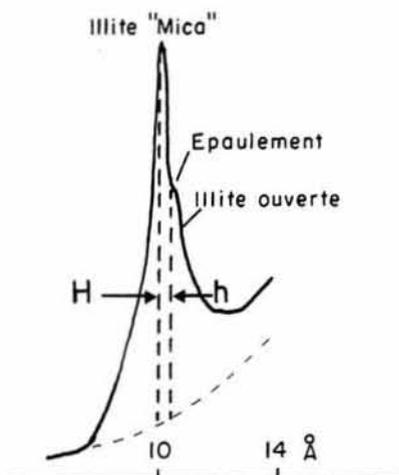
des sédiments du plateau sont le plus souvent supérieures à celles trouvées dans les suspensions véhiculées par les fleuves aboutissant au littoral ; par contre, le taux des smectites est plus faible, et seules les kaolinites présentent des valeurs équivalentes.

L'examen détaillé de la qualité des minéraux ne conduit pas non plus à privilégier une source particulière, la répartition des minéraux de même caractéristique apparaissant le plus souvent aléatoire. Cependant, il est intéressant de signaler que les minéraux à 10 Å du plateau continental et des fleuves qui s'y jettent se caractérisent fréquemment sur les spectres de rayons X (fig. 3) par la superposition de réflexions fines et symétriques et d'un épaulement vers les petites angles. Les clichés réalisés au microscope électronique à transmission montrent que cet épaulement ne peut être attribué à la présence des minéraux fibreux, en particulier de palygorskite, qui se caractérise par une réflexion à 10,5 Å. Nous avons, de ce

Figure 3

Diagramme de diffraction des rayons X de la raie «illite-mica» superposée à la raie «illite ouverte» à 10 Å.

X-ray diffraction diagram of the "illite-mica" peak superimposed by the "open illite" peak at 10 Å.



fait, attribué le phénomène à la coexistence de deux catégories de minéraux à 10 Å : des micas, responsables des raies très fines et, des illites provoquant la dissymétrie des raies vers les petits angles. L'épaulement étant plus ou moins accusé, un classement a été établi en fonction de la hauteur relative de cet épaulement (h) par rapport à la hauteur de la raie fine à 10 Å (H). Huit classes arbitraires ont ainsi été distinguées allant d'un pôle «mica» (h/H tendant vers 0) à un pôle «illite» (h/H voisin de 1).

Pour chacun des groupes d'échantillons des fleuves régionaux, ainsi que pour chaque faciès lithologique majeur rencontré sur le plateau, la fréquence de chacune des classes de minéraux à 10 Å définies ci-dessus a été calculée. Les résultats exprimés en pourcentages du nombre total de chaque groupe d'échantillons sont présentés au tableau 2. On remarque que les apports fluviaux continentaux de la partie nord de la façade atlantique (Loire, Charente, Seudre, Gironde) sont plus riches en minéraux de type illite que ceux de la moitié sud (Leyre, Adour) ; il apparaît aussi que dans les dépôts du plateau les minéraux de type «micas» prédominent, mais sont cependant accompagnés d'illite.

DISCUSSION

Les résultats qui précèdent traduisent une répartition apparemment désordonnée des phases argileuses sur le plateau continental Sud-Gascogne. Quelques faits majeurs s'ordonnent toutefois : la plus grande abondance des minéraux à 10 Å et des chlorites sur le plateau que dans les émissaires de la moitié Nord (Gironde et baie de Marennes-Oléron), la plus grande fréquence des micas sur le plateau et l'accroissement de cette fréquence du Nord vers le Sud, sur le plateau, mais aussi dans les émissaires (Arcachon, Adour). La forte représentation des micas et des chlorites dans les matériaux géologiques, la couverture pédologique et les dépôts alluviaux récents et actuels de la zone pyrénéenne a été reconnue depuis longtemps (Latouche, 1973). Dans les alluvions et les matières en suspension de la Garonne, cependant, ces minéraux sont dilués par les smectites provenant des molasses néogènes

de la région toulousaine, et qui contribuent pour une bonne part aux teneurs relativement élevées en smectites des vases de la Gironde. La plus grande fréquence des micas et chlorites dans les dépôts du plateau Sud-Gascogne ne paraît donc pas attribuable aux apports actuels de la Garonne. Ceux de l'Adour contribuent peut-être, au Sud, à cet enrichissement ; les flux à l'océan de ce fleuve sont cependant bien modestes en comparaison de ceux de la Gironde (0,2.106T de MES/an d'une part ; 1,5.106T/an d'autre part). Il nous paraît plus logique de penser que la présence de minéraux «pyrénéens» sur le plateau Sud-Gascogne résulte surtout d'apports anciens et de remaniements successifs. Une érosion majeure a en effet affecté le massif pyrénéen durant le dernier glaciaire. La reprise des matériaux accumulés par les glaciers a largement contribué à l'alimentation des épandages détritiques non seulement à terre : sable des Landes quaternaire (Legigan, 1979), mais également sur le plateau très largement exondé jusqu'à la remontée post-glaciaire (Jouanneau et Latouche, 1981). Depuis cette époque, ces épandages détritiques n'ont pas cessé d'être remaniés, y compris durant la période actuelle, ainsi que nous le discutons ci-dessous. Comme les matériaux quartzeux grossiers largement représentés sur le plateau, les micas et chlorite qui les accompagnent sont, en grande partie, des matériaux reliques d'origine pyrénéenne.

L'une des caractéristiques importantes de la marge du golfe de Gascogne est l'existence de très fortes houles liées à des tempêtes annuelles voire pluri-annuelles. Ces houles provoquent des remaniements importants jusqu'à des fonds de 150 m (Castaing, 1981). Ainsi, les dépôts sont perpétuellement remis en suspension, en particulier les minéraux les plus fins (micas, chlorites) accompagnant les sédiments quartzeux non cohésifs. Ces constituants argileux reliques vont alors pouvoir se mélanger aux apports de matériel argileux frais délivrés actuellement par les émissaires, et en particulier par l'estuaire de la Gironde.

Tableau 2

Répartition des minéraux argileux à 10 Å des sources continentales et des sédiments de surface du Plateau aquitain (valeurs exprimées en pourcentages des minéraux à 10 Å pour chaque groupe d'échantillons).

Distribution of illite-mica classes within 10 Å clay minerals of continental origin and surficial sediments from the Aquitaine shelf (values in percents of 10 Å minerals for each sample group).

		Pôle "mica"						Pôle "illite"	
		∞ 0	1/4	1/3	1/2	2/3	3/4	4/5	∞ 1
Loire	sed.	0	0	0	25	25	50	0	0
Marennes-Oléron	susp.	0	0	4	12	8	29	35	12
Gironde	susp.	0	0	28	42	9	0	0	21
	C.V.	0	0	2	30	10	5	0	1
	sed.	0	0	33	17	33	0	0	17
Arcachon	sed.	1	0	26	57	10	5	0	1
Adour	sed.	0	3	21	40	15	12	6	3
Vases		0	29	37	26	4	4	0	0
Sables très fins		0	18	16	55	4	7	0	0
Sables fins		0	4	12	60	16	8	0	0
Sables moyens et grossiers		0	15	18	50	12	4	0	1
		sed. = sédiments		susp. = suspensions			C.V. = crème de vase		

Celui-ci exporte des matières en suspension dont la composition moyenne a été définie (Jouanneau et Latouche, 1981) de la manière suivante :

Quartz fin (< 10 μm) : 25 %
 Argiles : 60 %
 Matières organiques : 3 %
 Calcite : 5 %
 Dolomite : 1 %
 Feldspaths alcalins : 3 %
 Feldspaths plagioclases : 3 %.

Les argiles girondines sont constituées (valeurs moyennes en pourcentages de la fraction < 2 μm) : de smectites (22 %), de minéraux à 10 Å (49 %), de kaolinites (14 %) et de chlorites (15 %).

Il a été antérieurement démontré (Jouanneau et Latouche, 1982) que ces exportations de matériel sédimentaire actuel sur la plateforme aquitaine s'effectuaient de manière discontinue, pendant vingt à cinquante jours par an seulement selon les années (Jouanneau, 1982). Il s'agit des jours durant lesquels se produit une conjonction : crue des fleuves/marée de vives-eaux/situation de basse-mer. Il apparaît que ce caractère pulsé des flux de matières en suspension (M.E.S.) à l'océan est un caractère spécifique des estuaires macrotidaux à forte charge turbide, telle la Gironde. Le devenir de ces M.E.S. sur le plateau a fait l'objet d'études très détaillées par télédétection et séries de survols aériens (Castaing, 1981). Il a ainsi été montré que, dans la mesure où elles dépassent la « ligne de non-retour » limitant vers le large la « zone d'oscillation » existant à l'embouchure (Jouanneau et Latouche, 1982), les suspensions s'orientent tout d'abord vers le Nord-Ouest (fig. 4) le long des côtes charentaises et l'ouest de l'île d'Oléron. Elles sont ensuite rabattues vers le Sud par la dérive générale NW-SE caractérisant le golfe de Gascogne. Au cours de ces trajectoires complexes, ces matières en suspension fraîches relativement riches en smectites et illites, issues de la Gironde, se mélangent aux

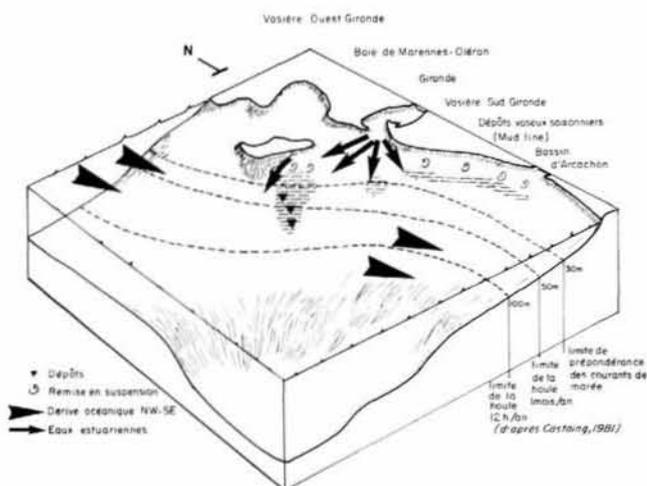


Figure 4

Schéma de la circulation des eaux estuariennes et marines sur le plateau aquitain.

Circulation pattern of estuarine and marine waters over the Aquitaine shelf.

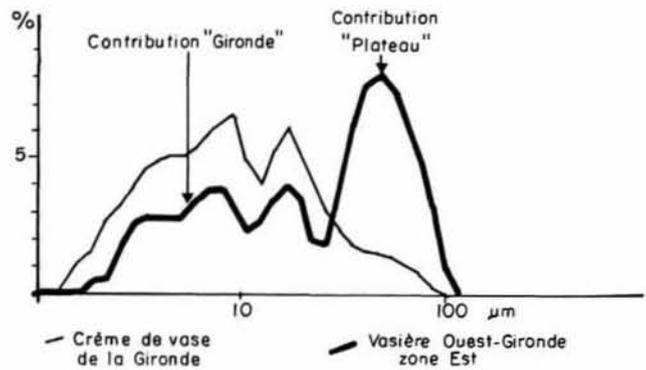


Figure 5

Courbes granulométriques des échantillons de crème de vase de la Gironde et du sédiment de la vasière Ouest-Gironde.

Grain-size curbs of Gironde fluid mud samples and of the West-Gironde mud patch sediments.

matériaux fins reliques, riches en micas et chlorites, provenant du remaniement des dépôts sableux anciens constituant la majorité des fonds actuels du plateau. Les vasières situées à l'embouchure de la Gironde (vasières Ouest et Sud-Gironde) constituent des réceptacles d'une partie des matières en suspension ainsi mélangées. La sédimentation n'est toutefois pas définitive sur la totalité de la surface des vasières (Jouanneau *et al.*, 1989) : seule la partie la plus externe de la vasière Ouest-Gironde (fonds > 50 m) présente en surface des dépôts actuels. Des phases de sédimentation temporaire (durant la belle saison) et de remises en suspension (périodes de tempêtes) alternent sur toute la zone Ouest-Gironde. Ces effets saisonniers s'observent bien sur les fonds sableux situés au voisinage des vasières et sur la ligne de dépôt de vases (« mud-line » des auteurs anglo-saxons) apparaissant le long de la côte aquitaine au voisinage des isobathes 20-30 m (Arbouille, 1987).

Les processus de mélanges résultant de l'interférence des remaniements et des flux de l'estuaire ont été confirmés par les études granulométriques (Weber *et al.*, 1991). La bimodalité très marquée des courbes granulométriques (fig. 5) des dépôts de la partie est de la vasière Ouest-Gironde traduit un mélange de matériaux amenés par suspension depuis l'estuaire (mode à 10 μm) et de matériaux provenant du charriage des sédiments silto-vaseux de la plate-forme (mode à 50 μm).

Un traitement mathématique d'analyse des données minéralogiques a également permis de mettre en évidence les processus de mélange se produisant sur le plateau, à l'embouchure de la Gironde. Pour cela, un grand nombre de données (> 100) sur la composition minéralogique des phases argileuses présentes dans l'estuaire de la Gironde a permis de définir de manière très significative une argile type (*voir ci-dessus*). A travers cette argile type (XT, n), que l'on caractérise par les quatre composants minéralogiques majeurs (n = 4) de la fraction inférieure à 2 μm : minéraux à 10 Å : 49 %, smectites : 22 %, chlorites : 15 % et kaolinites : 14 %, on dresse l'image d'un marqueur

minéralogique de l'estuaire. On essaie alors, dans une argile donnée i (X_i , n), de retrouver, parmi des composants, le pourcentage maximal de la combinaison des quatre constituants du marqueur. Le résultat du calcul peut être interprété comme le facteur de présence de la combinaison C1 à 4 du marqueur dans la combinaison C1 à i d'une argile donnée. On peut classer les résultats en trois tranches arbitrairement choisies : 60 %, c'est-à-dire où 60 % du caractère de la phase argileuse propre à l'estuaire se retrouve sur le plateau (cette tranche pouvant être considérée comme peu représentative), 60 à 80 % et 80 à 100 %.

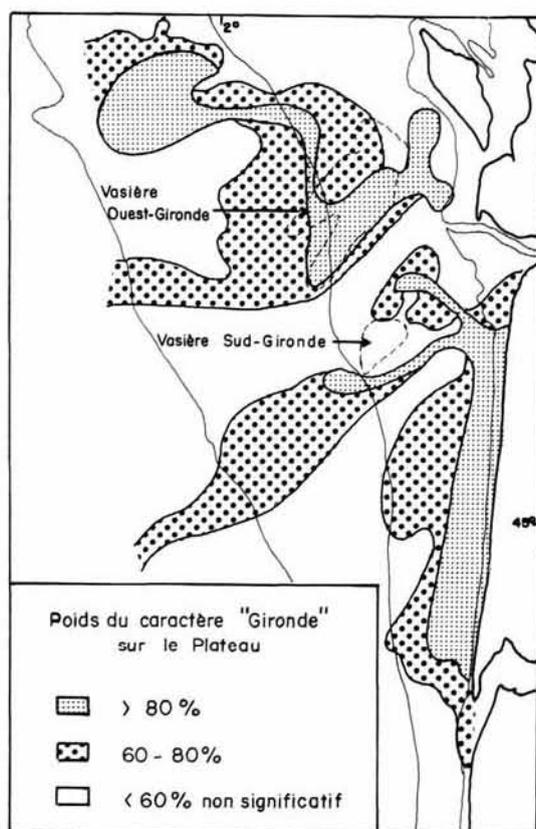


Figure 6

Traitement mathématique des données minéralogiques.

Mathematical model of mineralogical data.

La cartographie des résultats permet d'obtenir la représentation de la distribution de la phase argileuse girondine sur le plateau et de sa dilution dans un stock d'origine différente (fig. 6). Toutefois, cette cartographie n'a pas pour objectif une quantification absolue puisque les concentrations des quatre composants majeurs (illite, smectite, kaolinite et chlorite) sont des valeurs relatives à la seule fraction $< 2 \mu\text{m}$, souvent peu abondante dans les dépôts à dominante sableuse du plateau.

CONCLUSION

La répartition des minéraux argileux sur la marge Sud-Gascogne se trouve compliquée par l'imbrication de

plusieurs processus sédimentaires : remaniements de la fraction fine des matériaux reliques constituant une grande partie des fonds de la plateforme, mélanges avec des matériaux frais expulsés sur le plateau de manière discontinue par l'estuaire de la Gironde, dispersion sur de grandes distances par les courants côtiers et la dérive littorale générale, remise en suspension lors des tempêtes des dépôts fins apparaissant à la belle saison dans la partie interne du plateau continental, stockage définitif des fractions fines résultantes dans la partie distale de la vasière Ouest-Gironde.

Compte-tenu des temps de séjour en suspension particulièrement importants de ces fractions fines, il est possible que des processus d'agradation des phases argileuses se produisent sur le plateau lui-même. Il apparaît toutefois que les processus physiques, liés au caractère hydrodynamique très actif de la marge, exercent un contrôle déterminant sur la nature des cortèges argileux du plateau continental Sud-Gascogne.

Au-delà de la complexité de distribution des phases argileuses résultant de la superposition des différents processus, l'impact prépondérant de l'estuaire de la Gironde peut être mis en évidence par traitement mathématique approprié des données minéralogiques.

RÉFÉRENCES

- Allen G.P. et P. Castaing (1977). Carte de répartition des sédiments superficiels sur le plateau continental du Golfe de Gascogne. *Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine*, **21**, 255-260.
- Arbouille D. (1987). La sédimentation de la plate-forme continentale nord-aquitaine au Quaternaire terminal : un exemple de système transgressif. *Thèse, Université Bordeaux I*, 196 pp.
- Brown G. (1961). The X-Ray identification and crystal structures of clay minerals. Mineralogical Society (London), 544 p.
- Castaing P. (1981). Le transfert à l'océan des suspensions estuariennes. Cas de la Gironde. *Thèse de Doctorat d'État, Université Bordeaux I*, 530 pp.
- Castaing P. et J.-M. Jouanneau (1987). Les apports sédimentaires actuels d'origine continentale aux Océans, *Bull. Int. Géol. Bassin Aquitaine*, **41**, 53-60.
- Cavanié A. et J.-L. Hyacinthe (1976). Étude des courants et de la marée à la limite du plateau continental d'après les mesures effectuées pendant la campagne «Golf de Gascogne 1970». *Rapp. Sci. Tech. CNEXO*, 23 pp.
- Holtzapffel T. (1985). Les minéraux argileux. Préparation, Analyse diffractométrique et détermination. *Bull. Soc. géol. Nord*, **12**, 136 pp.
- Jouanneau J.-M. (1982). Matières en suspension et oligo-éléments métalliques dans le système estuarien girondin : comportement et flux. *Thèse de Doctorat d'État, Université Bordeaux I*, n° 732, 150 pp.
- Jouanneau J.-M. et C.L. Latouche (1981). The Gironde Estuary. *Contr. Sedimentol.*, **10**, 6, 118 pp.
- Jouanneau J.-M. et C. Latouche (1982). Estimation of fluxes to the ocean from megatidal estuaries under moderate climates and the problems they present. *Hydrobiologica*, **91**, 21-29.
- Jouanneau J.-M. et C. Latouche (1989). Continental fluxes to the Bay of Biscay. Processes and Behaviour. *Ocean Mgmt*, **12**, 477-485.
- Jouanneau J.-M., O. Weber, C. Latouche, J.-P. Vernet et J.

Dominik (1989). Erosion, non-deposition and sedimentary processes through a sedimentological and radioisotopic study of surficial deposits from the «Ouest-Gironde Vasière» (Bay of Biscay). *Continent. Shelf Res.*, **9**, 4, 325-342.

Klingebl A., F. Lapierre et C. Latouche (1966). Sur la nature et la répartition des minéraux argileux dans les sédiments récents du Golfe de Gascogne. *C.r. Acad. Sci., Paris*, **263**, 1293-1294.

Latouche C. (1972). La sédimentation argileuse marine au voisinage de l'embouchure de la Gironde. Interprétation et conséquence. *C.r. Acad. Sci., Paris*, **274**, 2929-2932.

Latouche C. (1973). Les argiles du domaine superficiel aquitain et des fonds du Proche-Atlantique. *9^{ème} Congrès International de l'Inqua. Christchurch, Nouvelle-Zélande, 15-20 décembre 1973. Le Quaternaire. Géodynamique, stratigraphie et environnement*, 211-217.

Legigan P. (1979). L'élaboration et la formation du Sable des

Landes, dépôt résiduel de l'environnement sédimentaire pliocène-pleistocène centre aquitain. *Thèse de Doctorat d'État, Université Bordeaux I, n° 649*, 429 pp.

Ruch P., J.-M. Jouanneau et C. Latouche (à paraître). Hydrological variations on a macrotidal-type shelf subjected to the influence of an Estuary. Example : the Aquitaine shelf. *Continent. shelf Res.*

Thorez J. (1976). *Practical identification of clay minerals. A handbook for teachers and students in clay mineralogy.* Lelotte Ed., Belgique, 90 pp.

Weber O., J.-M. Jouanneau, P. Ruch et M. Mirmand (1991). Grain-size relationship between suspended matter originating in the Gironde estuary and shelf mud-patch deposits. *Mar. Geol.*, **96**, 159-165.

