

Étude isotopique (Sr-Nd) de l'origine des dépôts fins holocènes du littoral atlantique (S-O France)

Mario PARRA^a, Houcine TROUKY^b, Jean-Marie JOUANNEAU^{a*}, Francis GROUSSET^a, Claude LATOUCHE^a, Patrice CASTAING^a

^a Département de géologie et d'océanographie, URA CNRS 197, université Bordeaux-I, avenue des Facultés, 33405 Talence cedex, France

^b Laboratoire d'océanographie physique, Museum national d'histoire naturelle, 43, rue Cuvier, 75005 Paris cedex, France

(Reçu le 12/11/96 ; révisé le 19/09/97 ; accepté le 12/02/98)

Abstract – Isotopic study (Sr-Nd) of the origin of Holocene fine-grained deposits on the Atlantic littoral, SW France. The fine-grained sediments of the West Gironde mud patch derive mainly from materials supplied via the Gironde estuary. Between 1500 and 1200/1300 years BP and 300/400 years BP and the present day, the Sr isotopic and chemical compositions of the estuarine silty clay inputs are the same. In contrast, these compositions were different during the period 1200/1300 to 300/400 years BP. These variations probably reflect anthropogenic activities including cultivation and agriculture, in the Garonne and Dordogne drainage basins during the medieval period. Modern silty clay sedimentation in the mud flats of the Marennes-Oleron basin and Perthuis Breton is characterised by the occurrence of important quantities (between 40 and 90 % of the total) of detritus that issues from the Gironde estuary. The autochthonous silty clays derived from outcrops of Jurassic green marls and Flandrian deposits are mixed with estuarine allochthonous clays delivered by coastal surface currents. In the Anse de l'Aiguillon, the muds are mainly composed of these autochthonous silty clays. The silty clay infilling of these mud flats has been highly influenced by the development of the oyster and shellfish aquaculture. © Elsevier, Paris

Sr-Nd isotope / origin / Holocene fine-grained deposit / Atlantic littoral mudflat

Résumé – La sédimentation fine de la vasière Ouest-Gironde a essentiellement été alimentée par des matériaux provenant de l'estuaire de la Gironde. Si la signature isotopique et chimique (Sr) des apports silto-argileux estuariens a été la même pendant les périodes 1500 ans BP - 1300/1400 ans BP et 300/400 ans BP - actuel, elle présente, au contraire, des variations importantes pendant toute la période allant de 1200/1300 ans BP à 300/400 ans BP. Ces changements sédimentaires sont probablement à relier à des actions anthropiques, défrichements et agriculture, dans les bassins versants de la Garonne et de la Dordogne de la période médiévale. La sédimentation silto-argileuse actuelle des slikkes du bassin de Marennes-Oléron et du perthuis Breton est caractérisée par la présence, souvent en quantité importante (entre 40 et 90 %), de matériaux provenant de l'estuaire de la Gironde; à ces matériaux allochtones véhiculés par les courants de surface se mélangent des argiles silteuses autochtones issues des formations affleurantes de marnes grises jurassiques et/ou de dépôts flandriens. Dans l'anse de l'Aiguillon, les vases sont composées essentiellement de ces argiles silteuses autochtones. Le colmatage silto-argileux de ces slikkes a été fortement favorisé par l'homme avec le développement de l'ostréiculture et de la conchyliculture. © Elsevier, Paris

isotope Sr-Nd / origine / sédiment fin holocène / vasière littorale atlantique

* Correspondance et tirés-à-part

1. INTRODUCTION

La connaissance des processus d'envasement des vasières littorales est l'une des préoccupations actuelles des études environnementales réalisées dans les milieux côtiers. Elle n'est possible que par la connaissance précise de l'origine et des processus de transport et de mise en place des matériaux fins de ces vasières. L'utilisation des rapports $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ et $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$, traceurs sédimentaires fiables et suffisamment conservatifs et discriminants vis-à-vis des sources, peut parfaitement répondre à cet objectif. Cependant, il existe peu de travaux dans la littérature comportant une telle approche dans un système fleuve/vasière de plateau ou littorale. L'objectif de cette étude est précisément de l'utiliser dans deux modèles sédimentaires d'envasement, l'un holocène et l'autre actuel; le premier concerne la vasière Ouest-Gironde à faible taux d'accumulation (de l'ordre de $0,087 \text{ cm an}^{-1}$) [4] et située à 15 km au large de l'estuaire de la Gironde (figure 1) et le deuxième est constitué par un ensemble de slikkes à très fort taux de sédimentation (de l'ordre du cm an^{-1}) [1, 13]) dans le bassin de Marennes-Oléron, le perthuis Breton et l'anse de l'Aiguillon (figure 1).

De nombreux travaux d'un point de vue sédimentaire et géochimique [3, 4, 6, 8–11, 16] ont montré que la vasière Ouest-Gironde a été alimentée depuis environ 1500 ans BP en matériaux fins provenant de l'estuaire de la Gironde.

Les vasières du littoral charentais, vendéen, poitevin et celles de la côte Est des îles d'Oléron et de Ré étant largement ouvertes au milieu marin, l'hypothèse d'une sédimentation de matériaux argileux girondins semble à peu près admise actuellement. Les travaux de Castaing [2], Jouanneau et al. [4], Weber et al. [16] et Lesueur et Tastet [11] ont montré qu'une partie du panache turbide de l'estuaire de la Gironde était déviée vers le Nord au moment du flot.

A cet apport allochtone peuvent s'ajouter des argiles silteuses autochtones amenées par la Sèvre niortaise au nord, la Charente au centre et/ou la Seudre au sud; cependant, la Seudre et la Sèvre niortaise ayant de très faibles débits, elles n'apportent pratiquement pas de matériaux dans ces bassins sédimentaires [13]. La présence de nombreux affleurements de marnes grises jurassiques et d'importants dépôts flamandriens dans les marais du littoral charentais, vendéen, poitevin et des îles d'Oléron et de Ré [13] amène à considérer ces deux formations sédimentaires comme des sources potentielles de matériaux silto-argileux.

Cette étude commence par une caractérisation isotopique et chimique des matériaux détritiques silto-argileux des quatre sources potentielles, en utilisant les rapports $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ et $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ et les concentrations de Sr et Nd. Une même caractérisation a été réalisée ensuite avec les phases silto-argileuses des sédiments holocènes de la vasière Ouest-Gironde et des vases actuelles des slikkes du bassin de Marennes-Oléron, du perthuis Breton et de l'anse de l'Aiguillon. Enfin, l'analyse comparative des caractéristiques des phases silto-argileuses de ces vasières avec celles des matériaux sources, a permis de calculer les contributions, exprimées en pourcentages, de ces sources et d'envisager les processus de transport et de mise en place de ces matériaux fins.

2. PROCÉDURE ANALYTIQUE

Les analyses isotopiques ont été effectuées sur la fraction silto-argileuse inférieure à $10 \mu\text{m}$ séparée par décantation et ultracentrifugation et après élimination des carbonates par HCl "surprapur" (1N) et de la matière organique par H_2O_2 "normapur" (10V). Revel et al. [14] ont montré que cette technique de lessivage, bien que "normapur" susceptible d'attaquer quelques minéraux argileux mal cristallisés, permettait d'éliminer totalement les carbonates et la matière organique. Les résultats obtenus par cette technique sont relativement cohérents car seule une partie très négligeable du Sr détritique de l'échantillon est mise en solution.

Le strontium et le néodyme sont séparés par chromatographie sur des colonnes cationiques et anioniques après une mise en solution de 10 mg d'échantillon à une température de $125 \text{ }^\circ\text{C}$ par un mélange HF + HClO_4 + NO_3 .

Les rapports $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ et $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ et les concentrations de Sr and Nd sont déterminés avec un spectromètre de masse Finnigan Mat 261. La reproductibilité de l'appareil est contrôlée en mesurant le standard NIST-987 (0,710206) et La Jolla (0,511881). Pour chaque échantillon, de 7 à 12 séries de dix mesures sont effectuées jusqu'à l'obtention d'un bon écart type ($< 20 \times 10^{-6}$). Les corrections des rapports isotopiques liées au fractionnement de masse ont été effectuées en normalisant à $^{88}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 8,375209$ et $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,7219$. Les concentrations en Sr et Nd ont été déterminées après incorporation dans l'échantillon d'un spike $^{84}\text{Sr}-^{150}\text{Nd}$. L'incertitude sur les mesures de concentrations est inférieure à 0,2 %. Les résultats de Nd sont exprimés de la manière suivante :

$$\varepsilon_{\text{Nd}}(0) = \{ [(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{mesuré}}/0,512636] - 1 \} \times 10^4$$

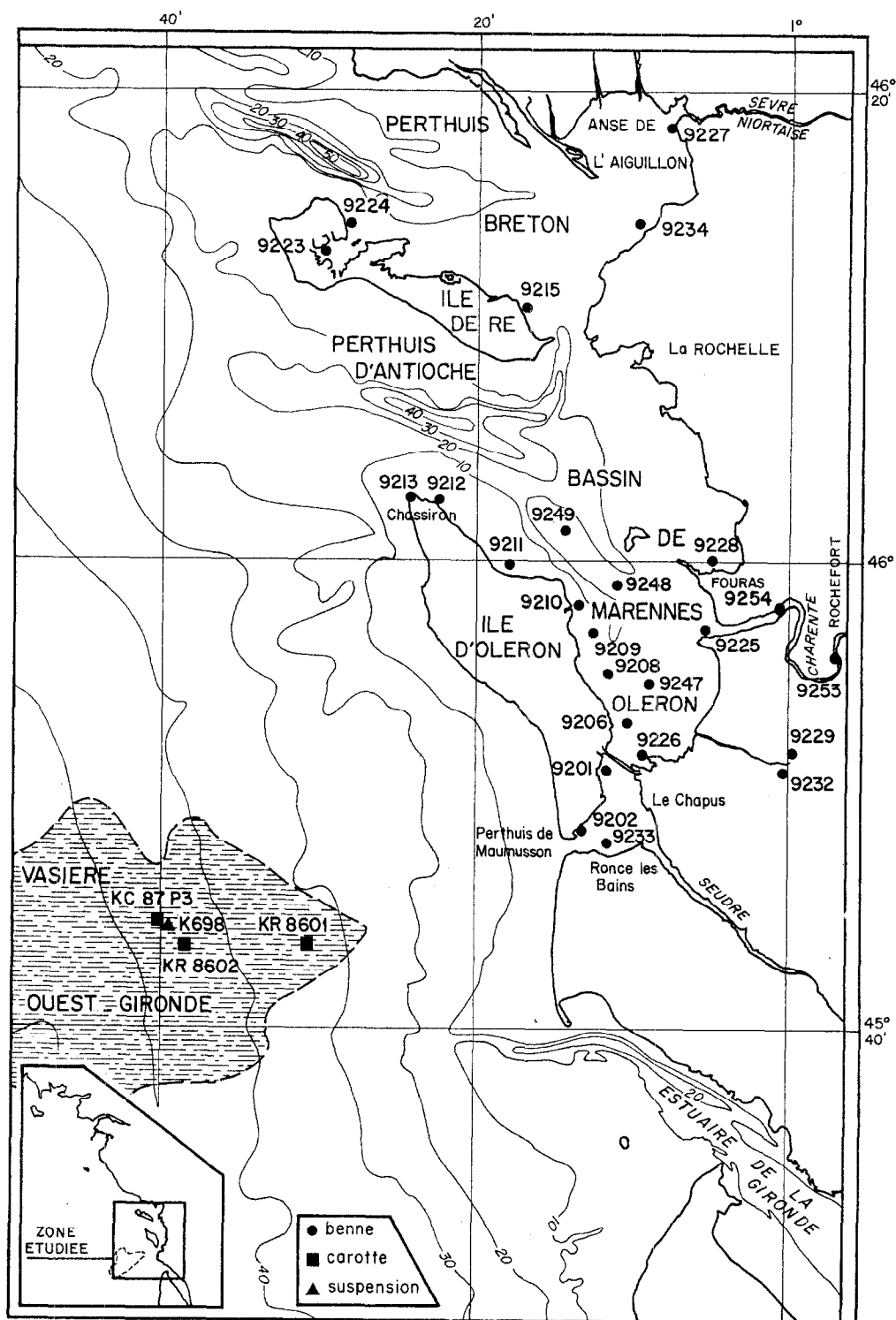


Figure 1. Localisation des échantillons étudiés.

Figure 1. Location of studied samples.

en utilisant la valeur actuelle CHUR donnée par Jacobsen et Wasserburg (1980).

3. MORPHOLOGIE, LITHOLOGIE ET ÉCHANTILLONNAGE DES DEUX ZONES ÉTUDIÉES

La vasière Ouest-Gironde, d'une superficie de 420 km², a une orientation NE-SW et des profondeurs d'eau comprises entre 30 à 75 m (*figure 1*). L'épaisseur de vase serait de l'ordre de 4 m dans sa partie ouest et le volume de sédiments de 530×10^6 km³ [10]. Les sédiments sont constitués de vase silto-argileuse. Les médianes granulométriques se situent entre 6 et 20 µm, avec des teneurs en argiles (< 2 µm) comprises entre 25 et 65 % [4]. La distribution des vases est liée directement à l'action des courants généraux, modulés par la marée, et des vents locaux [2]. La sédimentation des éléments fins s'est principalement produite au-delà de 45 m de profondeur. Selon

Lesueur et al. [10], la sédimentation fine de cette vasière aurait vraisemblablement débuté vers 1500 ans BP. Jouanneau et Weber [4] ont montré que la vasière piège 30 % des apports venant de l'estuaire de la Gironde ; la quantité de matériaux estuariens se déposant annuellement est de $3,63 \times 10^5$ tonnes, avec un flux actuel de $0,087 \text{ g.cm}^{-2} \text{ an}^{-1}$.

La carotte KC 87P3, d'une longueur de 3 m et prélevée à 49 m de profondeur (*figure 1*), présente d'une manière générale trois ensembles lithologiques [4] (*figure 2*) : 1) de la base à 240 cm, vase argilo-silteuse, 2) de 240 cm à 150 cm, silts grossiers et silts sableux, 3) de 150 cm à la surface, vase argilo-silteuse. Lesueur et al. [10] attribuent un âge de 1500 ans BP à la base de cette carotte. Huit échantillons de cette carotte ont été analysés. Du matériel en suspension prélevé lors de la mission Givapa 2 (1986) sur le même site et deux échantillons des carottes, KR 8602 située près de la KC 87P3 à une profondeur de 48 m et KR 8602 prélevée à 38 m dans la partie interne de la vasière (*figure 1*), ont été également caractérisés.

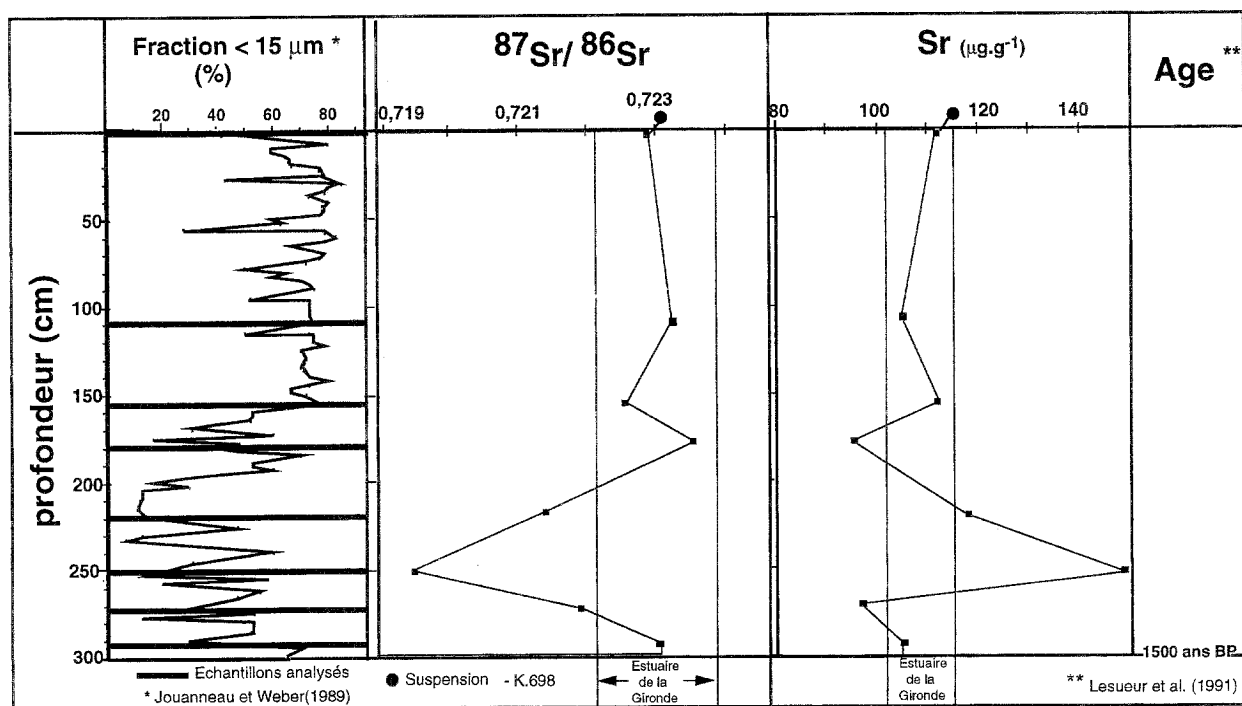


Figure 2. Distribution des pourcentages de la fraction <15 µm, des rapports ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr et des teneurs en Sr détritiques des phases silto-argileuses détritiques des sédiments de la carotte KC 87P3 de la vasière Ouest-Gironde.

Figure 2. <15 µm fraction percentages, ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr ratios and Sr contents in the silty-clay detrital sediments of the KC 87P3 core from the West-Gironde mud patch.

Le bassin de Marennes-Oléron, d'une superficie de 150 km², est délimité à l'ouest par l'île d'Oléron et à l'est par le littoral charentais : le coureau d'Oléron est la seule partie immergée en permanence. Ce bassin a deux ouvertures sur le domaine océanique : le perthuis d'Antioche au nord et le perthuis de Maumusson au sud (*figure 1*). L'estuaire de la Charente qui se jette dans la partie centrale du bassin a un bouchon vaseux qui peut remonter en étiage jusqu'à Rochefort ; la construction du barrage de Saint-Savinien a réduit considérablement les apports de la Charente dans le bassin de Marennes-Oléron. Les dépôts argileux et argilo-silteux mis en place pendant la transgression flandrienne occupent principalement la partie est et nord-est de la baie [13], avec une épaisseur plus importante sur le littoral charentais. Le perthuis Breton est largement ouvert aux influences marines ; les slikkes étudiées se situent essentiellement sur le littoral de l'île de Ré et le littoral vendéen (*figure 1*). L'anse de Aiguillon constitue la bordure marine du marais poitevin et s'étend sur les deux berges de la Sèvre niortaise (*figure 1*). La sédimentation dans cette anse est essentiellement argileuse ; la fraction < 2 µm constitue en effet entre 40 et 60 % des vases [7]. D'après Caratini [1], le taux de sédimentation de l'anse de l'Aiguillon serait de l'ordre de 0,5 à 2 cm an⁻¹ : l'épaisseur des vases dépasse 30 m dans certains endroits [15] ; 24 vases de surface prélevées en

1992 dans les slikkes de ces trois bassins sédimentaires (*figure 1*) ont été caractérisées.

4. RÉSULTATS

4.1. Caractérisation des phases silto-argileuses

4.1.1. Les matériaux sources

Les compositions isotopiques des phases silto-argileuses ont été déterminées pour les quatre sources potentielles suivantes (*tableau I*).

4.1.1.1. Estuaire de la Gironde

Les phases argileuses de la crème de vase et du bouchon vaseux de l'estuaire de la Gironde prélevées entre les années 1985 et 1995 se placent dans le triangle de mélange Garonne-Dordogne-Isle du graphique ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr = f(1000/teneur en Sr) (*figure 3*) ; elles sont relativement bien groupées, traduisant une bonne homogénéité (rapports ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr = 0,7221–0,7238, teneurs en Sr = 101–114 µg.g⁻¹) (*tableau I*). Cette homogénéité de la composition isotopique est le résultat des échanges sédimentaires permanents, dépôt et remise en suspension entre le bouchon vaseux et la crème de vase, et de temps de rési-

Tableau I. Compositions isotopiques (Sr-Nd) et teneurs en Sr et Nd des phases silto-argileuses détritiques des matériaux-sources du littoral aquitain et charentais.

Table I. Isotopic compositions (Sr-Nd) and Sr-Nd contents of detrital silto-clay source materials from the Aquitaine and Charente littoral.

Localisation	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr ± 2σ·10 ⁻⁶	Sr (µg·g ⁻¹)	1000/Sr	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd ± 2σ·10 ⁻⁶	ε _{Nd} (O)	Nd (µg·g ⁻¹)
Estuaire de la Gironde *						
CM 8601. PK.52 - Port de St-Christoly - 1986	0,723156 ± 23	108,1	9,3	0,512151 ± 19	-9,5 ± 0,4	25,2
CM 8602. PK.65 - Port de Pauillac - 1986	0,722710 ± 13	113,6	8,8	0,512133 ± 22	-9,8 ± 0,4	28,5
CM 9504. Pointe de Grave - 17/12/95	0,722110 ± 23	108,4	9,2	-	-	-
BV 9503. Port de Pauillac - 11/12/95	0,723843 ± 07	101,0	9,9	-	-	-
(x)	0,72295	108	9,3	0,51214	-9,6	27
Charente						
B.9251. Saintes	0,720682 ± 11	130,6	7,7	0,512095 ± 21	-10,5 ± 0,4	34,9
B.9252. Angoulême	0,719420 ± 18	128,6	7,8	0,512088 ± 34	-10,7 ± 0,6	22,2
Marnes grises jurassiques						
A.9213. Pointe de Chassiron (Ile d'Oléron)	0,727831 ± 13	103,3	9,5	0,512010 ± 21	-12,2 ± 0,5	27,9
B.9234. Marcilly (littoral vendéen)	0,727338 ± 08	104	9,6	-	-	-
Argile flandrienne						
A.9232. Fort Brouage	0,724200 ± 23	87,9	11,4	-	-	-

B : Sédiment de surface ; CM : Crème de vase ; BV : Bouchon vaseux ; A : Affleurement ; (x) : Valeur moyenne ; * Parra et al. (à paraître).

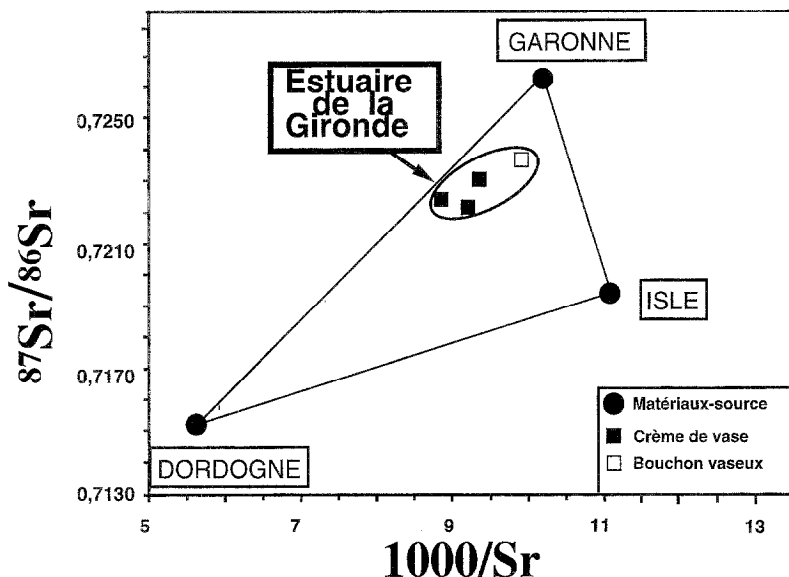


Figure 3. Relation entre les rapports $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ et $1000/\text{teneurs en Sr}$ des phases silto-argileuses détritiques du bouchon vaseux et de la crème de vase de l'estuaire de la Gironde (Parra et al., à paraître).

Figure 3. Plot of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ versus $1000/\text{Sr}$ content of the silto-clay detrital high turbidity zone and fluid mud from the Gironde estuary.

dence des particules suffisamment longs pour permettre un bon mélange [12]. La composition de ces argiles est de 70 % de matériaux provenant de la Garonne, et 18 % de la Dordogne, la Corrèze et la Vézère et 12 % de l'Isle ; des pourcentages identiques ont été obtenus à partir de l'hyperbole de mélange de la fonction intégrant à la fois les rapports $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, les valeurs de $e_{\text{Nd}}(0)$ et les concentrations de Sr et Nd [12].

4.1.1.2. Charente

Les rapports $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ plus faibles (0,7194–0,7207) et les teneurs en Sr plus fortes (129–131 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) (tableau I) dans les argiles silteuses de la Charente résultent de la présence en quantité importante de smectites (> à 50 %).

4.1.1.3. Marnes grises jurassiques

Les argiles grises prélevées à la pointe de Chassiron (île d'Oléron) et à Marçilly (littoral vendéen) présentent des rapports $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ plus élevés (0,7278–0,7274) qui les différencient nettement des autres matériaux sources (tableau I).

4.1.1.4. Argiles flamandaises

Les argiles prélevées à Fort Brouage ont des rapports $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ proches de ceux de l'estuaire de la Gironde

(tableau I) ; cependant, les teneurs en Sr sont plus faibles (88 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$).

4.2. La vasière Ouest-Gironde - Sédiments actuels ou subrécents

Les compositions des phases silto-argileuses du sédiment de surface de la carotte KC 87P3, de la suspension, et des niveaux 10/11 cm et 19/20 cm des carottes KR 8602 et KR 8601 sont relativement bien homogènes (tableau II, figure 4) et proches de celles des argiles silteuses actuelles de l'estuaire de la Gironde (tableau I). Si les phases silto-argileuses des échantillons KC 87P3, KR 8602 et K 698 sont bien regroupées sur la droite du mélange actuel Dordogne-Garonne du graphique $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = f(1000/\text{teneur en Sr})$ (figure 4), l'échantillon KR 8601 se situe hors de cette droite, tout en restant dans le triangle de mélange Garonne–Dordogne–Isle.

4.3. Sédiments holocènes de la carotte KC 87P3

Les rapports $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ et les teneurs en Sr des phases silto-argileuses des sédiments de la partie supérieure (entre 160 cm et la surface) et de la base (entre 300 cm et 280 cm) sont relativement homogènes (tableau II). Ces

caractéristiques sont proches de celles des argiles silteuses de l'estuaire de la Gironde (figure 5).

Au contraire, des variations importantes de cette composition isotopique et des teneurs en Sr apparaissent pour les phases silto-argileuses de la séquence sédimentaire

comprise entre les niveaux 160 cm et 280 cm de cette carotte (tableau II); nous pouvons noter par exemple que ces argiles silteuses sont moins radiogéniques entre 280 cm et 200 cm et enrichies en Sr entre 260 cm et 200 cm que celles de l'estuaire actuel de la Gironde. De

Tableau II. Compositions isotopiques (Sr) et teneurs en Sr des phases silto-argileuses détritiques des sédiments et suspension de la vasière Ouest-Gironde.

Table II. Isotopic compositions (Sr) and Sr contents of silto-clay detrital sediments from the West-Gironde mud patch.

Localisation	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} \pm 2\sigma \cdot 10^{-6}$	Sr ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	1000/Sr
Vasière Ouest-Gironde			
K.698. givapa. Suspension	$0,723054 \pm 51$	116,6	8,6
*	$0,722980 \pm 15$	114,8	8,7
KC.87P3			
0/2 cm	$0,722911 \pm 11$	112,1	8,9
109/110 cm	$0,723265 \pm 14$	105,2	9,5
156/157 cm	$0,722571 \pm 12$	112,3	8,9
178/180 cm	$0,723449 \pm 63$	94,3	10,6
219/220 cm	$0,721406 \pm 16$	118,3	8,5
250/252 cm	$0,719495 \pm 15$	148,5	6,7
272/274 cm	$0,721915 \pm 27$	97,0	10,3
293/294 cm	$0,723063 \pm 19$	105,3	9,5
KR.8602. 10/11 cm	$0,723253 \pm 22$	113,2	8,8
*	$0,723450 \pm 31$	109,5	9,1
KR.8601. 19/20 cm	$0,724188 \pm 55$	101,6	8,8
*	$0,724201 \pm 15$	108,9	9,2

* Duplicata.

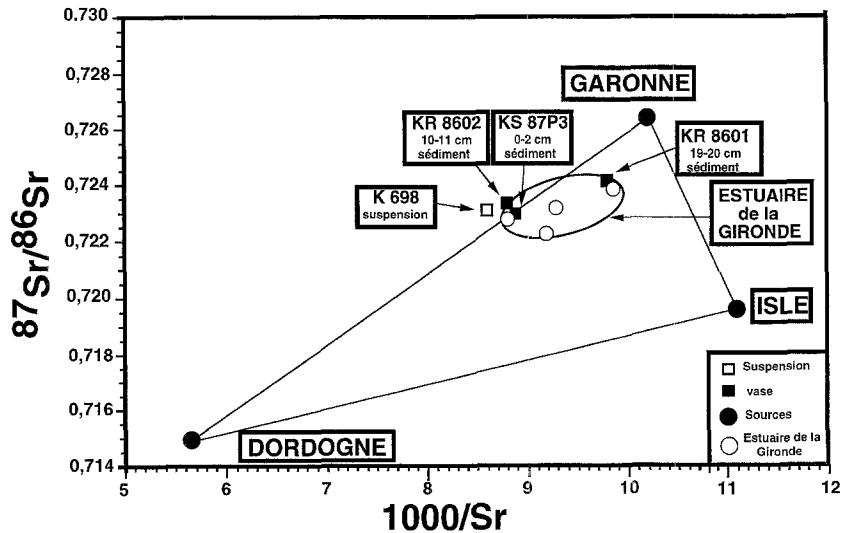


Figure 4. Relation entre les rapports $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ et $1000/\text{teneur en Sr}$ des phases silto-argileuses détritiques des vases récentes et suspensions de la vasière Ouest-Gironde.

Figure 4. Plot of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ versus $1000/\text{Sr}$ content of the silto-clay detrital modern muds and suspension from the West-Gironde mud patch.

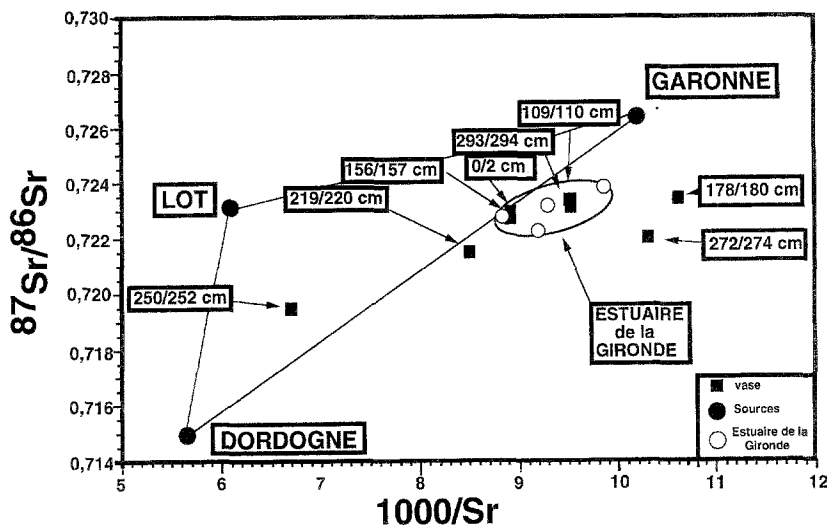


Figure 5. Relation entre les rapports $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ et $1000/\text{teneur en Sr}$ des phases silto-argileuses détritiques des sédiments de la carotte KC 87P3 de la vasière Ouest-Gironde.

Figure 5. Plot of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ versus $1000/\text{Sr}$ content in the silty-clay detrital sediments of the KC 87P3 core from the West-Gironde mud patch.

plus, les niveaux 178/180 cm et 272/274 cm se placent graphiquement vers la source Garonne et les niveaux 219/220 cm et 250/252 cm vers la source Dordogne (figure 5).

4.3.1. Les slikkes du bassin de Marennes-Oléron, perthuis Breton et anse de l'Aiguillon

Les rapports $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ et les teneurs en Sr des phases silto-argileuses actuelles de ces slikkes présentent des variations importantes; respectivement entre 0,7228 et 0,7273 et entre 91 et 115 $\mu\text{g.g}^{-1}$ (tableau III). La représentation graphique $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = f(1000/\text{teneur en Sr})$ de la figure 6 montre que ces argiles silteuses sont constituées d'un mélange de matériaux provenant de l'estuaire de la Gironde, du fleuve la Charente et des affleurements de marnes grises jurassiques et d'argile flandrienne. Cependant, le graphique de la figure 7 intégrant à la fois les rapports $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, les valeurs $\epsilon_{\text{Nd}}(\text{O})$ et les teneurs en Sr et Nd montre que les argiles silteuses de ces vasières se placent sur l'hyperbole du mélange estuaire de la Gironde-Marnes grises jurassiques; les apports de la Charente semblent actuellement inexistantes ou du moins faibles.

Nous pouvons observer sur le graphique $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = f(1000/\text{teneur en Sr})$ de la figure 8 que la plupart des vases ne se placent pas exactement dans le triangle de mélange estuaire de la Gironde-marnes grises jurassiques - argile

flandrienne mais dans celui vasière Ouest-Gironde (suspension) – marnes grises jurassiques – argile flandrienne.

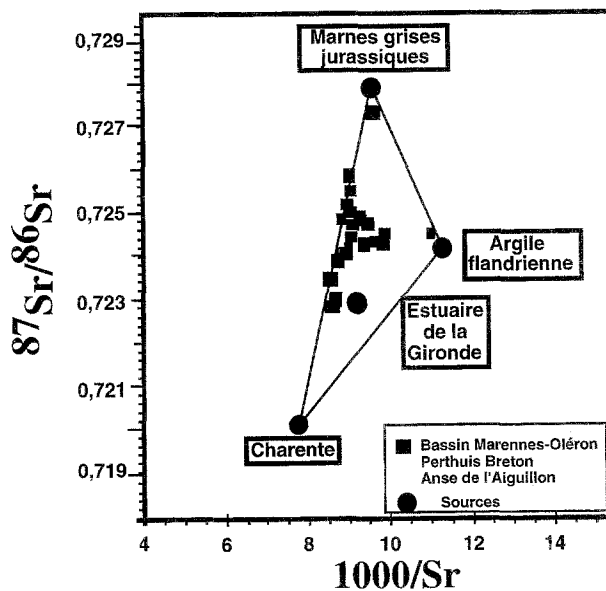


Figure 6. Relation entre les rapports $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ et $1000/\text{teneur en Sr}$ des phases silto-argileuses détritiques des vasières du bassin de Marennes-Oléron, du perthuis Breton et de l'anse de l'Aiguillon et des matériaux-sources.

Figure 6. Plot of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ versus $1000/\text{Sr}$ content in the silty-clay detrital muds from the Marennes-Oleron basin, Perthuis Breton and Anse of Aiguillon and the source materials.

Tableau III. Compositions isotopiques (Sr-Nd) et teneurs en Sr et Nd des phases silto-argileuses détritiques des vases du bassin de Marennes-Oléron, du perthuis breton et de l'anse de l'Aiguillon.**Table III.** Isotopic compositions (Sr-Nd) and Sr-Nd contents of detrital silto-clay detrital sediments from the Marennes-Oleron basin, Perthuis Breton and Anse of Aiguillon.

Localisation	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} \pm 2\sigma \cdot 10^{-6}$	Sr ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	1000/Sr	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} \pm 2\sigma \cdot 10^{-6}$	$\epsilon_{\text{Nd}} (\text{O})$	Nd ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)
Ile d'Oléron						
B.9201. St-Trojan plage	0,724721 \pm 11	104,5	9,6	–	–	–
B.9203. St-Gatseau	0,724263 \pm 10	102,0	9,8	–	–	–
B.9206. Le Château	0,724263 \pm 10	101,0	9,9	–	–	–
B.9208. Pte Doux	0,723077 \pm 11	110,4	9,1	–	–	–
B.9209. Pte d'Arceau	0,724101 \pm 34	112,6	8,9	–	–	–
B.9210. La Perrotine	0,724328 \pm 12	106,2	9,4	–	–	–
B.9211. Port du Douhet	0,723926 \pm 13	114,0	8,8	–	–	–
B.9212. St-Denis d'Oléron	0,725877 \pm 09	110,5	9,0	0,512058 \pm 31	-11,3 \pm 0,6	33,6
Bassin Marennes-Oléron						
B.9247	0,724454 \pm 11	100,8	9,8	–	–	–
B.9248	0,724752 \pm 14	106,4	9,4	–	–	–
B.9249	0,724855 \pm 18	107,3	9,3	–	–	–
Littoral charentais						
B.9233. Ronce-les-Bains	0,724388 \pm 15	109,6	9,1	–	–	–
B.9226. Fort Chapus	0,724030 \pm 09	110,1	9,1	0,512108 \pm 12	-10,3 \pm 0,2	92,2
B.9225. St-Froult	0,724082 \pm 10	111,2	9,0	–	–	–
B.9228. Fouras	0,724931 \pm 13	108,8	9,1	–	–	–
B.9231. Angoulins	0,724123 \pm 11	109,4	9,1	0,512068 \pm 28	-11,0 \pm 0,5	40,5
B.9229. Fort Brouage	0,724843 \pm 10	112,4	8,9	0,512105 \pm 18	-10,4 \pm 0,3	16,4
B.9253. Estuaire de la Charente	0,722861 \pm 26	112,4	8,9	–	–	–
B.9254. Estuaire de la Charente	0,723458 \pm 35	115,4	8,7	0,512160 \pm 51	-9,3 \pm 1,0	–
Ile de Ré						
B.9215. Fort de la Pré	0,725180 \pm 40	111,0	9,0	0,512105 \pm 23	-10,4 \pm 0,4	12,8
B.9223. Fier d'Ars	0,724729 \pm 03	109,5	9,1	–	–	–
B.9224. Trouse Chemise	0,725507 \pm 08	109,6	9,1	–	–	–
Anse de l'Aiguillon						
B.9227. Port Charon	0,724568 \pm 10	90,9	11,0	0,512113 \pm 27	-10,2 \pm 0,5	37,2

B : Sédiment de surface.

5. DISCUSSION

5.1. Origine des phases silto-argileuses et quantification des apports

5.1.1. Vasière Ouest-Gironde

Les données isotopiques et chimiques de Sr montrent que les sédiments silto-argileux de la carotte KC 87P3 compris entre 300 cm et 280 cm et entre 160 cm et la surface présentent une composition proche de celle des argiles silteuses actuelles de l'estuaire de la Gironde.

Des changements importants de la composition des matériaux silto-argileux déposés dans la vasière se sont produits entre les niveaux 280 cm et entre 160 cm de la carotte KC 87P3. Ils pourraient s'expliquer par le fait que les sédiments de cette période sont plus silteux ; mais la *figure 9* montre que la composition isotopique des phases silto-argileuses de ces sédiments est tout à fait indépendante de la granulométrie du sédiment. De plus, seule la fraction fine (<10 μm) décarbonatée et dépourvue de matière organique a été analysée, nous affranchissant ainsi du facteur granulométrique. Par conséquent, si l'on admet l'hypothèse d'une origine girondine des dépôts de

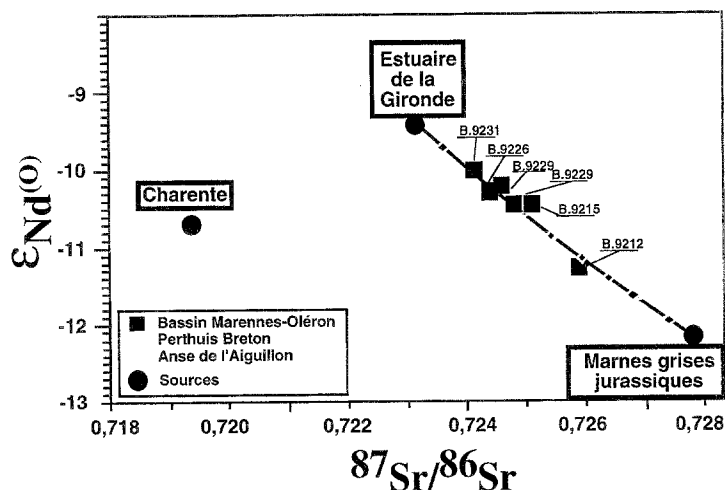


Figure 7. Relation entre les rapports $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, les valeurs $\epsilon_{\text{Nd}}(0)$ et les teneurs en Sr et Nd des phases silto-argileuses détritiques du bassin de Marennes-Oléron, du perthuis Breton et de l'anse de l'Aiguillon.

Figure 7. Plot of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ and Sr content versus $\epsilon_{\text{Nd}}(0)$ and Nd content in the silto-clay detrital muds from the Marennes-Oleron basin, Perthuis Breton and Anse of Aiguillon.

la vasière pendant cette période, les changements sédimentaires de cette période résulteraient de variations de la signature isotopique et chimique (Sr) du stock silto-argileux de l'estuaire de la Gironde. Ces variations seraient le résultat de contributions différentes en matériaux des principaux bassins versants de la Garonne et de la Dordogne pendant cette période de l'Holocène supérieur. Par exemple, les teneurs plus faibles en Sr des niveaux 178/180 cm et 272/274 cm de la carotte KC 87P3 de la vasière pourraient s'expliquer par une augmentation des apports sédimentaires appauvris en cet élément détritique ($\text{Sr} = 77\text{--}80 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ [12]), du Tarn, de l'Aveyron et de l'Ariège, trois affluents de la partie amont du bassin de la Garonne. De même, les faibles rapports $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ et les teneurs en Sr plus élevées des niveaux 219/220 cm et surtout 250/252 cm de la carotte KC 87P3 résulteraient d'apports sédimentaires plus importants de la Dordogne (figure 5), mais également du Lot, affluent de la Garonne fortement enrichi en Sr détritique ($164 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ [12]).

Lesueur et al. [9] ont montré que plus de la moitié de la sédimentation vaseuse s'est effectuée dans le dernier millénaire. Ces auteurs datent de 100 ans BP et 620 ans BP les niveaux 50 cm et 250 cm d'une coupe synthétique de la séquence sédimentaire de la vasière. Ces âges permettent de dater très approximativement de 300–400 ans BP le niveau 160 cm et de 1200–1300 ans BP le niveau 280 cm. Cela suggère que les grands changements sédi-

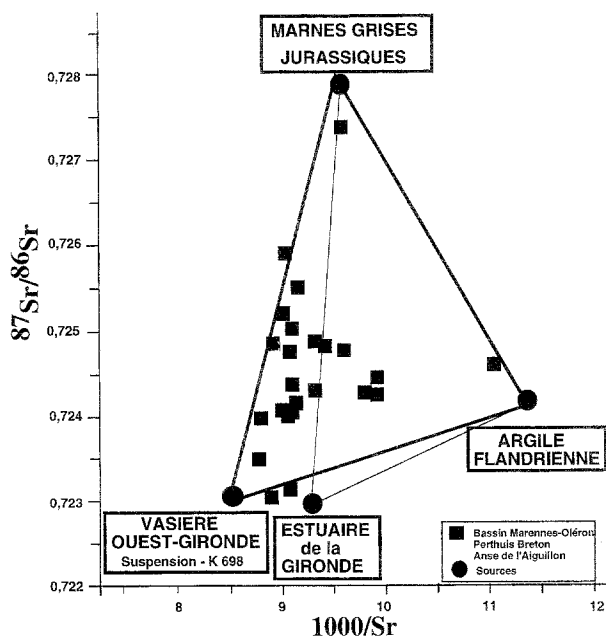


Figure 8. Relation entre les rapports $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ et 1000/teneur en Sr des phases silto-argileuses détritiques des vasières du bassin de Marennes-Oléron, du perthuis Breton et de l'anse de l'Aiguillon.

Figure 8. Plot of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ versus 1000/Sr content in the silto-clay detrital muds from the Marennes-Oleron basin, Perthuis Breton and Anse of Aiguillon.

mentaires qui se sont produits dans les bassins versants de la Garonne et de la Dordogne entre 1200/1300 ans BP

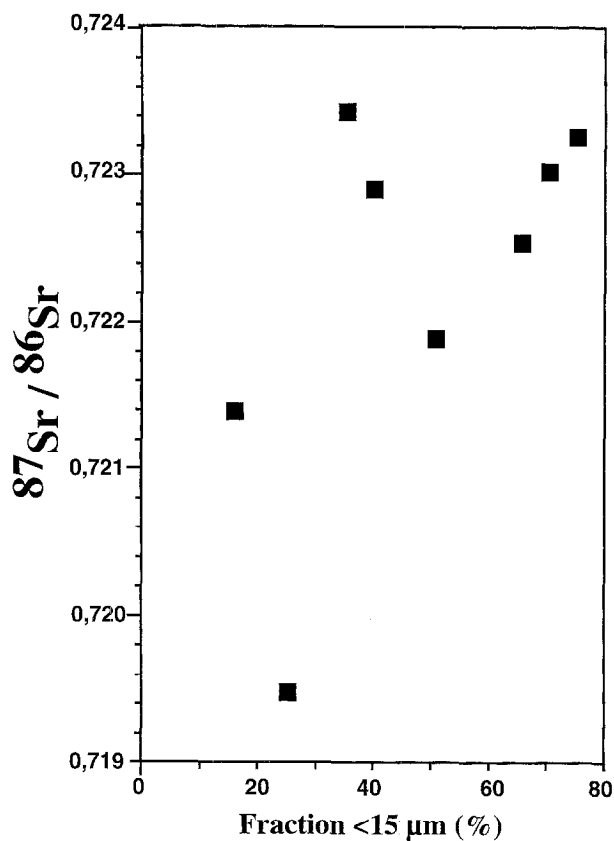


Figure 9. Relation entre la fraction <math><15 \mu\text{m}</math> et les rapports $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ des sédiments de la carotte KC 87P3 de la vaseière Ouest-Gironde.

Figure 9. Plot of <math><15 \mu\text{m}</math> fraction versus $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ of the KC 87P3 cored sediments from the West-Gironde mud patch.

et 300/400 ans BP seraient liés à des actions anthropiques de l'époque médiévale (1600 à 540 ans BP). En effet, l'analyse pollinique de la carotte KC 87P3 [9] a mis en évidence pour cette époque de grands défrichements et un développement plus important de l'agriculture, accentuant le lessivage des sols dans ces bassins versants.

5.1.2. Slikkes du bassin de Marennes-Oléron, du perthuis Breton et de l'anse de l'Aiguillon

Nous avons montré que les phases silto-argileuses actuelles des slikkes de ces bassins sédimentaires sont constituées principalement d'un mélange d'argiles silteuses provenant de l'estuaire de la Gironde, de dépôts flandriens et de formations de marnes grises jurassiques. L'équation de mélange de Langmuir et al. [5] prenant en compte les rapports $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ et les concentrations en Sr permet de déterminer la contribution exprimée en pour-

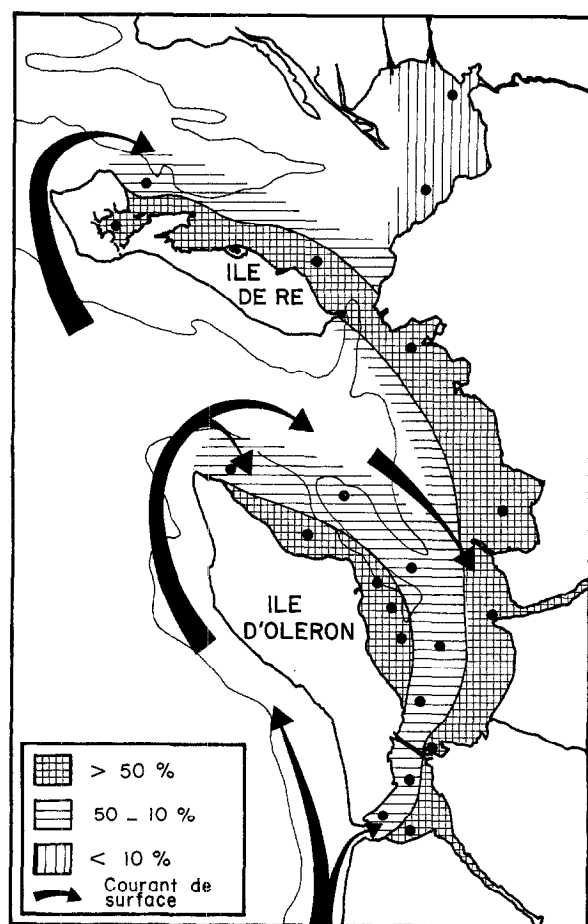


Figure 10. Pourcentages de matériaux provenant de l'estuaire de la Gironde dans les vases du bassin de Marennes-Oléron, du perthuis Breton et de l'anse de l'Aiguillon.

Figure 10. Percentages of Gironde estuary materials in the muds from the Marennes-Oléron basin, Perthuis Breton and Anse of Aiguillon.

centage de ces trois ensembles de matériaux silto-argileux (tableau IV).

Les vases des slikkes du littoral charentais (y compris l'estuaire de la Charente) et de la côte Est des îles de Ré et d'Oléron (entre la Pointe Doux et le Port du Douhet) présentent des pourcentages élevés (entre 50 % et 90 %) de matériaux silto-argileux provenant de l'estuaire de la Gironde (tableau IV, figure 10) ; cct apport allochtone, toujours relativement important (= 40 %) dans le reste de la baie de Marennes-Oléron, est absent dans l'anse de l'Aiguillon. Ces argiles silteuses girondines sont véhiculées depuis l'estuaire vers le nord par les courants de sur-

Tableau IV. Composition des phases silto-argileuses détritiques des vasières du bassin de Marennes-Oléron, du perthuis Breton et de l'anse de l'Aiguillon.**Table IV.** Composition of silto-clay detrital materials in the mudflats from the Marennes-Oleron basin, Perthuis Breton and Anse of Aiguillon.

Localisation	Contribution (%)		
	Estuaire de la Gironde	Marnes jurassiques	Argile flamandienne
Ile d'Oléron			
B.9201. St-Trojan plage	40	30	30
B.9203. St-Gatseau	40	18	42
B.9206. Le Château	37	13	50
B.9208. Pte Doux	80	20	0
B.9209. Pte d'Arceau	75	25	0
B.9210. La Perrotine	52	28	20
B.9211. Port du Douhet	80	20	0
B.9212. St-Denis d'Oléron	39	61	0
Bassin Marennes-Oléron			
B.9247	35	18	47
B.9248	47	33	20
B.9249	48	37	15
Littoral charentais			
B.9233. Ronces-les-Bains	60	30	10
B.9226. Fort Chapus	68	20	12
B.9225. St-Froult	70	20	10
B.9228. Fouras	57	43	0
B.9231. Angoulins	67	20	13
B.9029. Fort Brouage	60	40	0
B.9253. Estuaire de la Charente	90	10	0
B.9254. Estuaire de la Charente	90	0	10
Ile de Ré			
B.9215. Fort de la Pré	52	48	0
B.9223. Fier d'Ars	55	35	10
B.9224. Trousse Chemise	46	54	0
Anse de l'Aiguillon			
B.9227. Port Charon	8	4	88

face lors des vives eaux et pénètrent dans ces bassins sédimentaires par les trois perthuis, Maumusson, Antioche et Breton (figure 10).

La contribution en matériaux silto-argileux provenant des affleurements de marnes jurassiques est toujours sensible dans toutes les vasières, excepté dans l'anse de l'Aiguillon et l'estuaire de la Charente ; elle est plus importante près des affleurements littoraux comme à Marçilly, Saint-Denis d'Oléron (île d'Oléron) et Trousse Chemise (île de Ré).

Enfin, les argiles silteuses flamandaises sont bien représentées dans l'anse de l'Aiguillon (88 %) et apparaissent en quantités non négligeables dans la partie nord de la baie de Marennes-Oléron et dans le sud-est de l'île

d'Oléron (entre 30 et 50 %). Ces matériaux autochtones résultent de remises en suspension, par petits fonds à marée haute, de dépôts flamandais affleurants sur le littoral ou présents dans les slikkes comme dans l'anse de l'Aiguillon.

Ces deux types de matériaux fins autochtones se mélangent en période de vives-eaux avec les suspensions gironnaises allochtones amenées par les courants côtiers et se déposent aux étales par décantation dans les slikkes côtières. Ce colmatage silto-argileux de l'ensemble des slikkes étudiées a été fortement favorisé par l'homme avec la construction de digues, réduisant les surfaces recouvertes par l'eau, et avec l'installation de tables et de piquets pour l'élevage des huîtres et des moules, lieux d'un envasement favorable [15].

6. CONCLUSIONS

L'utilisation de traceurs isotopiques comme les rapports $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ et $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ a permis de montrer l'importance des apports de l'estuaire de la Gironde dans la sédimentation silto-argileuse holocène de la vasière Ouest-Gironde et dans la sédimentation actuelle des slikkes du bassin de Marennes-Oléron, du perthuis Breton et de l'anse de l'Aiguillon.

Dans la vasière Ouest-Gironde, nos données isotopiques et chimiques confirment ce que de nombreux auteurs ont antérieurement démontré à partir de traceurs lithologiques, minéralogiques et/ou chimiques, à savoir que la sédimentation fine a été essentiellement alimentée par des suspensions provenant de l'estuaire de la Gironde. Cependant, si la signature isotopique et chimique (Sr) des argiles silteuses estuariennes est restée la même de 300/400 ans BP à nos jours et entre 1500 ans BP et 1200/1300 ans BP, nous avons montré que dans la période comprise entre 1200/1300 ans BP et 300/400 ans BP, cette signature aurait variée. L'action de l'homme (défrichement et agriculture) a été prépondérante dans les changements de composition du stock silto-argileux estuarien favorisant, à certaines époques, un lessivage plus intense des sols des bassins versants soit du Tarn, de l'Aveyron et/ou de l'Ariège, soit du Lot et/ou de la Dordogne.

Les argiles silteuses de l'estuaire de la Gironde sont toujours présentes en quantités importantes dans les slikkes actuelles du bassin de Marennes-Oléron et du perthuis Breton. A ces matériaux allochtones, véhiculés en surface par les courants et déposés aux étales, vont se mélanger des argiles silteuses provenant des affleurements de marnes jurassiques et/ou de dépôts flamands présents sur les îles et sur le littoral charentais, vendéen, et poitevin. Dans l'anse de l'Aiguillon, ces argiles silteuses autochtones sont seules présentes. Tous ces matériaux fins se mélangent à marée haute sous les effets de la marée et de la houle et se déposent par décantation à l'étales, conduisant à un important colmatage silto-argileux des slikkes, fortement favorisé ces dernières années par le développement de l'ostréiculture et de la conchyliculture.

Remerciements

Les auteurs remercient les organismes et personnes qui ont permis la réalisation de ce travail : le Centre national de la recherche scientifique (CNRS-INSU) pour son support financier ; M. Loubet pour l'utilisation du spectromètre de masse Finningan Mat 61 du Laboratoire de géochimie isotopique de Toulouse (France) ; P. Buat-Ménard pour la lecture critique de ce manuscrit.

RÉFÉRENCES

- [1] Caratini C., Analyse palynologique d'un sédiment actuel : vases de l'anse de l'Aiguillon (Charente Maritime et Vendée), C. R. Soc. Géol. France 3 (1968) 72-74.
- [2] Castaing P., Le transfert à l'océan des suspensions estuariennes. Cas de la Gironde, Thèse de Doctorat d'État de sciences naturelles, université de Bordeaux-1 (1981) 530 p.
- [3] Jouanneau J.M., Weber O., Les flux particuliers d'origine estuarienne piégés dans la vasière Ouest-Gironde, Anais do Inst. Hidrogr. Lisboa 10 (1989) 59-63.
- [4] Jouanneau J.M., Weber O., Latouche C., Vernet J.P., Dominik J., Erosion, non depositional and sedimentation processes through a sedimentological and radioisotopic study of surficial deposits from the "Ouest-Gironde vasière" (Bay of Biscay), Cont. Shelf Res. 9 (4) (1989) 325-342.
- [5] Langmuir C., H. Vocke R.D., Hanson G.N., Hart S., A general mixing equation with application to icelandic basalts, Earth Planet. Sci. Lett. 37 (1978) 380-392.
- [6] Latouche C., Les argiles des bassins alluvionnaires aquitains et des dépendances océaniques. Contribution à l'étude d'un environnement, Thèse de doctorat d'État de sciences naturelles, université de Bordeaux 1, 2 t., (1971) 415 p.
- [7] Latouche C., Parra M., Contribution à la connaissance des caractéristiques géochimiques des vases récentes et subactuelles du Golfe de Gascogne, Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine 9 (1970) 167-185.
- [8] Lesueur P., Les vasières de la plateforme ouest-Gironde (France) : modèle faciologique et archive sédimentaire des flux côtiers, Thèse de l'université Bordeaux 1, 1992, 197 p.
- [9] Lesueur P., Weber O., Mirambat L., Tastet J.P., Jouanneau J.M., Datation d'une vasière de plateforme atlantique au débouché d'un estuaire. La vasière à l'Ouest de la Gironde est d'âge historique (VI^e siècle à nos jours), C. R. Acad. Sci. Paris Sér. II 308 (1989) 935-940.
- [10] Lesueur P., Tastet J.P., Weber O., Sinko J.A., Modèle faciologique d'un corps sédimentaire pelliculaire de plate-forme: la

- vasière Ouest-Gironde (France), *Oceanol. Acta* 11 (1991) 143–153.
- [11] Lesueur P., Tastet J.P., Facies, internal structures and sequences of modern Gironde-derived muds on the Aquitaine inner shelf, France, *Mar. Geol.* 120 (1994) 267–290.
- [12] Parra M., Castaing P., Jouanneau J.M., Grousset F., Latouche C., Nd-Sr isotopic composition of present-day sediments from the Gironde estuary and its draining basins and the west-Gironde mud patch, *Cont. Shelf Res.* (1997) à paraître.
- [13] Pouliquen M., Étude minéralogique et géochimique des sédiments du littoral vendéo-charentais et de la vasière Ouest-Gironde (France) : application à la connaissance de l'origine et de la dynamique des vases dans la baie de Marennes-Oléron, Thèse de 3^e cycle, université Bordeaux I (1975) 162 p.
- [14] Revel M., Sinko J.A., Grousset F., Sr and Nd isotopes as tracers of North Atlantic lithic particles: Paleoclimatic implications, *Paleoceanography* 11 (1) (1996) 95–113.
- [15] Sornin J.M., Processus sédimentaires et biodéposition liés à différents modes de conchyliculture, Thèse de 3^e cycle, université de Nantes, 1981, 125 p.
- [16] Weber O., Jouanneau J.M., Mirmand M., Grain-size relationship between suspended matter originating in the Gironde estuary and shelf mud-patch deposits, *Mar. Geol.* 96 (1991) 159–165.