Seine-Aval
GROUPEMENT D'INTÉRÊT PUBLIC

Contextes climatique, morphologique & hydro-sédimentaire : Couverture sédimentaire à l'embouchure de la Seine

Problématique

Au cours du dernier maximum glaciaire (-18 000 ans), le niveau marin se situait 120 mètres en dessous de l'actuel. La Manche était une grande plaine alluviale sous climat périglaciaire drainée par un gigantesque fleuve (le fleuve Manche) et les limites du rivage étaient alors environ celles du plateau continental actuel [Fairbanks, 1989 ; Laudridou *et al.*, 1999].
Par la suite, un important réchauffement entraina la remontée du niveau marin : la transgression flandrienne. Elle provoqua un fort remaniement des sédiments à l'échelle de la Manche et fut à l'origine du remblaiement de la basse vallée de la Seine par des alluvions de taille progressivement plus fine (des galets, puis des sables et des vases), formant un prisme sédimentaire d'une vingtaine de mètres d'épaisseur qui repose sur le substratum marno-calcaire de la paléovallée. [Delsinne, 2005].

Le cours de la Seine en aval de Rouen est quant à lui lié à une incision de couches sédimentaires datées du Mésozoïque (-250 à 65 millions d'années), dont les failles ont contraint le tracé [Lefebvre, 1977 ; Lesueur *et al.*, 2003]
La couverture sédimentaire de la baie de Seine [Figure 1] et la répartition actuelle des faciès à l'embouchure de la Seine sont directement liées à l'histoire de leur formation et ne doivent pas être déconnectées des processus hydrodynamiques ayant cours à l'échelle de la Manche et des apports du bassin versant. Cette évolution de la couverture sédimentaire à l'embouchure de la Seine est ici présentée à l'échelle pluri-décennale et saisonnière.

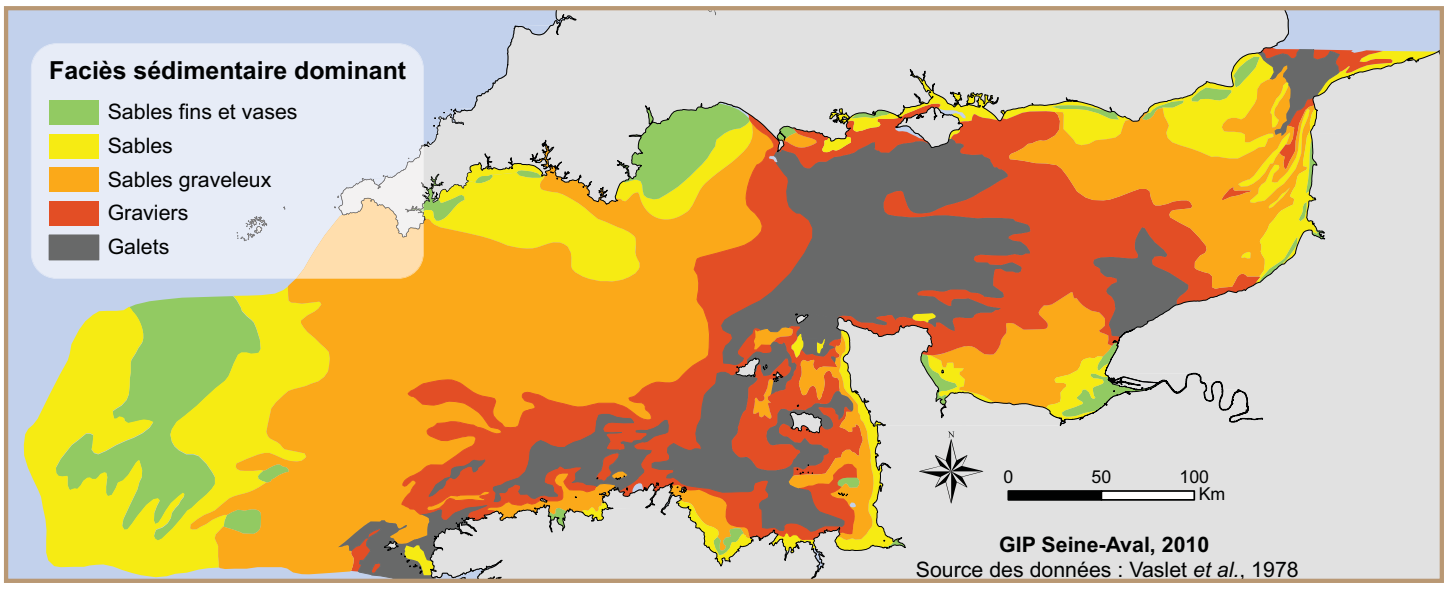


Figure 1 : Couverture sédimentaire de la Manche.

Couverture sédimentaire à l'embouchure de la Seine

Situation

Une couverture sédimentaire qui fluctue depuis le XIX^{ème}

Au **milieu du XIX^{ème} siècle**, l'estuaire de la Seine est encore considéré comme sauvage, les premiers aménagements impactant sa morphologie et son hydrodynamisme n'ayant pas encore débuté. La divagation des chenaux à l'embouchure de la Seine générait d'importantes variations de la morphologie et de la couverture sédimentaire, composée à 65% de faciès sableux. Des rubans sableux reposant sur des fonds de cailloutis et orientés selon la direction des courants de marée sont également présents. Les graviers et les galets sont les faciès dominants au nord de cette zone. Les faciès vaseux, dont la présence est liée au dépôt et au piégeage de sédiments fins dans les zones à plus faible courant, sont peu représentés (~ 10%) et sont restreints au fond de pièges bathymétriques (chenal principal, pourtour du banc du Ratier, le long des côtes du Calvados,...) [Figure 2 ; Lesourd, 2000].

Au **début du XX^{ème} siècle**, les zones vaseuses s'étendent dans les fonds subtidaux de la partie nord-orientale de l'embouchure. Parallèlement au déplacement de ces secteurs vaseux, des zones sableuses (et sablo-vaseuses) se développent, jusqu'à couvrir 70% des fonds. Cette modification de faciès est à mettre en lien avec la construction de digues insubmersibles situées sur les deux rives entre la Mailleraye et la Risle. Elles ont permis de canaliser l'écoulement de la Seine et ont favorisé le déplacement plus en aval des sables et le piégeage latéral amont des vases. Jusque dans les années 1960, les faciès sableux restent dominants dans l'embouchure de l'estuaire et trois zones d'accumulation sableuse se dessinent [Figure 2 ; Garnaud, 2003] :
- au large de Cabourg et d'Houlgate entre le domaine intertidal et -10m CMH (50 km^2) ;
- au droit de l'estuaire de la Seine ;
- entre le banc du Ratier et Deauville.

En 1977, les graviers et galets n'affleurent plus qu'à l'ouest du Havre et contre la digue du Ratier sous les masses sablo-vaseuses. Les faciès sédimentaires à l'embouchure de la Seine restent à dominante très sableuse, bien que les dépôts

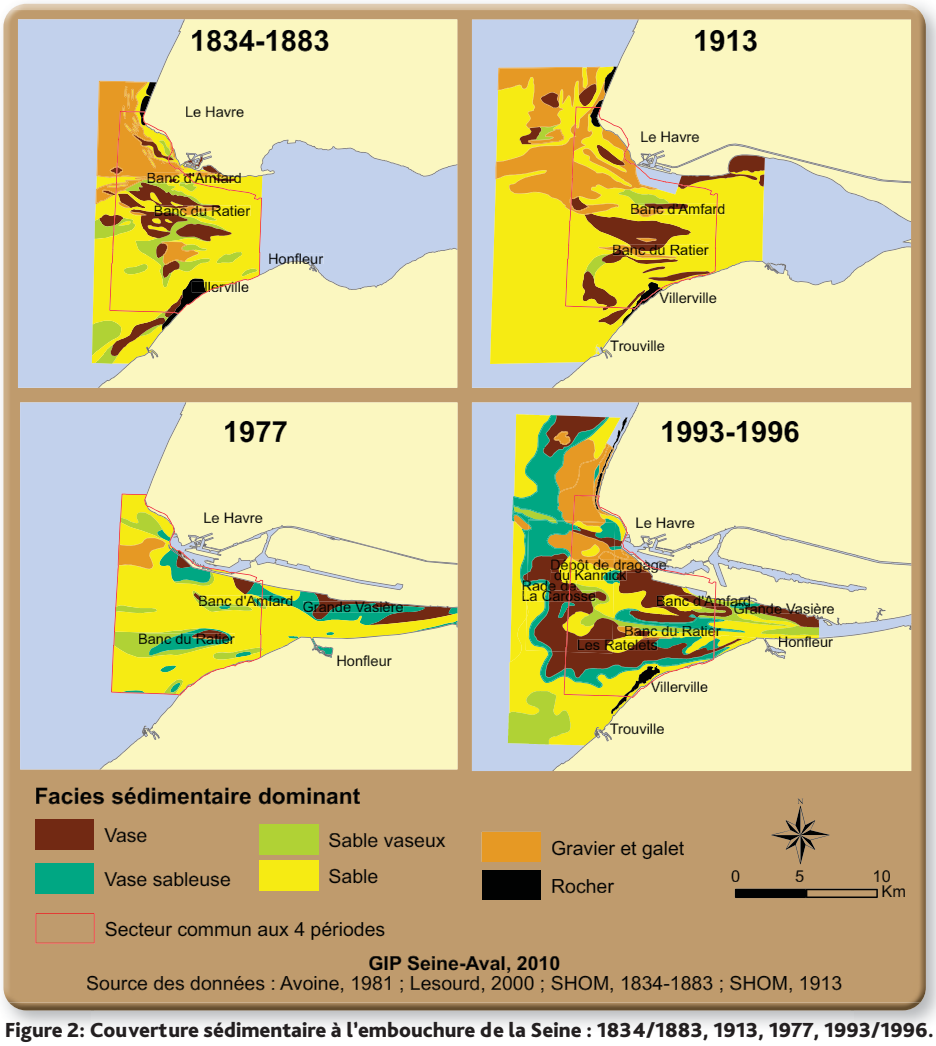


Figure 2: Couverture sédimentaire à l'embouchure de la Seine : 1834/1883, 1913, 1977, 1993/1996.

vaseux en domaine subtidal soient en nette augmentation [Figure 2]. La légère hausse de la fraction fine présente dans les prélèvements réalisés dans ce secteur (d'une moyenne de 5% en 1967 à 7% en 1977) montre une première tendance à l'envasement [Garnaud, 2003].

Entre 1993 et 1996, les faciès les plus grossiers, représentés par des cailloutis, des galets fossiles et des traces de dépôts vaseux sous forme de galets mous (remaniement de vases anciennes indurées), se situent à l'ouest du Havre et le long du littoral du pays de Caux. Les sables fins et moyens se localisent à faible profondeur, dans les fonds subtidaux du littoral du Calvados et dans les secteurs de l'embouchure de la Seine les plus exposés à l'agitation. Ces sables forment ainsi les bancs du Ratier, d'Amfard et des Ratelets. Les faciès à dominante vaseuse et vaso-sableuse se répartissent le long du chenal nord et sud, de la ceinture des Ratelets, de la zone subtidale de la Rade de la Carosse et de la partie nord du chenal de Seine. Leur importance s'est alors très largement accrue au détriment des faciès sableux [Figure 2 ; Figure 3 ; Lesourd, 2000].

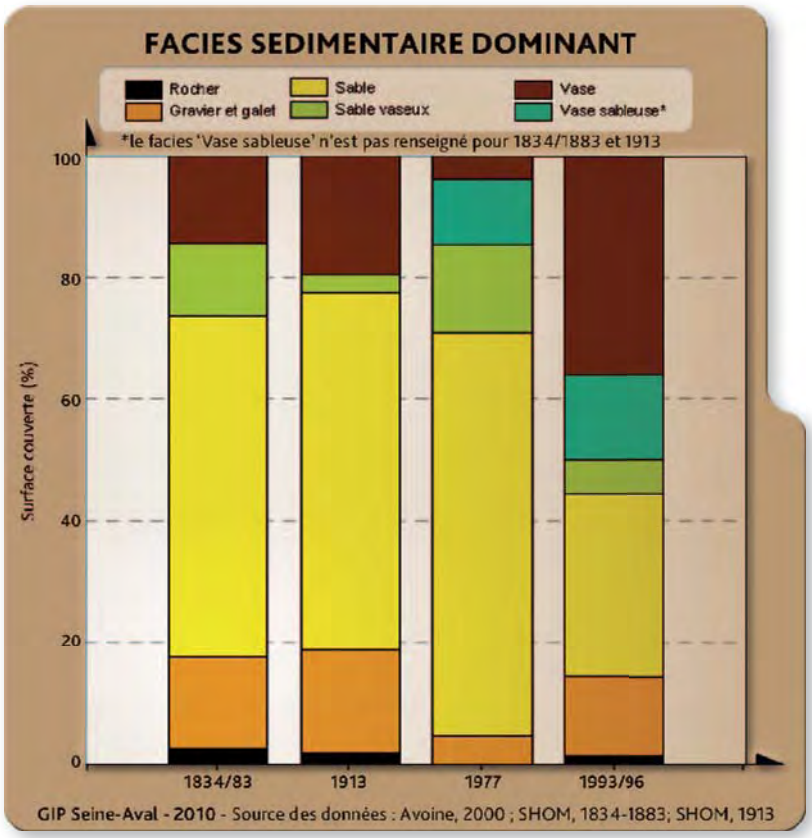


Figure 3 : Evolution de la couverture sédimentaire à l'embouchure de l'estuaire de la Seine.

Principaux facies sédimentaires rencontrés en baie de Seine (S. Lesourd)

Une variation saisonnière de la couverture sédimentaire

En parallèle des évolutions visibles à l'échelle pluri-décennale, des variations saisonnières de la couverture sédimentaire ont été observées au cours des années 1990, période durant laquelle près de mille échantillons ont été prélevés [Figure 4 ; Lesourd, 2000 ; Lesourd *et al.*, 2003].

En période hivernale (février-mars), les faciès vaseux à sablo-vaseux couvrent une grande partie de l'embouchure de la Seine. Les faciès sableux ne sont alors rencontrés que dans les secteurs les plus à l'ouest et le long du littoral du Calvados. Cet envasement homogène hivernal est lié aux apports de crue (expulsion du bouchon vaseux), responsables de dépôts vaseux rapides. En atteste le fort gradient sédimentaire : les vases et vases sableuses juxtaposent les sables.

Au printemps (avril-juin), la répartition des faciès à dominante vaseuse est plus hétérogène et suit un axe nord-sud, avec quelques persistances plus locales (Rade de la Carosse, autour du banc des Ratelets, dans le chenal nord). Des zones plus sableuses réapparaissent au sud du Havre (sur une zone de galets et de cailloutis), dans la zone prélittorale du Calvados, au fond du chenal de navigation, sur les hauts fonds sableux (Gambe d'Amfard) et en Baie de Seine Orientale.

En été (septembre-octobre), la répartition globale des sédiments ressemble à celle du printemps, mais avec un gradient d'envasement qui diminue, suggérant un étalement des vases et son mélange avec les sables.

Ces fluctuations de l'envasement à occurrences saisonnières évoluent très rapidement en réponse aux crues, post-crues et aux actions conjuguées des vagues et des courants de marée. Pendant la période 1993-96, les zones envasées de l'embouchure ont été nettement moins étendues en étiage qu'en crue, avec 24% de la surface couverte par un facies à dominante vaseuse (ou vaso-sableuse) en été, contre 55% en période hivernale [Figure 4].

A noter qu'une modification à pas de temps saisonnier analogue est aussi montrée dans les petits fonds du sud de la baie de Seine voisins de l'embouchure [Garnaud *et al.*, 2002].

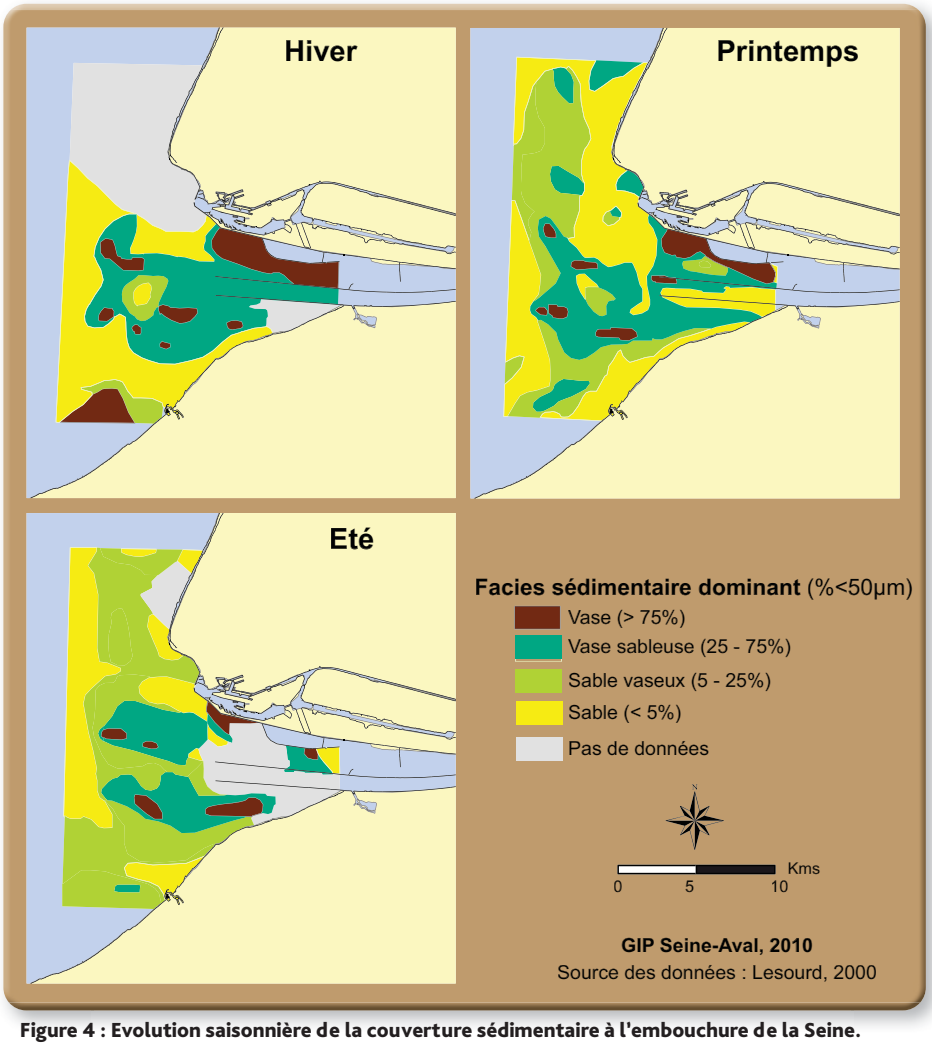


Figure 4 : Evolution saisonnière de la couverture sédimentaire à l'embouchure de la Seine.

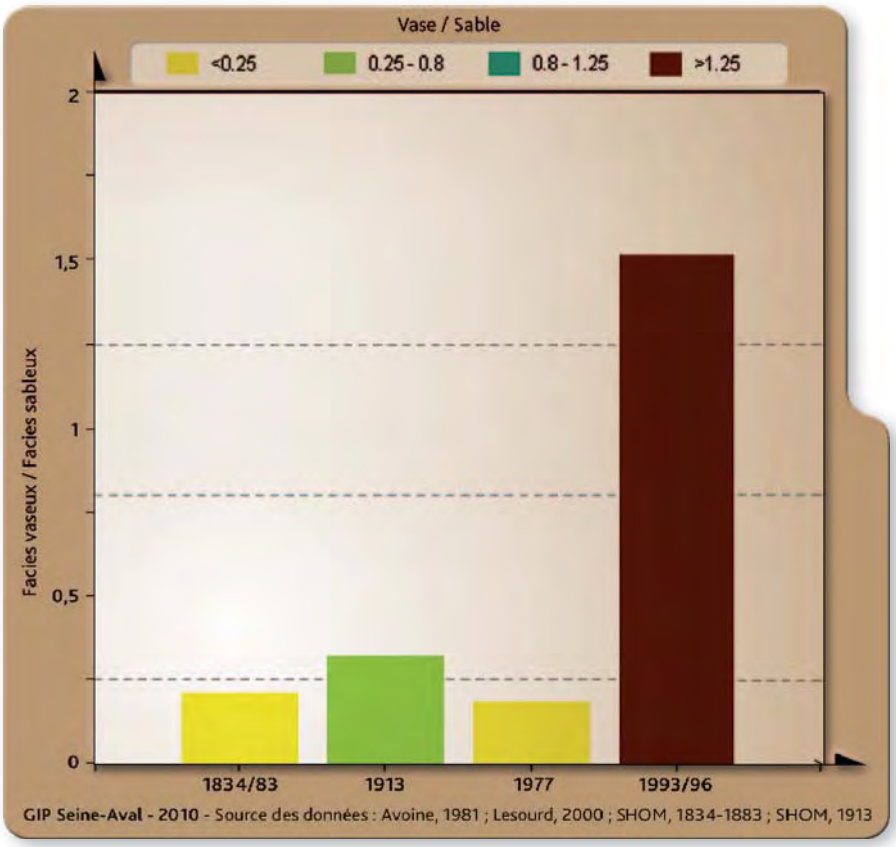
Couverture sédimentaire à l'embouchure de la Seine

L'essentiel

Au cours de ces deux derniers siècles, la couverture sédimentaire de l'embouchure de la Seine a fortement évolué, passant de faciès à dominante sableuse (début XIX^{ème} siècle, entre 1913 et 1967) à des faciès à dominante vaseuse (fin XX^{ème} siècle). Cette tendance est à mettre en lien avec les évolutions naturelles de l'estuaire qui tendent vers un comblement, mais aussi avec les aménagements industrialo-portuaires qui ont modifié son hydrodynamisme, favorisant d'abord le piégeage de sédiments plus fins puis le déplacement de cette sédimentation vers l'embouchure (migration du bouchon vaseux vers l'aval). A la fin du XX^{ème} siècle, les surfaces à dominante vaseuse ou vaso-sableuse sont 1,5 fois plus importantes que les surfaces à dominante sableuse ou sablo-vaseuse à l'embouchure de la Seine, alors que ce rapport était en faveur des faciès sableux ou sablo-vaseux sur les périodes antérieures renseignées [Indicateur 1].

A ces variations pluri-décennales, se superposent des modifications saisonnières liées à l'hydrologie de la Seine et à la dynamique estuarienne (courants de marée, vagues). Ainsi, à la fin du XXème siècle, l'envasement à l'embouchure de la Seine est plus important en période de crue (rapport vase/sable = 1,1 en hiver) qu'en période d'étiage (rapport vase/sable = 0,32 en été).

Au-delà de la description granulométrique de la couverture sédimentaire de la baie de Seine, les études récentes tendent à faire le lien entre ces faciès sédimentaires et les espèces aquatiques qui en dépendent. Un des objectifs futurs est donc d'évaluer leur aptitude à s'adapter aux variations de la couverture sédimentaire et de leur habitat.



Indicateur 1 : Variation du rapport Vase/Sable à l'embouchure de la Seine.

Couverture sédimentaire à l'embouchure de la Seine

Sources et méthodes

Figure 1
La cartographie des sédiments superficiels est représentée à l'échelle de la Manche, selon une typologie en cinq classes, fonction de la granulométrie du faciès sédimentaire dominant.
[Source des données : Vaslet et al., 1978]

Figure 2
La couverture sédimentaire est représentée à l'embouchure de la Seine pour quatre périodes :
- XIXème siècle : échantillonnages au plomb suiffé (364 sondes pour la partie nord en 1834 et 9 310 sondes en 1883 pour la partie sud) ;
- Début XXème siècle : échantillonnages au plomb suiffé (30 000 sondes en 1913) ;
- 1977 : prélèvements à la benne (570 échantillons de surface et 85 échantillons dans la zone intertidale côtière et estuarienne) et carottages (40) ;
- Fin XXème siècle : prélèvements à la benne Shipeck (1 100 échantillons de surface récoltés au cours de 12 missions entre 1993 et 1996) et 125 carottes courtes.

La typologie retenue représente le faciès sédimentaire dominant, selon la part de sédiments fins (<50µm) : sable (<5%), sable vaseux (5-25%), vase sableuse (25-75%), vase (>75%).
[Source des données : Avoine, 1981 ; Lesourd, 2000 ; SHOM, 1834-1883 ; SHOM, 1913]

Figure 3 et Indicateur 1
Pour le secteur de l'embouchure de la Seine échantillonné sur les quatre périodes étudiées (1834/1883, 1913, 1977, 1993/1996), la figure 2 représente la part de surface couverte par chaque faciès sédimentaire.
L'indicateur 1 correspond au rapport entre la surface à dominante vaseuse (faciès vaseux et vaso-sableux) et la surface à dominante sableuse (faciès sableux et sablo-vaseux).
[Source des données : Avoine, 1981 ; Lesourd, 2000 ; SHOM, 1834-1883 ; SHOM, 1913]

Figure 4
La répartition saisonnière de la couverture sédimentaire à l'embouchure de la Seine (1993-1997) a été réalisée à partir de prélèvements à la benne Shipeck en trois périodes :
- Crue (février/mars) : 150 échantillons ;
- Post crue (avril-juin) : 500 échantillons ;
- Etiage (septembre-octobre) : 250 échantillons.

La typologie retenue est identique à celle présentée pour la figure 2.
[Source des données : Lesourd, 2000]

Références Bibliographiques

- Avoine J., 1981. **L'estuaire de la Seine : sédiments et dynamique sédimentaire.** Thèse de 3ème cycle, Université de Caen. 236p.
- Delsinne N., 2005. **Evolution pluri-millénaire à pluri-annuelle du prisme sédimentaire d'embouchure de la Seine. Facteurs de contrôle naturels et d'origine anthropique.** Thèse de doctorat, Université de Caen. 185p.
- Garnaud S., 2003. **La sédimentation fine sur une plate-forme interne actuelle macrotidale : la Baie de Seine sud-orientale (France).** Thèse de doctorat, Université de Caen. 378p.
- Garnaud S., Lesueur P., Lesourd S., Poupinet N., Brun-Cottan J-C., 2002. **Caractérisation des variations lithologiques saisonnières des sédiments de la Baie de Seine orientale ; impact des crues de la Seine (France).** Comptes Rendus Géosciences 334. 323-330p.
- Fairbanks R.G., 1989. **A 17,000-year glacio-eustatic sea level record: influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation.** Nature 342, 637-642p.
- Larsonneur C., 1971. **Manche centrale et Baie de Seine : géologie du substratum et des dépôts meubles.** Thèse d'Etat, Université de Caen. 394p.
- Laudridou J.P., Auffret J.P., Baltzer A., Clet M., Lecolle F., Lefebvre D., Lericolais G., Roblin-Jouve A., Balescu S., Carpentier G., Occhietti S., Rousseau D.D., 1999. **Le fleuve Seine, le fleuve Manche.** Bulletin de la Société Géologique de France 170 (4), 545-558p.
- Lefebvre D., 1977. **Le prisme alluvial de l'estuaire de la Seine.** Bulletin de la Société Géologique de Normandie et des Amis du Muséum du Havre, LXIV (4). 67-72p.
- Lesourd S., Lesueur P., Brun-Cottan J.C., Garnaud S., Poupinet N., 2003. **Seasonal variations of the superficial sediments in a macrotidal estuary : the Seine inlet, France.** Estuarine Coastal and Shelf Sciences, 58(1), pp.3-16
- Lesourd S., 2000. **Processus d'envasement d'un estuaire macrotidal : zoom temporel du siècle à l'heure ; application à l'estuaire de la Seine.** Thèse de doctorat, Université de Caen. 280p.
- Lesueur P., Lesourd S., Lefebvre D., Garnaud S., Brun-Cottan J.C., 2003. **Holocene and modern sediments in the Seine estuary (France): a synthesis.** Journal of Quaternary Science, 18, 3-4, 339-349.
- SHOM, 1834/83, 1913. Données de faciès sédimentaires.
- Vaslet D., Larsonneur C., Auffret J.P., 1978. **Carte des sédiments superficiels de la Manche au 1:500 000e et notice explicative.** BRGM, Orléans, 17p.

Cette fiche thématique s'intègre dans le système d'observation de l'état de santé de l'estuaire de la Seine.
Elle est éditée par le Groupement d'Intérêt Public Seine-Aval - 12 avenue Aristide Briand - 76000 Rouen
www.seine-aval.fr

Conception, rédaction : GIP Seine-Aval
Président : Nicolas Mayer-Rossignol
Directeur : Loïc Guézennec
Contact : gipsa@seine-aval.fr
Infographie : Quai 24, Le Havre
Crédits photos : GIP Seine-Aval
Tirage : 1000 exemplaires

Le GIP Seine-Aval est financé par :