



Contextes climatique, morphologique & hydro-sédimentaire : Evolution morphologique de l'estuaire de la Seine

Problématique

Jusqu'au début du XIX^{ème} siècle, l'estuaire de la Seine n'a pas connu d'aménagement majeur ayant impacté sa morphologie. Il était alors encore qualifié de sauvage et son embouchure, très mobile, était composée, comme tout estuaire à forte marée, de deux unités morphologiques principales : les chenaux et les bancs sableux [Figure 1]. Trois chenaux principaux co-existaient à l'embouchure de l'estuaire : un chenal central unique méandrique peu profond (-2,5m à -3m CMH*) et deux chenaux latéraux plus profonds séparant de la côte les bancs du Ratier et d'Amfard, respectivement au sud et au nord. Au sud, la fosse de Villerville, atteignant la cote de -8m CMH, longeait la côte jusqu'à Trouville pour se raccorder au chenal latéral sud. A cet endroit, une série de bancs sableux (les bancs blancs) constituaient un alignement arqué existant dès 1677 [Delsinne, 2005].

Le lit mineur de la Seine était relativement stable et régulier entre Poses et Caudebec-en-Caux, avec une succession de hauts fonds et de fosses, ainsi que la présence de quelques pertuis (rétrécissement du fleuve, avec une forte pente, une faible profondeur et un courant rapide). En aval de Caudebec-en-Caux, la morphologie de la Seine changeait brutalement, le lit devenant plus large et plus instable. A partir de 1834, l'estuaire de la Seine fut progressivement aménagé et perdit son caractère sauvage. Les aménagements industrialo-portuaires (endiguement, comblement de bras morts, arasement d'îles, assèchement de marais, etc.) vont alors provoquer une nette accélération de son comblement. Cette évolution est ici retracée avec les modifications des caractéristiques morphologiques de l'estuaire et des milieux intertidaux présents à son embouchure.



Figure 1 : L'estuaire de la Seine en 1750.

*Cote Marine du Havre (CMH) : plan de référence des cartes marines se situant à -4.38m par rapport au zéro NGF (1969)



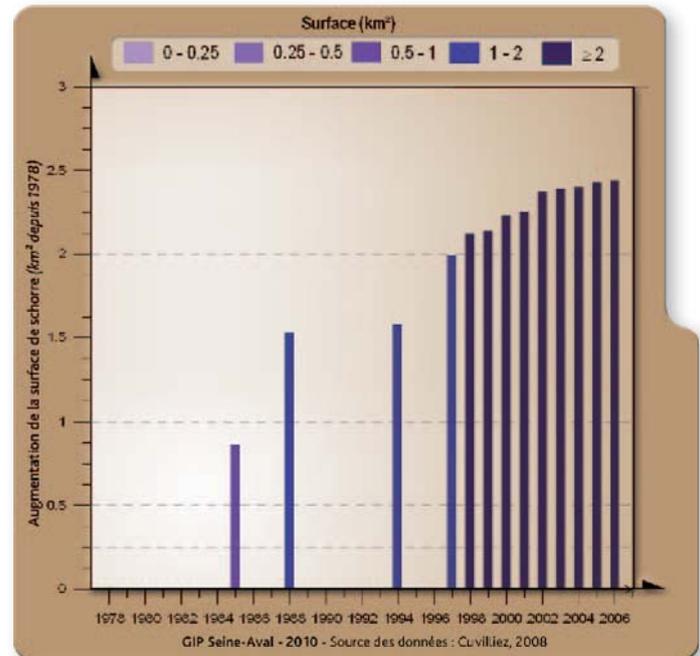
Evolution morphologique de l'estuaire de la Seine

L'essentiel

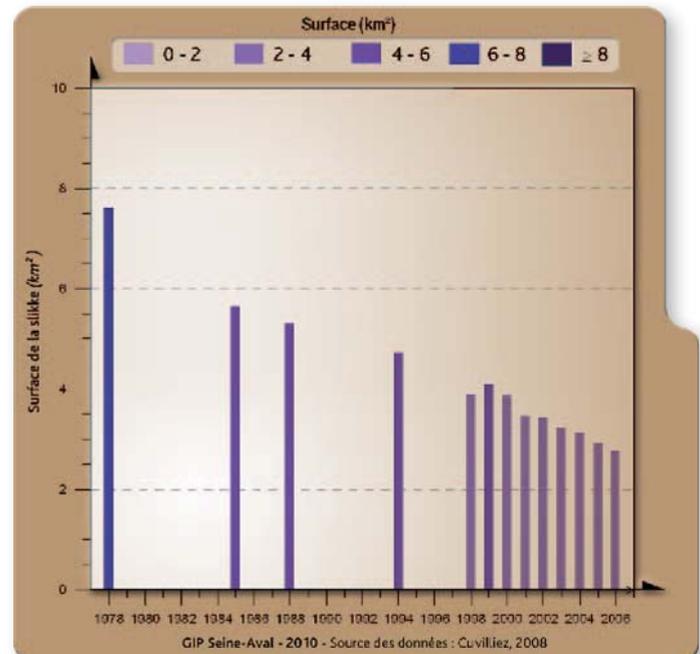
L'évolution de la morphologie de l'estuaire de la Seine, bien que liée aux forçages naturels, est principalement expliquée par les aménagements industrialo-portuaires initiés dans la première moitié du XIX^{ème} siècle (1834). Réalisés pour favoriser la navigation et l'extension de l'emprise des ports de Rouen et du Havre, ils ont façonné un estuaire aujourd'hui fortement anthropisé. Les principales conséquences de cette évolution pluri-décennale sont *i*) une diminution du volume oscillant, de la surface en eau et du domaine intertidal de l'estuaire; *ii*) une migration vers l'aval de la limite de salinité et du bouchon vaseux (qui fluctue également avec l'alternance des périodes sèches/humides) ; *iii*) une continentalisation des milieux intertidaux proches de l'embouchure, écologiquement intéressants du fait de leurs conditions particulières (salinité, nutriments, etc.).

Le suivi des milieux spécifiques de l'estuaire aval permet d'estimer les réponses morphologiques du système aux aménagements récents. Le secteur dit de la vasière nord (zone intertidale située en rive droite, à l'ouest du pont de Normandie) évolue ainsi de façon marquée depuis le début des années 1980 et suit les tendances suivantes : *i*) réduction de la surface des chenaux transverses à marée (les filandres) ; *ii*) croissance des bancs sableux (par exemple, le banc de la Passe) ; *iii*) colmatage progressif de la zone intertidale ; *iv*) extension puis stabilisation relative du schorre et érosion de la slikke [Indicateurs 1 et 2 ; Cuvilliez, 2008]. Depuis les travaux de réhabilitation des vasières menés dans le cadre des mesures environnementales du projet Port 2000, il est observé un arrêt de la progression des herbus, un développement des vasières à l'aval de l'épi et une sédimentation (dans un premier temps sableuse, puis plutôt vaseuse aujourd'hui) dans le méandre artificiel [Figure 5].

L'analyse de ces différents résultats témoigne d'un estuaire dont l'évolution naturelle est fortement accélérée par les aménagements. Leur succession dans le temps ne permet pas au système d'atteindre un équilibre dynamique qui serait essentiellement lié aux facteurs naturels et non pas à l'impact des aménagements. L'estuaire de la Seine est ainsi en perpétuelle évolution et son suivi à l'échelle pluri-annuelle est indispensable pour estimer sa réponse morphologique aux facteurs naturels, aux aménagements et aux mesures environnementales.



Indicateur 1 : Croissance de la surface de schorre au niveau de la grande vasière.



Indicateur 2 : Evolution de la surface de slikke au niveau de la grande vasière.

Evolution morphologique de l'estuaire de la Seine

Situation

D'un cours sinueux à un chenal unique

Dès 1834, les premiers travaux d'aménagement de l'estuaire de la Seine visaient à transformer le lit sinueux, divisé en plusieurs chenaux, en un chenal unique calibré. Ces travaux ont principalement consisté en une suppression d'îles par dragage ou rattachement à la berge (rescindement) et en une rectification du tracé des berges par endiguement. Aujourd'hui, en aval de Rouen, l'estuaire est constitué d'un seul chenal, peu favorable au maintien d'une diversité d'habitats pour la faune et la flore. Cette évolution morphologique est illustrée par la chute de l'indice de tressage traduisant une linéarisation des berges et une disparition des annexes hydrauliques et des îles [Figure 2]. Ces dernières, au nombre de 117 en 1750 (pour une surface cumulée d'environ 4360 hectares), ne sont aujourd'hui plus que 20 essentiellement situées entre Oissel et Rouen (pour une surface de 170 hectares).

Un estuaire qui se comble

Les processus hydrodynamiques et sédimentaires régissant un estuaire macrotidal tendent vers son comblement naturel. Ce phénomène, accéléré par les aménagements (endiguement, construction de ponts...), résulte du déplacement vers l'aval des dépôts sédimentaires par réduction de l'espace disponible dans l'estuaire amont. Il se traduit par une réduction du volume oscillant (masse d'eau qui se déplace d'amont en aval sous l'influence de la marée) et de la surface en eau de l'estuaire (de 340km² en 1750 à 142km² en 2005), par une diminution de l'aire intertidale des vasières et par le net déplacement du delta sableux tidal vers la baie de Seine orientale. L'indice de maturité traduit ces phénomènes, avec une division par deux pour les secteurs Poses - Oissel et Rouen - Le Havre. [Figure 3 ; Foussard *et al*, 2010].

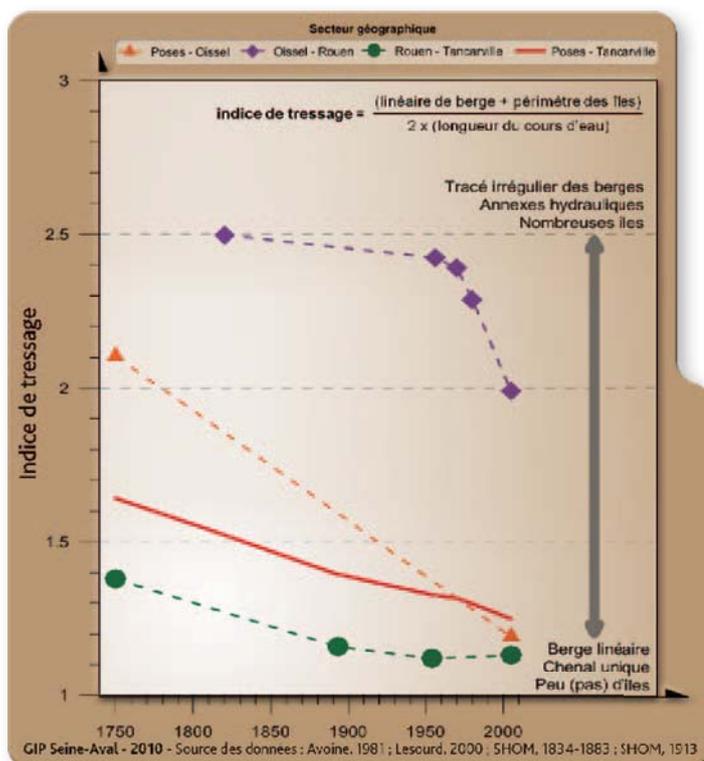


Figure 2 : Indice de tressage de l'estuaire de la Seine.

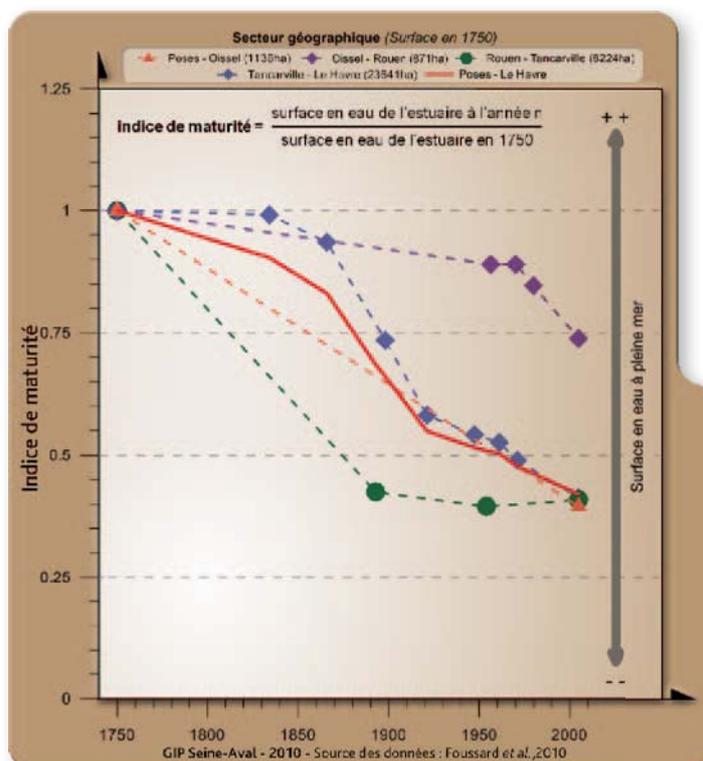


Figure 3 : Indice de maturité de l'estuaire de la Seine.

Le rôle primordial des aménagements

Liée aux apports marins sous forçage de fortes marées, à l'activité saisonnière du fleuve et modulée par les conditions climatiques pluri-annuelles, l'évolution morphologique de l'estuaire de la Seine s'explique également par la succession des aménagements industrialo-portuaires. C'est particulièrement le cas dans la vaste aire de sédimentation présente en rive droite à l'embouchure de la Seine, qui subit depuis plus d'un siècle les nombreux travaux successifs liés au développement industrialo-portuaire (création de digues, remblaiements, etc.). Ces derniers ont largement contribué au comblement des filandres et limitent fortement les échanges hydrauliques latéraux entre les milieux, qui tendent à se continentaliser (développement de la roselière). Au cours de la période récente, les aménagements ont induit une

augmentation de l'érosion de la vasière, phénomène amplifié par la période sèche actuelle responsable d'un déficit d'apports de particules fines, la dernière crue importante de la Seine ayant eu lieu en 2001. Depuis une vingtaine d'années, la prise en compte de la dimension environnementale dans les projets d'aménagements se traduit par la mise en place de mesures compensatoires et d'accompagnement pour réduire et, si possible, compenser les conséquences dommageables des projets sur l'environnement. Dans l'estuaire de la Seine, la priorité environnementale a été donnée à la circulation et aux échanges d'eau, ainsi qu'à la sauvegarde ou la reconstitution de vasières et de chenaux pour leur richesse écologique. Cela a notamment été le cas lors de la construction du pont de Normandie et l'extension du port du Havre, dite 'Port 2000' qui ont fait l'objet de mesures d'accompagnement et de mesures compensatoires [Figure 5].

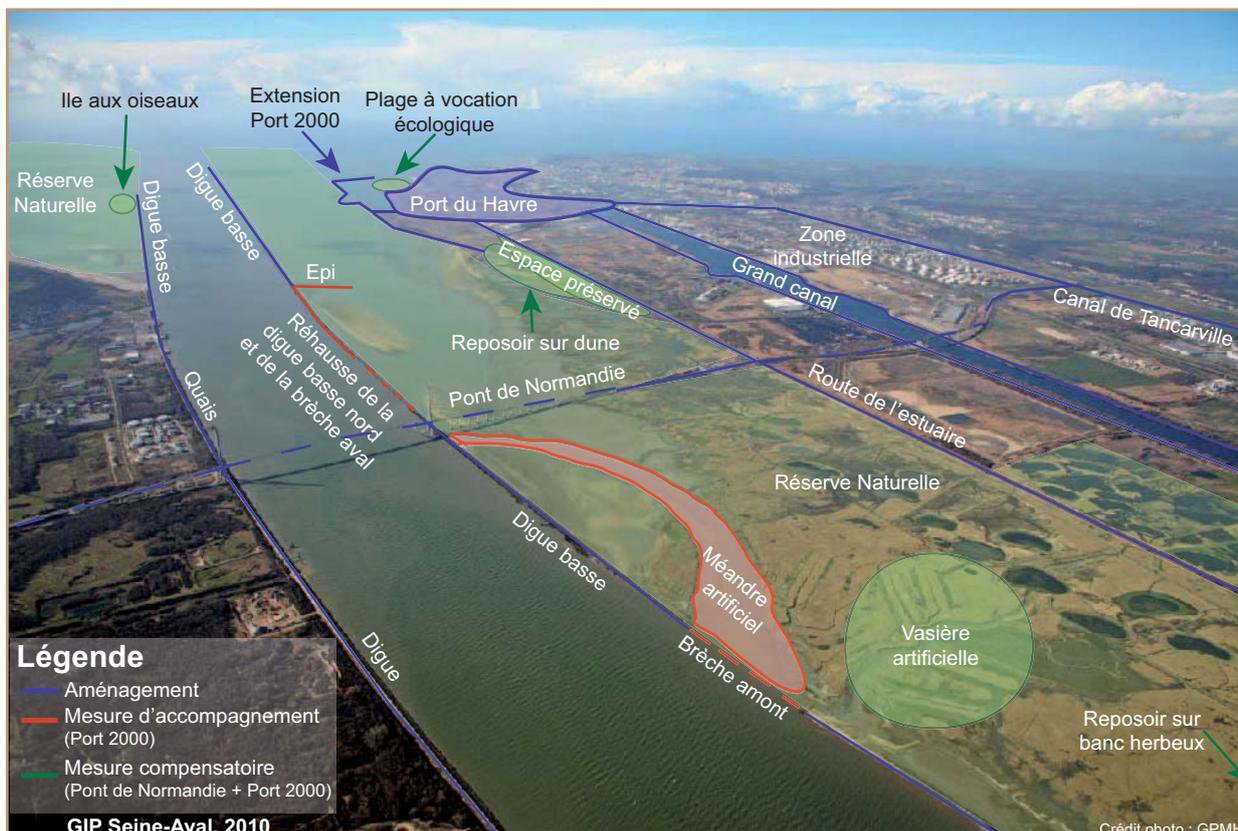


Figure 5 : Aménagements et mesures environnementales à l'embouchure de la Seine.



Une redistribution des milieux intertidaux

Le comblement et la continentalisation de l'estuaire impactent en premier lieu les milieux soumis à la marée. L'évolution de l'embouchure de l'estuaire témoigne de ce phénomène [Cuvilliez, 2008 ; MDE, 2010 ; Figure 4]. C'est par exemple le cas pour des milieux caractéristiques des estuaires, support d'une richesse écologique indispensable au bon fonctionnement environnemental de l'estuaire :

la **slikke** est la partie inférieure de l'estran inondée à chaque marée, dont la limite supérieure correspond à la pleine mer de morte-eau. Constituée de sédiments fins essentiellement vaseux et sablo-vaseux, elle est pauvre en végétation, mais présente une forte productivité biologique et assure un rôle écologique primordial du point de vue ornithologique, halieutique et épurateur. Sa surface a fortement diminué entre 1966 et 1985, puis s'est stabilisée ;

le **schorre** est la partie supérieure de l'estran inondée uniquement par très grandes marées ; sa limite inférieure correspond à la pleine mer de morte-eau. Il est caractérisé par des sédiments très fins et une végétation basse, dense, adaptée aux eaux saumâtres et pouvant évoluer en pré salé. Sa surface alterne des périodes de forte extension et de stabilisation depuis une trentaine d'années ;

la **roselière**, milieu de transition entre les milieux aquatiques et terrestres, est un maillon essentiel de l'écosystème estuarien, de par son rôle d'épuration des eaux, de fixation des sédiments, d'abri pour de nombreux oiseaux, mammifères, batraciens, insectes, etc. De formation récente, elle connaît une forte extension, témoignant de la continentalisation du système : stabilisation du sol qui permet le développement d'une végétation plus dense et haute.

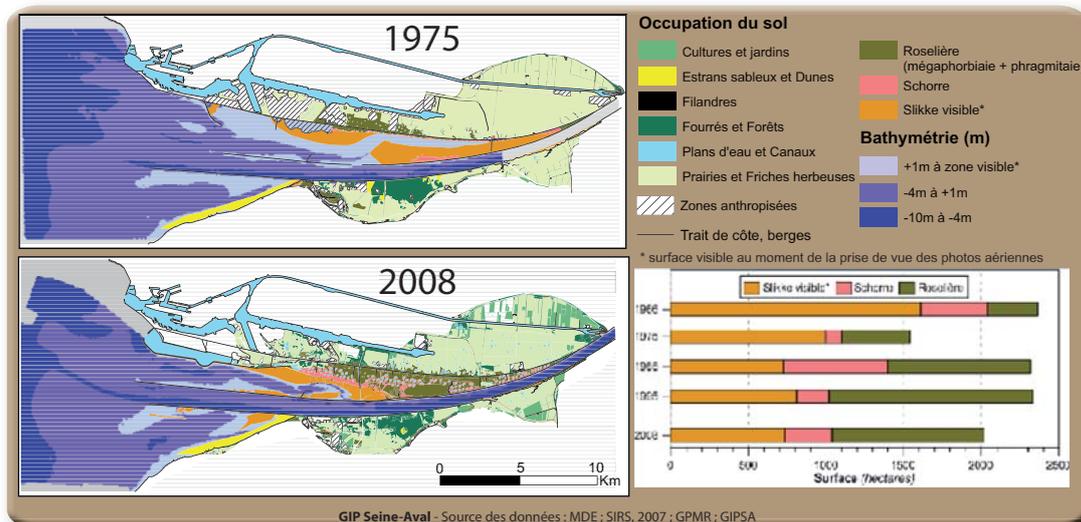


Figure 4: Occupation du sol et bathymétrie à l'embouchure de la Seine.



Evolution morphologique de l'estuaire de la Seine

Sources et méthodes

Figure 1

La carte représente l'estuaire de la Seine en 1750, avant ses premiers aménagements.

[Source des données : Magin & Magin, 1750]

Figure 2

L'indice de tressage (It) correspond au rapport entre la moitié de la longueur totale de berges (cours principal + îles) et la longueur développée de l'estuaire dans son axe. Le cours est d'autant plus sinueux que l'indice de tressage est élevé : lorsque $It=1$, le cours d'eau est constitué d'un chenal unique ; lorsque It est supérieur à 1, des îles subsistent et les berges ne sont pas linéaires.

L'indice de tressage a été calculé à partir de cartes pour trois secteurs de l'estuaire (Poses-Oissel ; Oissel-Rouen ; Rouen-Tancarville) et extrapolé à l'échelle de l'estuaire.

[Source des données : Foussard et al., 2010]

Figure 3

L'indice de maturité (Im) correspond au rapport entre la surface en eau de l'estuaire à pleine mer et sa surface « optimale » (1750 pour la Seine). La maturité d'un estuaire croît inversement à la valeur de l'indicateur : lorsque $Im=1$, l'estuaire a conservé sa surface optimale ; lorsque $Im=0,1$, l'estuaire a perdu 90% de sa surface.

L'indice de maturité a été calculé à partir de cartes pour quatre secteurs de l'estuaire (Poses-Oissel ; Oissel-Rouen ; Rouen-Tancarville ; Tancarville-Le Havre) et extrapolé à l'échelle de l'estuaire.

[Source des données : Foussard et al., 2010]

Figure 4

L'occupation du sol (typologie en onze classes) à l'embouchure de la Seine a été établie à partir de clichés aériens pour les années 1966, 1975, 1985, 1995 et 2008. Une information bathymétrique en trois classes y a été adjointe, ainsi que les aménagements réalisés aux années considérées.

[Source des données : GIPSA ; GPMR ; MDE, 2010 ; SIRS, 2007]

Figure 5

Les aménagements et les mesures environnementales liées aux projets les plus récents impactant la morphologie de l'estuaire (pont de Normandie et Port 2000) sont reportés sur un cliché aérien de l'embouchure de la Seine.

[Source des données : PAH, 2006]

Indicateurs 1 & 2

L'évolution des surfaces de slikke et de schorre est estimée pour le secteur de la vasière nord (zone intertidale située en rive droite, à l'ouest du pont de Normandie) à partir de clichés aériens.

[Source des données : Cuvilliez, 2008]

Références Bibliographiques

- Cuvilliez A., 2008. Dynamiques morphologique et sédimentaire d'une slikke et d'un schorre dans un estuaire macrotidal anthropisé (Seine-France). Thèse de doctorat, Université de Rouen. 266p.
- 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.
- Foussard V., Cuvilliez A., Fajon P., Fisson C., Lesueur P., Macur O., 2010. Evolution morphologique d'un estuaire anthropisé de 1800 à nos jours. Fascicule Seine-Aval n°2.3, 43p.
- Lafite R., Deloffre J., Verney R., Lebot S., 2005. Indices morpho-dynamiques. Rapport scientifique, Programme Seine-Aval 3, 23p.
- Lesueur P., Lesourd S., 1999. Sables, chenaux, vasière: dynamique des sédiments et évolution morphologique. Fascicule Seine-Aval n°3, 39p. Editions Ifremer, Plouzané (France). ISBN 2-84433-024-X
- Magin N., Magin J., 1750. Carte du cours de la Seine depuis Le Havre au Pont de Larche. Partie des environs de Rouen.
- Maison de l'estuaire (MDE), 2010. Opération du plan de gestion de la Réserve Naturelle Nationale de l'estuaire de la Seine - Etude diachronique. Convention Grand Port Maritime du Havre 2009, opération SE10 annexe 10, 19p.
- Mignot C., 1991. Les estuaires - Etude comparative des caractéristiques géométriques, hydrauliques et sédimentologiques : les ouvrages d'aménagements et la méthodologie des études. Rapport LCHF/Sogreah n°R5 4258 établi pour le service technique central des ports maritimes et des voies navigables, Compiègne France.
- Port Autonome du Havre (PAH), 2006. Port 2000 et l'estuaire de la Seine - un programme d'actions environnementales dans un site de valeur internationale. 48p.
- Tessier B., Delsinne N., 2004. Construction du prisme tidal d'embouchure, évolution morphodynamique du prisme tidal d'embouchure. Rapport scientifique, Programme Seine-Aval 2, 23p.
- Systèmes d'Information à Référence Spatiale (SIRS), 2007. Etude cartographique de l'occupation du sol et de son évolution entre 1966, 1973, 1985, 1994 et 1999. Etude réalisée pour le compte de la Maison de l'Estuaire.

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 :

