



Seine-Aval
GROUPEMENT D'INTÉRÊT PUBLIC

Contextes climatique, morphologique & hydro-sédimentaire : Dynamique des matériaux fins dans l'estuaire de la Seine

Problématique

A l'image de l'ensemble des fleuves du plateau continental nord-ouest européen et en comparaison des grands fleuves mondiaux, la Seine transporte annuellement de faibles quantités de matériel particulaire en suspension. En effet, les concentrations pondérales moyennes de matériaux particulaires en suspension mesurées dans l'estuaire de la Seine sont voisines de 30 mg/l alors qu'elles peuvent atteindre 22 000 mg/l dans le Huanghe (fleuve jaune) en Chine. Ces éléments particulaires fins (généralement inférieurs à 100 μ m) sont observés naturellement en suspension et sont essentiellement composés de matériel silto-vaseux et de composés organiques issus de l'érosion des sols, la production biologique et les activités humaines. Les apports de ces éléments fins à l'estuaire proviennent donc aussi bien de l'amont (débit solide à Poses), du ruissellement sur son bassin versant, des dépôts atmosphériques, du large et des activités humaines (industries, STEP,...)

[Dupont *et al.*, 2001 ; Verney, 2006].

A la rencontre des eaux douces et salées, et sous l'effet des courants de marée et du débit du fleuve, il se crée une zone turbide d'accumulation des matériaux fins appelée bouchon vaseux. Régulateur des flux de contaminants (microbiologiques et chimiques) apportés par l'amont, il joue un rôle très important dans les processus hydro-sédimentaires de l'estuaire de la Seine.



(R. Hocdé).



Dynamique des matériaux fins dans l'estuaire de la Seine

Situation

Des apports essentiellement amont, pendant les périodes de crue

Les matières en suspension (MES) dans l'estuaire de la Seine sont principalement issues du bassin versant en amont du barrage de Poses. Le flux solide annuel entrant dans l'estuaire est estimé entre 600 000 tonnes et 700 000 tonnes, dont 75% en période de crue. Ce flux amont représente environ 80% des MES à l'estuaire, hors apports marins. Les apports latéraux intra estuariens des affluents situés sur la rive droite de la Seine peuvent représenter jusqu'à 30% des MES de l'estuaire en période d'étiage. Cependant, ces flux sont faibles à l'échelle annuelle, et sont estimés à 55 000 tonnes par an, soit 8% du flux annuel au barrage de Poses. Doivent être ajoutées les contributions des deux principaux affluents de la rive gauche, l'Eure et la Risle, estimées respectivement à 16 000 tonnes et 10 000 tonnes par an. Enfin, les apports marins sont difficilement quantifiables du fait des courants très variables à l'embouchure [Dupont *et al.*, 2001 ; Dupuis *et al.*, 2004 ; Guézennec, 1999 ; Verney, 2006].

Le flux moyen annuel en MES arrivant à l'estuaire est calculé au niveau du barrage de Poses, là où l'influence de la marée est nulle. Ce flux solide montre de fortes variations pluriannuelles en lien avec le débit moyen annuel de la Seine. En effet, l'augmentation des précipitations entraîne une érosion des sols et donc une remise en suspension des matériaux, qui ruissellent et contribuent à l'augmentation des MES dans l'eau [Figure 1]. La moyenne annuelle du flux de MES est de

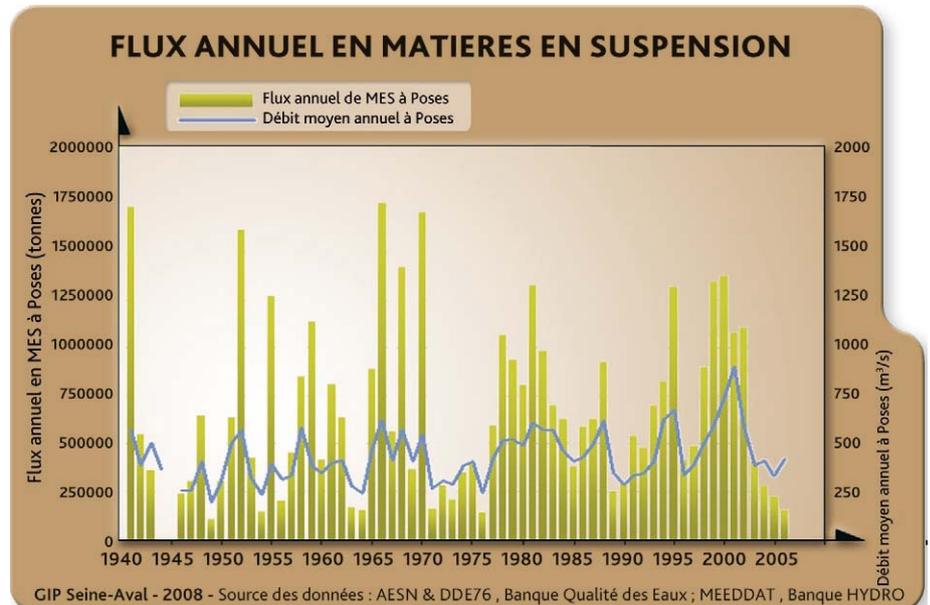


Figure 1: Flux moyen annuel de MES à Poses ; débit moyen annuel à Poses.

675 113 tonnes avec comme valeur minimale 106 140 tonnes en 1949 et comme valeur maximale 1 760 780 tonnes en 1966. Sur les dernières années, le flux de MES a tendance à diminuer après avoir augmenté de 1996 à 2000. L'année 2006 se situe largement en dessous de la moyenne depuis 1941 avec un flux moyen de 154 526 tonnes. Cette valeur est la plus faible des 30 dernières années.

Un positionnement du bouchon vaseux qui varie

Zones de mélange entre les masses d'eau fluviales et marines, les estuaires présentent une zone de turbidité maximale (le bouchon vaseux) très concentrée en matériaux particulaires fins. Il se déplace suivant le débit du fleuve et la marée, ce qui lui permet aussi bien de remonter dans l'estuaire (en période d'étiage) que d'être expulsé dans la Baie de Seine (en période de crue) [Figure2].

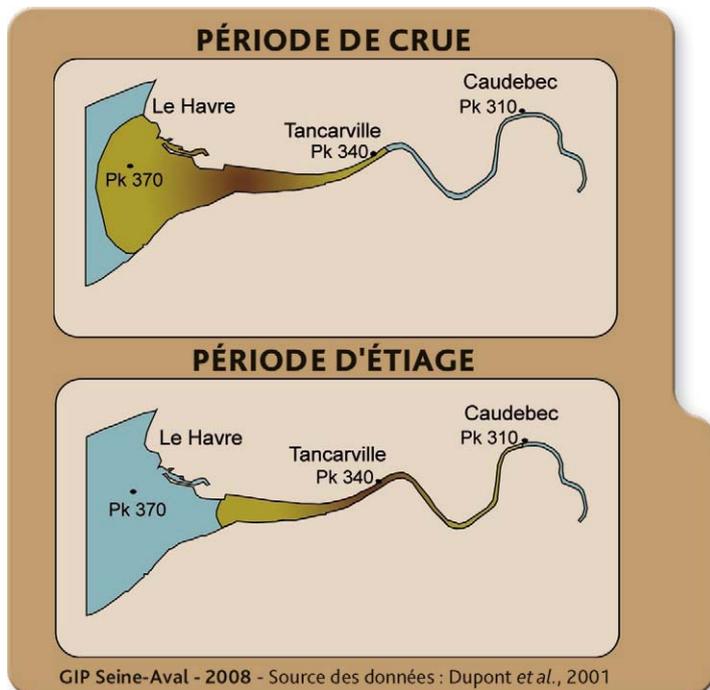


Figure 2 : Position du bouchon vaseux à deux situations hydrologiques différentes

- l'échelle annuelle reliant les variations de régime hydrologiques à celles du flux amont de MES : lorsque le débit moyen annuel est élevé, le flux de MES aussi, et l'extension de la zone de turbidité maximale est réduite. A l'inverse, lorsque le débit est bas, ainsi que le flux de MES, la zone de turbidité maximale est étendue.
- l'échelle pluri-annuelle conduite par les aménagements qui jouent un rôle majeur sur le positionnement du maximum de turbidité : globalement, la concentration en MES tend à diminuer sur les cinquante dernières années et le bouchon vaseux à se positionner plus en aval. La diminution du taux moyen de MES est essentiellement due à une amélioration de l'écoulement des eaux (liée à la calibration et au dragage du chenal) et à une baisse des apports solides.

Des concentrations en matières en suspension qui fluctuent

L'évolution spatio-temporelle des concentrations en MES depuis 1956, entre le barrage de Poses et Honfleur peut se lire sur trois échelles de temps [Figure 3] :

- l'échelle saisonnière gouvernée par l'alternance crue/étiage qui joue sur le positionnement du bouchon vaseux : en période de crue, le bouchon vaseux aura tendance à être expulsé de l'estuaire, alors qu'il remontera en période d'étiage ;

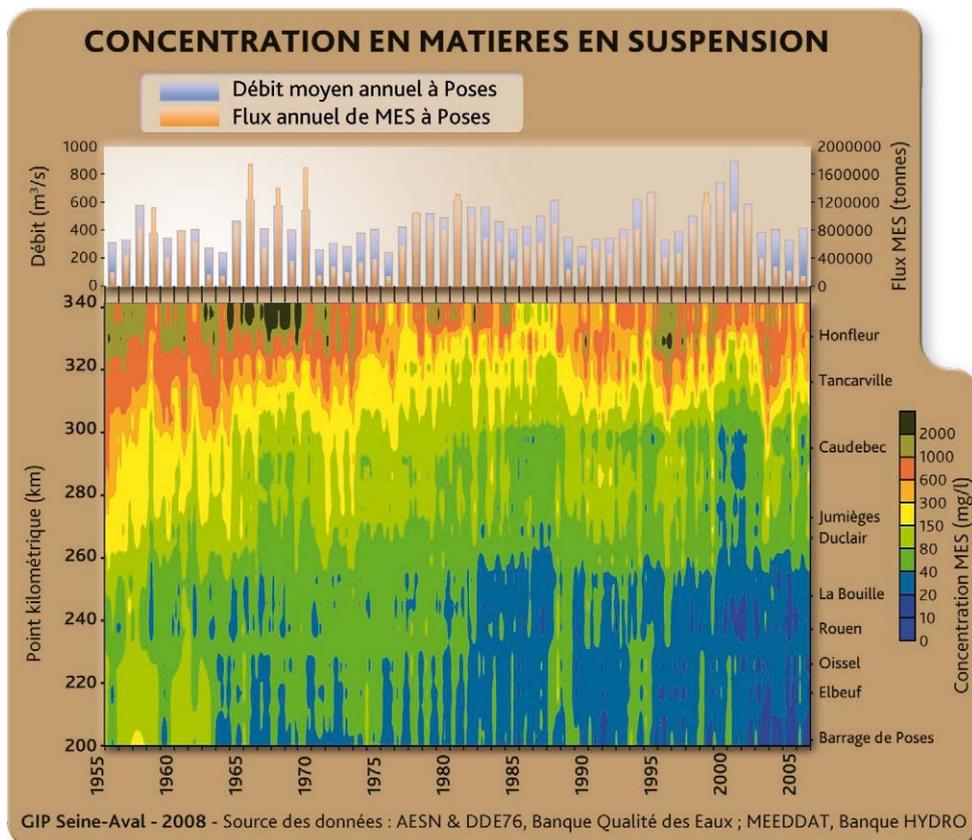


Figure 3 : Débit moyen annuel et flux annuel de MES ; évolution spatio-temporelle des concentrations en MES.

2006, une année sèche avec de faibles apports en matériaux fins

La variation de la concentration en MES sur différentes stations, entre Poses et Tancarville illustre très clairement le lien entre les pics de MES et les augmentations de débit. En 2006, au niveau du barrage de Poses, les périodes de crue (crue moyenne en février/mars - crue peu intense en décembre) s'accompagnent d'une remise en suspension des éléments déposés après la crue précédente. Durant toute l'année des concentrations beaucoup plus élevées traduisent la présence du bouchon vaseux au niveau de Tancarville. A la fin de la période d'étiage estivale une diminution des concentrations en MES à Tancarville et une augmentation à Caudebec est observée. Ce déplacement de concentration est interprété comme une remontée du bouchon vaseux en amont [Figure 4].

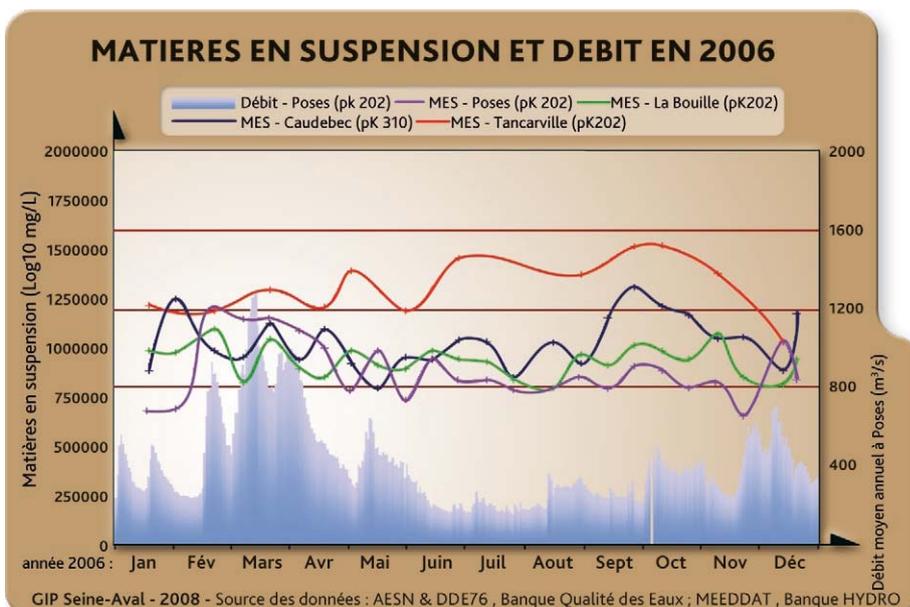
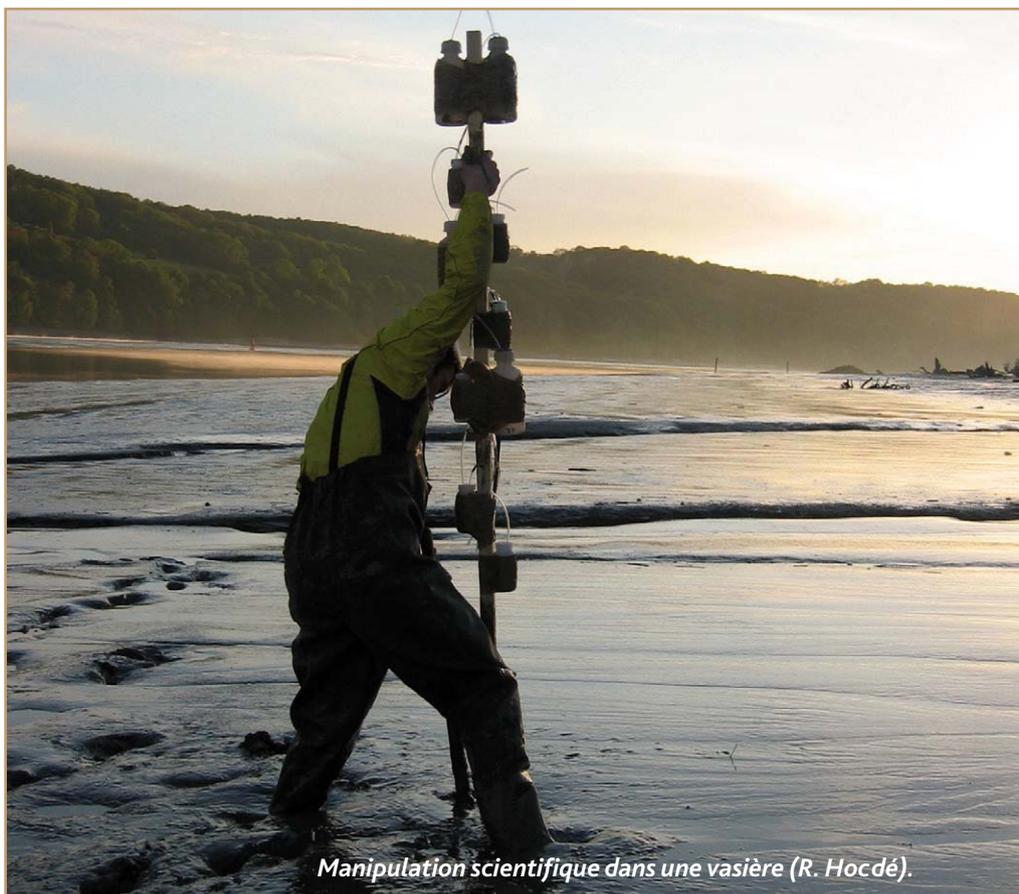


Figure 4 : Evolution annuelle (2006) des concentrations en MES sur quatre stations de l'estuaire ; débit journalier.



Dynamique des matériaux fins dans l'estuaire de la Seine

L'essentiel



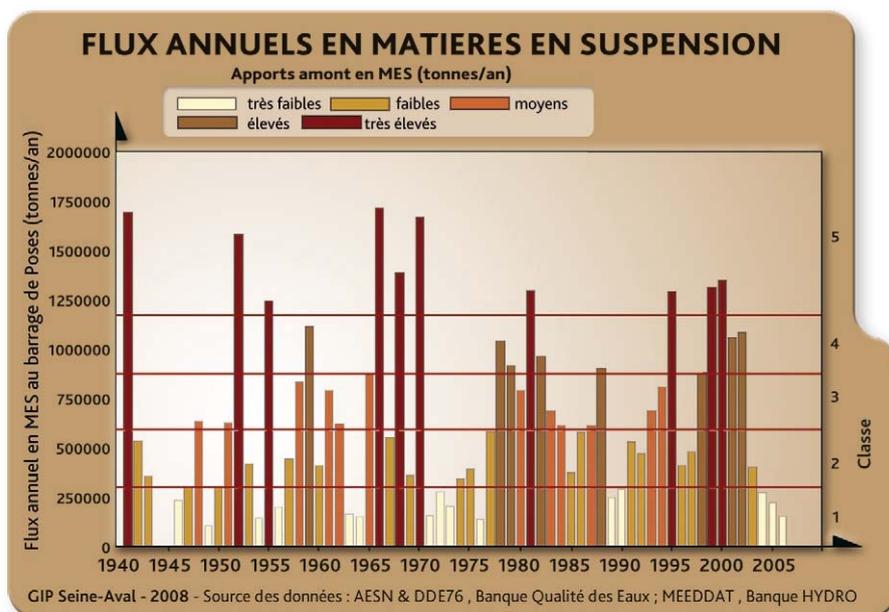
Herbes et vasière à l'embouchure de l'estuaire (Y. Lavarelo).

turbidité maximale, encore appelée bouchon vaseux. Ce stock de matériel fin explique les fortes turbidités rencontrées en milieu estuarien, de 100 à 500 fois plus importantes que celles trouvées dans les cours d'eau ou en mer ouverte. Généralement rencontré entre Tancarville et Honfleur, le bouchon vaseux peut exceptionnellement être expulsé en Baie de Seine (lors de périodes de crue) ou bien remonter plus en amont dans l'estuaire (lors d'étiages prononcés).

Le déplacement progressif vers l'aval du bouchon vaseux, lié aux aménagements portuaires et à la calibration du chenal de navigation, semble stabilisé depuis une trentaine d'années. La poursuite de la migration en baie de Seine de ce système aurait néanmoins plusieurs conséquences : *i*) modification des formes chimiques de certains contaminants et redistribution de la contamination (chimique et microbiologique) dans la zone de l'embouchure ; *ii*) réduction du déficit en oxygène car la demande en oxygène dissous du bouchon vaseux s'exercerait à l'extérieur de l'estuaire où la quantité d'oxygène dissous disponible est plus importante.

D'origine essentiellement amont, les flux de matériaux particulaires fins arrivant à l'estuaire sont extrêmement variables et sont principalement liés au débit. En 2006, le flux moyen de MES se situe dans la tranche des plus faibles valeurs observées depuis 1941, cette situation pouvant être mise en relation avec les conditions hydrologiques de cette année particulièrement sèche.

Le fonctionnement particulier de l'estuaire (opposition de la force de la marée et du débit fluvial) engendre une déformation de l'onde de marée à l'origine du piégeage de particules fines dont l'accumulation forme une zone de



Indicateur 1 : Flux annuels en matières en suspension de la Seine au barrage de Poses.

Dynamique des matériaux fins dans l'estuaire de la Seine

Sources et méthodes

Figure 1 et Indicateur 1

Les flux moyens annuels en matières en suspension (tonnes/an) sont calculés à partir des mesures journalières des débits mesurés (1995-2003) ou calculés (1956-1994 ; 2004-2006) au barrage de Poses selon les formules suivantes :

- en régime hydrologique normal, la relation entre débit et MES est linéaire :

$$\text{MES} = 0.0344 Q + 7.797$$

- en crue, et seulement pendant la phase ascensionnelle du débit, la relation devient exponentielle : $\text{MES} = 0.001 Q^{1.66}$

[Source des données : AESN & DDE76, Banque Qualité des Eaux ; MEEDDAT, Banque HYDRO]

Figure 2

La position du bouchon vaseux, représentée en période de crue et d'étiage, est tirée d'une figure de Dupont et collaborateurs (2001).

Figure 3

Les concentrations en matières en suspension (mg/l) sont représentées à partir des données mesurées (n=8389) sur 22 stations réparties entre le pK 202 (barrage de Poses) et le pK 356 (Honfleur).

[Source des données : AESN & DDE76, Banque Qualité des Eaux]

Figure 4

Le débit journalier (m³/s) de la Seine en 2006 est calculé au barrage de Poses, à partir du débit mesuré à Poissy (125 km en amont de Poses), selon la formule suivante : $Q_{\text{Poses}} = Q_{\text{Poissy}} \times 1.08$.

[Source des données : MEEDDAT, Banque HYDRO]

Les concentrations en matières en suspension (mg/l) sont mesurées à marée moyenne sur quatre stations (Poses amont ; La Bouille ; Caudebec ; Tancarville).

[Source des données : AESN & DDE76, Banque Qualité des Eaux]

Références Bibliographiques

- Dupont J.-P., Guézennec L., Lafite R., Le Hir P., Lesueur P., 2001. Matériaux fins : le cheminement des particules en suspension. Programme Scientifique Seine-Aval, Fascicule n°4, 39 p. Editions Ifremer, Plouzané (France). ISBN 2-84433-055-X
- Dupuis E., Laignel B., Durand A., Dupont J.-P., Guézennec L., Ferlin P., Galard Y. et Glemarec I., 2004. Apports fluviaux latéraux à l'estuaire de Seine : synthèse des données disponibles et apports des données des mesures en continu. In: Changes in land uses, consequences on estuaries and coastal zones, 38th ECSA Symposium. LAFITE R. (Eds).
- Guézennec L., 1999. Hydrodynamique et transport en suspension du matériel particulaire fin dans la zone fluviale d'un estuaire macrotidal : l'exemple de l'estuaire de la Seine (France). Thèse de 3ème cycle. Université de Rouen. 240 p.
- Verney, R., 3 Avril 2006. Processus de contrôle de la dynamique des sédiments cohésifs – Mesures in situ, mesures expérimentales et modélisation – Application à l'estuaire de Seine. Thèse de doctorat, Université de Rouen, 323 p.
- Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire, 2007. Banque HYDRO. [en ligne] <http://www.hydro.france.fr>

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 : Alain Le Vern
Directeur : Loïc Guézennec
Contact : gipsa@seine-aval.fr
Infographie : Quai 24, Le Havre
Crédits photos : GIP Seine-Aval
Tirage : 1000 exemplaires
ISSN : en cours

Le GIP Seine-Aval est financé par :

