

IMPACT BIOSÉDIMENTOLOGIQUE D'AMÉNAGEMENTS PORTUAIRES EN ESTUAIRE DE SEINE.

DESPREZ M. *, DUPONT J.P. **.

1. INTRODUCTION.

Alors qu'au début du siècle dernier l'estuaire de la Seine possédait une vaste zone intertidale parcourue de chenaux de flot et de jusant peu profonds (Fig. 1A), il présente, depuis 1970, des contours rectilignes (Fig. 1B), qui sont le résultat des nombreux aménagements réalisés sur le fleuve pour améliorer les conditions de navigation entre Rouen et la mer, mais également des travaux d'extension du complexe industriel et portuaire du Havre.

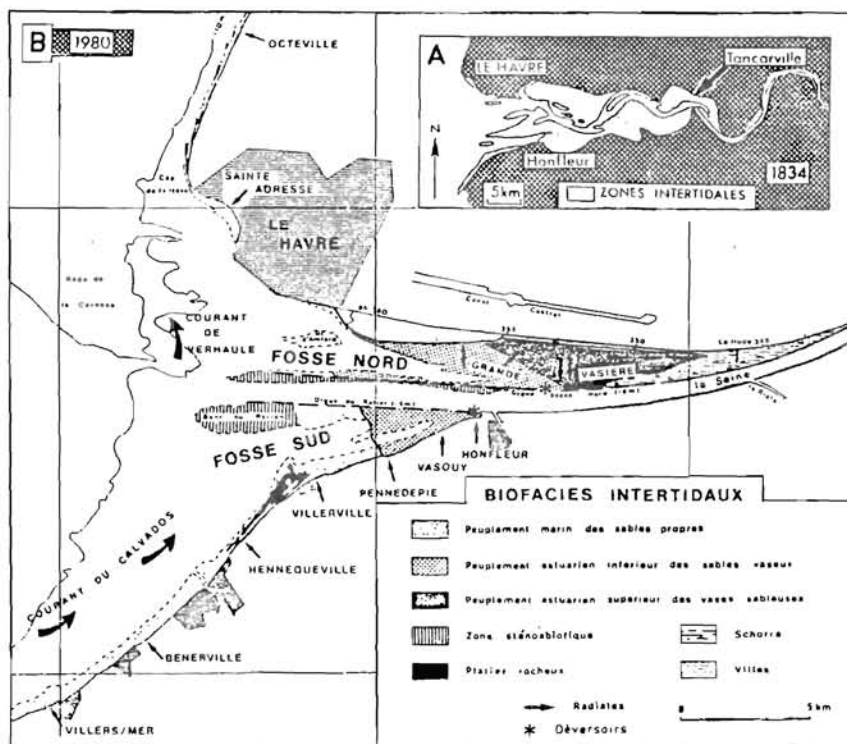


FIGURE 1 A : Cadre morphologique de l'estuaire en 1834 (d'après AVOINE)
 B : Cadre morphologique et biosédimentologique en 1980.

* G.E.M.E.L. Faculté des Sciences - 76130 Mt St Aignan

** Laboratoire de Géologie) " " "
 G.E.M.E.L.)

La réduction de la surface des zones intertidales, de 130 km² en 1834 à moins de 30 km² en 1985 (Avoine, 1985), est la conséquence la plus spectaculaire de ces aménagements qui ont accéléré le phénomène naturel de colmatage de l'estuaire par des sédiments d'origine essentiellement marine.

En 1980, des préoccupations en matière d'environnement sont à l'origine de la création de déversoirs dans les digues de calibrage du chenal de navigation; en effet, devant l'inquiétude des pêcheurs de voir se remblayer les fosses de flot nord et sud de l'estuaire, ces aménagements ont été réalisés respectivement dans la digue basse nord et celle du Ratier.

Aujourd'hui, après quatre années de fonctionnement de ces déversoirs, il est possible de dresser un premier bilan de leur impact sur l'environnement, plus particulièrement en ce qui concerne l'évolution biosédimentologique des secteurs concernés.

2. RESULTATS DE LA FOSSE SUD

2.1. Présentation de l'étude :

Les études réalisées au cours du S.A.U.M. de l'estuaire de la Seine (Desprez, 1983) ont servi de point zéro au suivi biosédimentologique de deux stations respectivement situées à 150 m (HON 5) et 250 m (HON 4) du déversoir. Ce dernier, aménagé en 1980, est de dimensions restreintes avec une longueur de 100 m et un seuil situé à la cote +4m (la digue du Ratier cotant +5m).

La station HON 5 se situe en 1980 à la cote +2m50 et présente un substrat de sables envasés (25-30 %F*) colonisés par un peuplement benthique de type estuarien inférieur (Fig 1B). Ce peuplement, riche de 14*** espèces, présente une densité de 4.835*** individus par mètre-carré; les espèces dominantes sont *Macoma balthica*, *Tharyx marioni* et *Tubificoides benedeni* les principales espèces accompagnatrices étant *Cerastoderma edule*, *Nereis diversicolor* et *Corophium volutator*.

(Desprez, 1981). Cette association faunistique correspond à la "Macoma community" telle qu'on la retrouve dans tous les estuaires européens (Thorson, 1957). L'essentiel des résultats biosédimentologiques concernent cette station.

La station HON 4 se situe à la cote +4m50 et se différencie de la précédente par la présence d'une couche de vase superficielle (50-60 %F*) reposant sur un sable vaseux comparable à celui de la station HON 5. Son peuplement est identique au précédent sur le plan de la diversité; par contre *Corophium volutator* devient l'espèce dominante grâce à la présence de la couche de vase superficielle qui permet sa prolifération.

2.2. Evolution sédimentologique :

La réalisation du déversoir a provoqué une rapide diminution de la teneur en particules fines du sédiment de la station HON 5 (Fig. 3A); on est passé de sables vaseux contenant en moyenne 32 %F (1978-1980) à des sables très faiblement envasés avec 3,6 %F (1982-1984). Les nouvelles conditions hydrodynamiques (courants, turbulences) ont entraîné les sédiments les plus fins dans un rayon de 200 m, créant une auréole de désenvasement dans laquelle se situe la station HON 5 (Ducrottoy et coll. 1985).

La station HON 4, plus éloignée, n'a pas connu une telle évolution de son substrat. Par contre, le comblement naturel du secteur (d'importants apports sableux caractérisent cette fosse de flot) a contribué à faire disparaître progressivement la couche de vase superficielle qui caractérisait cette station.

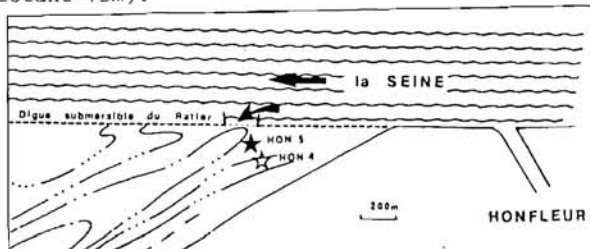


FIGURE 2 : Rive sud. Localisation du déversoir et des stations étudiées.

* %F : teneur en particules fines (inférieures à 50 µm).

*** : valeurs moyennes établies sur un cycle annuel.

2.3. Evolution faunistique :

2.3.1. Evolution du peuplement

La réalisation du déversoir a profondément modifié le peuplement de la station HON 5, tant sur le plan qualitatif (nombre et nature des espèces) que quantitatif (densités/m²).

La richesse spécifique du peuplement décroît sensiblement (-22%) et on passe, en moyenne, de 14,1 espèces (1979-1980) à 11 espèces (1981-1982). Ce sont en fait plus de trois espèces qui ont disparu, mais de nouvelles ont en revanche fait apparition; elles sont caractéristiques des sables propres ou légèrement vaseux des transects marins situés en aval de Pennedepie (Fig. 1B).

En l'espace de neuf mois, les densités chutent brutalement (-87%) de 4.835 individus/m² à 640 ind./m² (valeurs moyennes pour un cycle annuel). Cette spectaculaire chute des densités illustre la richesse nutritive des substrats envasés qui sont capables d'abriter des peuplements benthiques extrêmement denses.

Depuis 1982, le peuplement de cette station semble avoir retrouvé un nouvel équilibre dont témoignent la légère augmentation des densités (1.850 ind./m²) et surtout le retour à la diversité initiale (16 espèces).

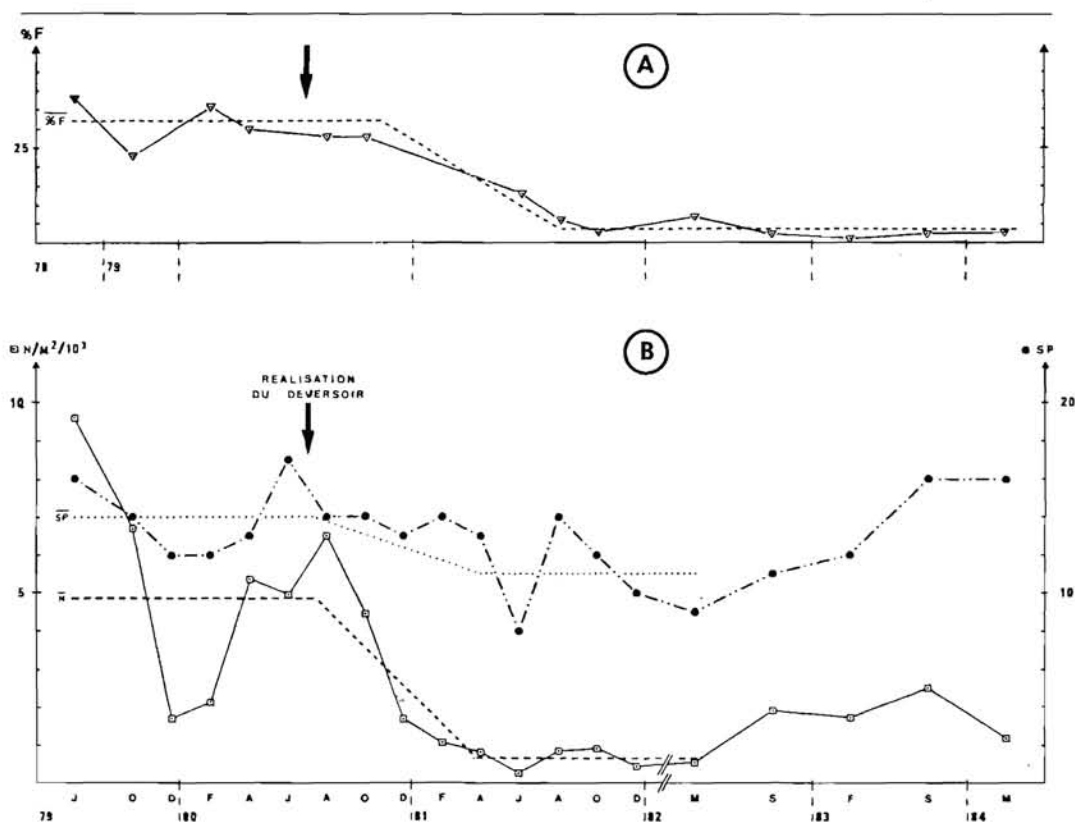


FIGURE 3 A : Evolution de la teneur en particules fines (%F) du sédiment de la station HON 5 entre 1978 et 1984. $\overline{\%F}$ = teneur moyenne.

B : Evolution de deux paramètres du peuplement macrobenthique de la station HON 5 : la densité (N/m²) et la richesse spécifique (SP).

2.3.2. Interprétation physiologique: l'exemple de *Macoma balthica*.

Localement, les nouvelles conditions hydrodynamiques et hydrosédimentaires ont perturbé le développement des espèces benthiques comme nous avons pu le mettre en évidence sur le bivalve *Macoma balthica*.

La croissance de cette espèce est ralentie, sinon bloquée, dès l'ouverture du déversoir; ce phénomène est particulièrement visible chez les jeunes individus de l'année (classe 0⁺) et de 1979 (classe 1⁺). La croissance est moins perturbée à HON 4 qu'à HON 5, elle redevient normale au printemps 1981 (Fig. 4).

Les jeunes individus de l'année sont particulièrement sensibles à l'évolution hydrosédimentologique et disparaissent dès le mois de décembre à HON 5.

Le recrutement est lui-aussi affecté par l'évolution hydrosédimentaire du secteur. En 1979, la classe 0⁺ représente 60-80 % de la population de la station HON 5; en 1981 elle ne représente plus que 17 % de cette population alors que, dans le même temps, le recrutement est normal à HON 4 (cl. 0⁺ = 78 % de la population).

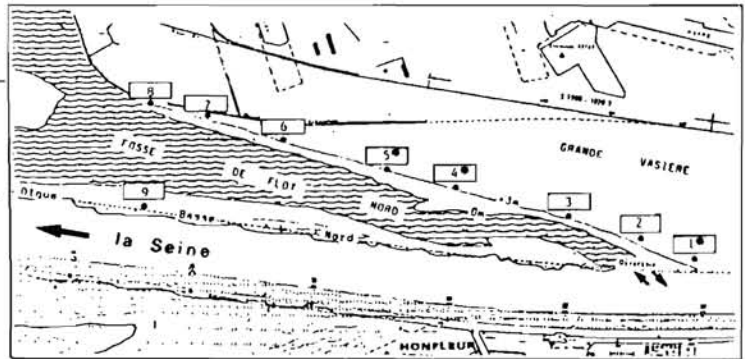
Le léger ralentissement de croissance observé à HON 4, malgré l'absence d'évolution sédimentologique, témoigne de la sensibilité des espèces benthiques à toute modification des conditions hydrodynamiques locales.

3. RESULTATS DE LA FOSSE NORD.

3.1. Présentation de l'étude :

Quelques mois avant la réalisation du déversoir, une étude biosédimentologique (*) de la Grande Vasière a fourni les données de référence qui nous permettent aujourd'hui de juger de l'évolution de ce secteur de l'estuaire après quatre années de fonctionnement du déversoir. En effet, trois des stations prospectées à cette occasion l'ont été à nouveau en 1984 (Fig. 5) à la faveur d'une étude du même type dans le secteur de la fosse de flot (**).

FIGURE 5 : Rive nord. Localisation du déversoir et des stations étudiées en 1984. L'astérisque (*) signale celles ayant déjà été prospectées en 1980.



- (*) Impact écologique du second franchissement de l'estuaire de la Seine sur le plan de la microbiologie et de la macrofaune benthique (Contrat C.C.I. Le Havre - Université de Rouen)
- (**) Suivi biosédimentaire de la fosse de flot nord de l'estuaire de la Seine. (Contrat Port Autonome de Rouen - G.E.M.E.L.)

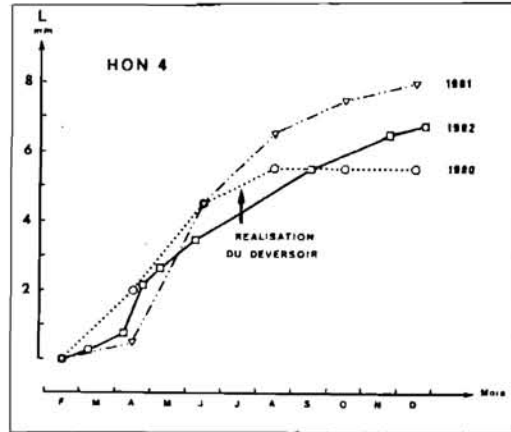


FIGURE 4 : Rythme de croissance du bivalve *Macoma balthica* sur trois cycles annuels. Mise en évidence de la perturbation liée à l'ouverture du déversoir. L = accroissement en longueur de la coquille des individus de la cl. 1⁺.

Du point de vue bathymétrique, ces stations se situent légèrement au-dessus du niveau des basses mers de morte eau (+3m). Sur le plan sédimentologique, elles sont constituées, en 1980, de sables très envasés (> 50 %F). Sur le plan faunistique (Fig 1B), elles appartiennent à un faciès oligospécifique du peuplement estuarien inférieur, faciès vraisemblablement lié aux basses salinités de ce secteur qui correspond à un ancien chenal de jusant de l'estuaire (Desprez, 1981). Quant au déversoir, il est de dimensions beaucoup plus conséquentes que celui de la rive sud puisqu'il est long de 1 km, avec un seuil se situant à la cote +1m.

3.2. Evolution sédimentologique :

Alors qu'en 1980 la teneur en particules fines des sédiments était relativement constante tout le long de la fosse de flot (50-60 %F), on observe quatre ans plus tard une différence dans les conditions d'envasement selon que l'on considère des stations situées en amont (40-70 %F) ou en aval (10-33 %F) de la fosse. La figure 6A illustre cette stabilité des conditions d'envasement observée en amont, qui contraste avec le désenvasement que connaissent les stations aval.

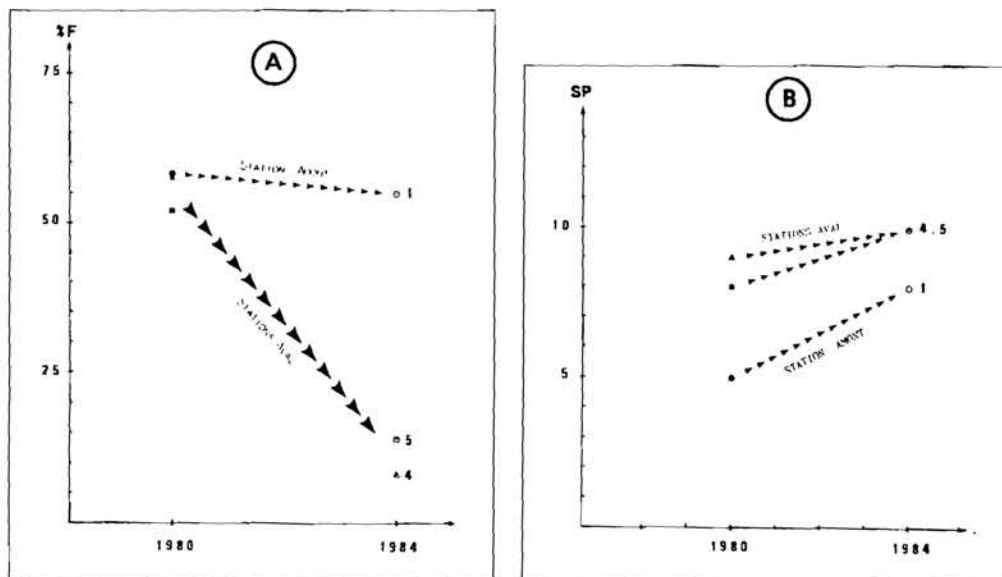


FIGURE 6 : Evolution, entre 1980 et 1984, de deux caractéristiques biosédimentologiques de trois stations situées à proximité de la fosse de flot nord de l'estuaire de la Seine :

A. Teneur en particules fines (%F) du sédiment.
B. Richesse spécifique (SP) du peuplement.

3.3. Evolution faunistique :

- Richesse spécifique : entre 1980 et 1984 s'est produite une diversification des peuplements tout le long de la fosse de flot (Fig. 6B) :

	1980	1984	Evolution
Stations Amont	5 à 6 sp	6 à 8 sp	+ 27%
Stations Aval	8 à 9 sp	10 à 13 sp	+ 35%

- Densité : l'évolution de ce paramètre permet d'individualiser quatre groupes d'espèces :

- + des espèces dont les densités n'ont pas évolué : *Macoma balthica*, *Nereis diversicolor*, *Corophium volutator*, *Tubificoides benedeni*.
- + des espèces dont les densités ont fortement diminué : *Manayunkia estuarina* et *Tubifex costatus* (qui caractérisent les vases de l'amont).

- + des espèces dont les densités ont augmenté : *Nephtys hombergii*, *Eteone longa*.
- + des espèces nouvelles : *Tharyx marioni*, *Capitomastus minimus* et quelques très jeunes *Cerastoderma edule*.

3.4. Cartographie biosédimentaire.

L'évolution biosédimentaire se traduit par une remontée vers l'amont du peuplement estuarien inférieur aux dépens du peuplement estuarien supérieur (Fig. 1B). Le phénomène est donc inverse de celui que l'on observe en amont de l'estuaire, plus spécialement entre le déversoir et Le Hode, où se produit un glissement vers l'aval des faciès.

4. DISCUSSION

4.1. Rive sud.

L'évolution biosédimentologique que nous avons observée est la conséquence locale, rapide, de l'aménagement du déversoir. Ces travaux n'ont cependant fait qu'accélérer les effets de l'évolution naturelle qui conduit elle-aussi au désenvasement du substrat sous l'influence des importants apports sableux qui caractérisent cette fosse de flot.

L'exhaussement de ce secteur de l'estuaire (Fig. 7) illustre l'importance de ces apports; ainsi la station HON 5 a subi en 5 ans une élévation de 1 mètre (2m50 en 1979, 3m50 en 1984) malgré l'intensité des conditions hydrodynamiques liées à la proximité du déversoir.

Par contre, les conditions de salinité n'ont pas été modifiées par la réalisation du déversoir : l'eau interstitielle de la station HON 5 présente depuis 1979 une salinité stable de 23,5% (en conditions d'étiage). Conformément aux résultats de Desprezet coll.(1983) qui ont classé par ordre d'importance les principaux facteurs du milieu responsables de la distribution de la macrofaune benthique de l'estuaire, il ressort que l'évolution faunistique de la station HON 5 est essentiellement la conséquence de l'évolution sédimentologique qui a affecté cette station dans les mois qui ont suivi l'ouverture du déversoir. Cependant, nous avons également observé à la station HON 4 que les espèces benthiques réagissent directement à toute modification des conditions hydrodynamiques locales, ce qui est en accord avec les études de Lammens (1967) sur l'interprétation des stries de croissance des bivalves.

A HON 5, le retour à la diversité initiale (16 sp), quatre ans après la réalisation du déversoir, permet de penser que le peuplement de cette station a retrouvé une certaine stabilité, en équilibre avec les nouvelles conditions hydrodynamiques. Depuis le peuplement initial jusqu'à ce nouvel équilibre biosédimentaire, nous pouvons distinguer successivement :

- une étape de déstabilisation du peuplement initial (août 1980-avril 1981) avec chute de la densité et stabilité de la richesse spécifique.
- une étape de transition (avril 1981-mars 1982) avec stabilisation de la densité et chute de la richesse spécifique.
- une étape de restructuration (mars 1982-sept.1983) avec augmentation de la densité et de la richesse spécifique.

L'intérêt d'une telle étude, outre de préciser les limites et modalités de l'impact de l'aménagement sur l'environnement, réside dans la définition d'espèces-témoins de l'évolution du milieu. Ainsi le désenvasement de la station HON 5 s'est-il accompagné de la disparition de *Scrobicularia plana*, *Corophium volutator*, *Tubificoides benedeni* et de l'arrivée de *Capitomastus minimus*, *Spio filicornis*, *Bathyporeia sarsi*, *Nephtys cirrosa*, *Nerine cirratulus* et *Mysella bidentata*, espèces pour lesquelles la teneur en particules fines représente le facteur limitant de leur installation plus en amont dans l'estuaire.

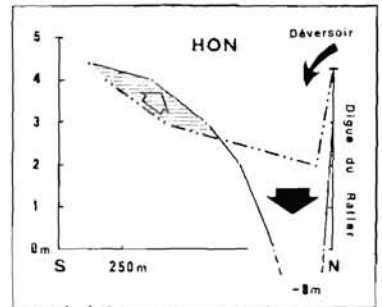


FIGURE 7 : Evolution bathymétrique de la radiale HON-FLEUR entre 1980 (tireté) et 1984 (trait plein).

4.2. Rive nord :

Si l'impact local du déversoir n'a pu être mis en évidence, nous avons par contre observé une évolution biosédimentaire des fonds bordant la fosse sur plusieurs kilomètres en aval de cet ouvrage.

Le désenvasement observé s'explique par l'amplification des courants de la fosse liée à sa chenalisation, ces courants contribuant à éroder la Grande Vasière (Fig. 8). Ce phénomène d'érosion est favorisé par le déplacement de la fosse vers le nord du fait d'une forte sédimentation sableuse s'appuyant sur la digue basse nord depuis son achèvement en 1980.

L'enrichissement spécifique ne peut pas être corrélé avec la diminution de la teneur en particules fines comme l'atteste l'évolution biosédimentaire de la station 1 (enrichissement spécifique, mais stabilité de la teneur en fines).

Par contre, nous avons vu précédemment que le facteur salinité joue un rôle essentiel dans la diversité des peuplements; or, les conditions de salinité des eaux de la fosse ont augmenté d'environ 5% depuis 1980. Cette évolution s'explique par la réduction des apports d'eau douce depuis le chenal principal, consécutive à l'achèvement de la digue.

L'évolution sédimentologique serait ainsi la conséquence du fonctionnement du déversoir, tandis que l'évolution faunistique serait essentiellement celle de l'achèvement de la digue basse nord.

Ces constatations nous amènent à définir certaines espèces témoins de l'évolution des conditions de salinité du milieu :

- *Tharyx marioni* était absente de la rive nord en 1980 malgré la présence de sédiments comparables à ceux où elle abondait sur la rive sud.
- *Tubifex costatus* et *Manayunkia estuarina* ont régressé depuis 1980 malgré la stabilité des conditions d'envasement des stations amont de la fosse.

4.3. Comparaison de l'évolution des deux fosses de flot :

S'il n'est pas possible de comparer l'impact biosédimentaire de ces deux déversoirs aux caractéristiques si différentes (longueur, profondeur du seuil), l'observation des profils longitudinaux des fosses permet cependant d'apprécier leur efficacité respective et de mettre ainsi en évidence l'importance du comblement naturel.

La fosse sud a subi un exhaussement général de 25 cm à 1 m entre Villerville et Honfleur (Fig. 9A).

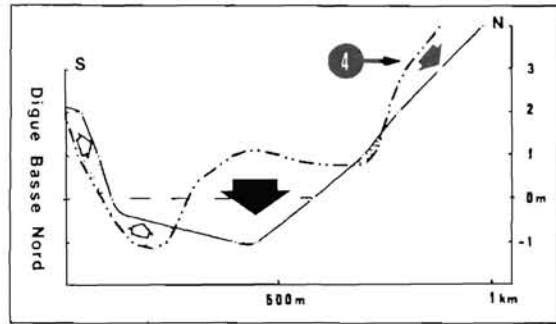


FIGURE 8 : Evolution bathymétrique de la fosse de flot nord. Profils transversaux de 1980 (tireté) et 1984 (trait plein).

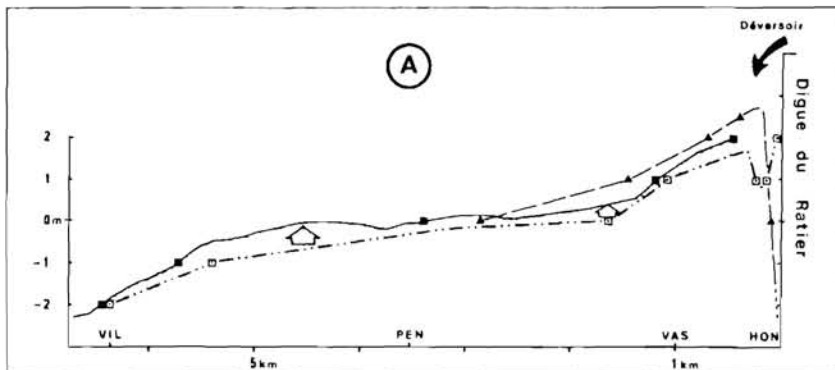


FIGURE 9A : Evolution bathymétrique de la fosse de flot sud de l'estuaire de la Seine. Profils longitudinaux de 1980 (pointillé) et 1984 (trait plein = printemps; tireté = automne).

La fosse nord s'est creusée dans sa moitié amont et comblée dans sa partie aval, ce qui a complètement modifié son profil bathymétrique (Fig. 9B) :

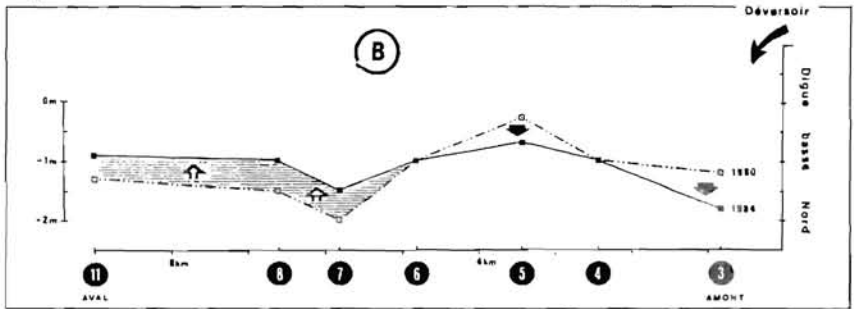


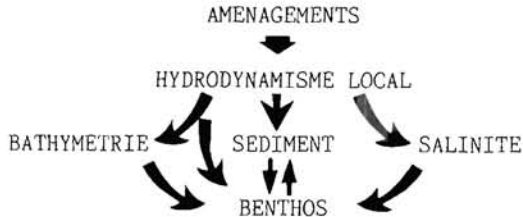
FIGURE 9B : Evolution bathymétrique de la fosse de flot nord de l'estuaire de la Seine. Profils longitudinaux de 1980 (pointillé) et 1984 (trait plein).

Une telle évolution justifierait un suivi des peuplements benthiques subtidiaux pour actualiser les données de Proniewski (1980) obtenues lors du SAUM et connaître l'évolution faunistique de ces fonds (avec mise en évidence d'espèces-témoins) en cours de comblement malgré les efforts consentis en matière d'environnement.

5. CONCLUSION.

Ces études sur l'impact biosédimentologique d'aménagements portuaires en estuaire de Seine ont permis :

- d'une part de préciser l'influence de ces aménagements sur l'équilibre des bio-faciès estuariens :



- d'autre part de mettre en évidence des espèces-témoins de l'évolution du milieu, espèces qui devront faire l'objet d'une attention particulière dans le cadre du suivi biologique d'aménagements.

L'estuaire de la Seine représente aujourd'hui un domaine "privilegié" pour la réalisation de telles études d'impact d'aménagements. Il est souhaitable que celles-ci se multiplient afin de pouvoir disposer des meilleurs atouts en matière de prévention de catastrophes écologiques, mais aussi dans la perspective d'amélioration de la qualité biologique du milieu.

Avoine J. (1985).- Evolution hydrodynamique et sédimentaire de l'estuaire de la Seine. Actes du Colloque "L'estuaire de la Seine, enjeux écologiques et économiques GEMEL-DRAE-CIQV. p. 53-67.

Desprez M. (1981).- Etude du macrozoobenthos intertidal de l'estuaire de la Seine. Thèse 3^e cycle. Université de Rouen.

Desprez M. et coll. (1983).- Etude des biofaciès intertidaux de l'estuaire de la Seine. C.R. Acad. Sc. Paris, t. 296, séri. III, p. 521-526.