

II. Evolution morphosédimentaire des filandres de la vasière Nord et Grande Crique (1997 -2011)

Les chenaux de marée ou filandres forment un ensemble morphologique typique des vasières intertidales (Eisma, 1998, Whitehouse et al., 2000). Ils participent à la dynamique sédimentaire estuarienne et leur rôle évolue au cours des saisons. Ils jouent ainsi un rôle clé dans l'écosystème de la vasière Nord notamment parce qu'ils permettent une augmentation de la surface d'échange eau-sédiments (*voir parties V à VIII*). Afin de suivre avec précision leur évolution morphosédimentaire dans le but d'identifier et de quantifier les forçages responsables de leur dynamique, une technique de télédétection à basse altitude a été utilisée afin d'obtenir une cartographie à haute résolution (Cuvilliez, 2003 et 2008). La surface d'étude est la vasière Nord, fortement anthropisée (figure II-1), qui a fait l'objet de cartographies à haute résolution selon un pas de temps annuel de 1997 à 2009 puis de 2010 à 2011 dans le cadre du programme Seine Aval 4.

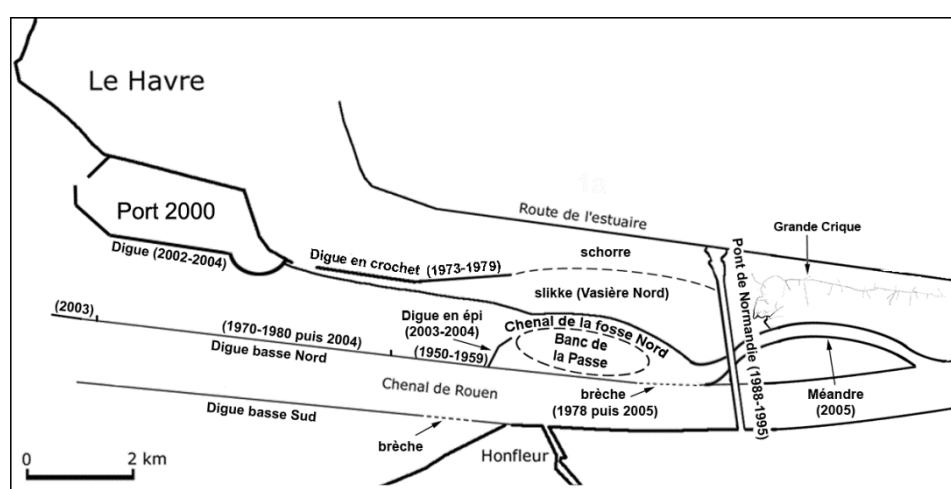


Figure II-1. Chronologie des aménagements réalisés sur la rive droite de l'embouchure de la Seine et localisation des unités ayant fait l'objet d'une cartographie à haute résolution.

Cette technique a également été appliquée à l'amont du pont de Normandie en 1999, 2009 puis dans le cadre de ce programme en 2010 et 2011 afin de suivre l'évolution d'une filandre appelée « Grande Crique ». Cette dernière, présente bien avant la construction du pont de Normandie (figure II-2), a en effet suivi une évolution étroitement liée à la végétalisation et l'anthropisation de la slikke sur laquelle elle serpentait (figure II-3 : Hoyez et Cuvilliez, 1998).



Figure II-2. La Grande Crique. A : le 6 janvier 1978 (photo GPMH) – B : le 5 juillet 2011. La flèche jaune indique la limite distale de la Grande Crique en 1978 (A) et la même position en 2011 (B).

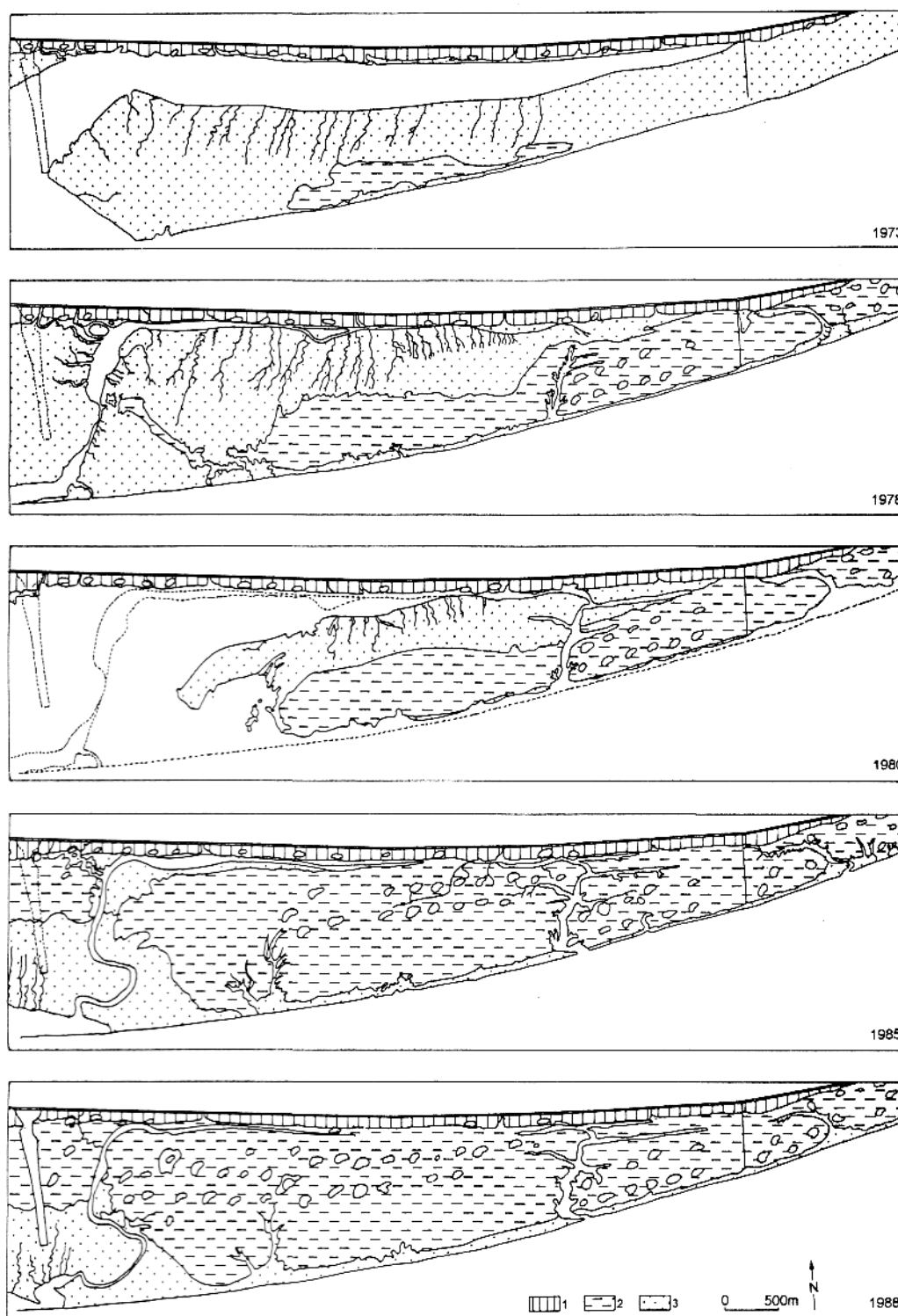


Figure II-3. Evolution de la Grande Crique de 1973 à 1988 (Hoyez et Cuvilliez, 1998)

II-1 Typologie des filandres de la vasière Nord

Dès le début de la réalisation des cartographies à haute résolution, en 1997, une typologie des filandres de la vasière Nord a été établie (Hoyez et Cuvilliez, 1998) puis complétée en 2000 (Hoyez et Cuvilliez, 2001), attribuant à chacune d'elles un nom d'oiseau migrateur. Celles-ci sont classées par ordre alphabétique : de l'Aigrette à l'Est près du pont de Normandie à la Rousserolle à l'Ouest (figure II-4).

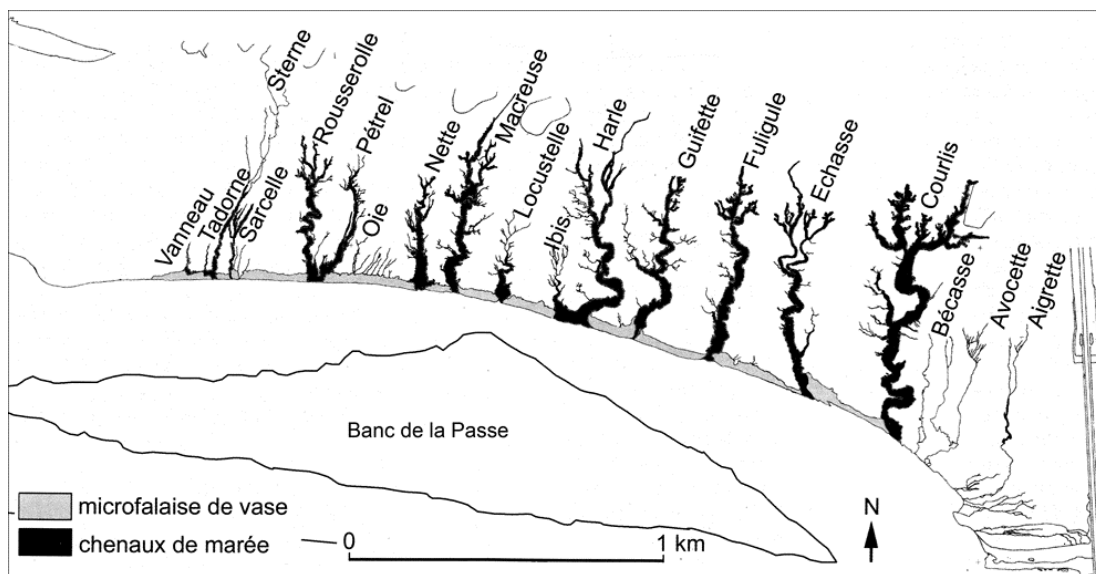


Figure II-4. Typologie des chenaux (Hoyez et Cuvilliez, 2001)

II-2. Evolution de la longueur des filandres majeures de la vasière Nord (Courlis à Rousserolle) : 1997-2011

La cartographie numérique à haute résolution obtenue par télédétection à basse altitude permet de suivre l'évolution de la longueur de toutes les filandres de la vasière Nord. L'étude s'est portée ici sur les principales d'entre elles parce qu'elles étaient pour la plupart pérennes, en l'occurrence, Courlis à Rousserolle (figure II-4) de 1997 à 2011. L'information est extraite des cartographies diachroniques en squelettisant chacun de leur parcours sur la slikke. Ce traitement d'image consiste à réduire à un pixel la largeur du chenal et ceci sur toute sa longueur (le pixel choisi est central par rapport aux berges de la filandre). Le côté du pixel étant connu, la longueur pure de chaque filandre peut ainsi être calculée. La somme des longueurs obtenues pour chaque filandre sur la slikke (Courlis à Rousserolle) chaque année a été rassemblée dans la figure 5.

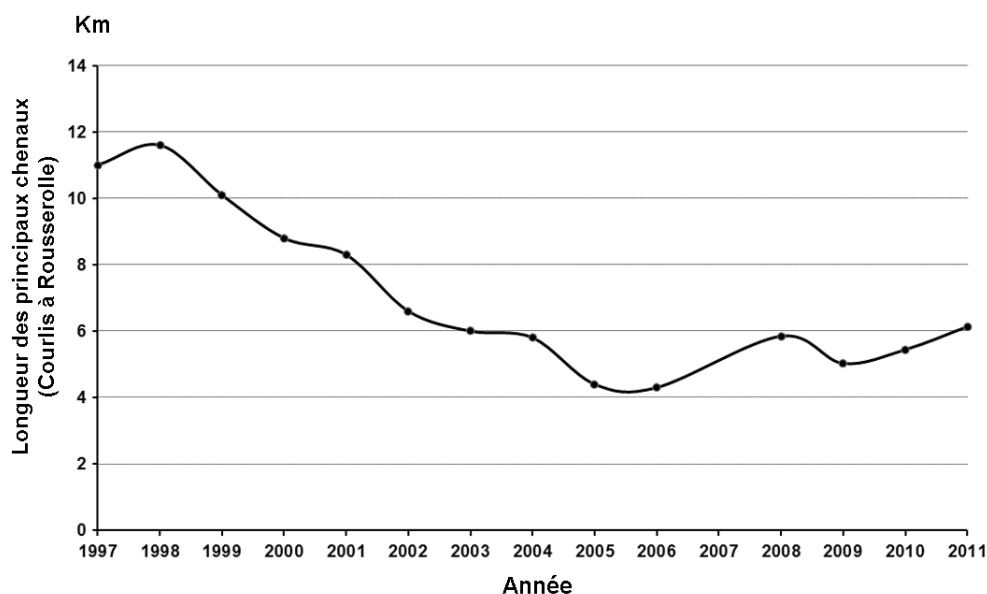


Figure II-5. Longueur totale des chenaux Courlis à Rousserolle sur la slikke de 1997 à 2011.

Deux ensembles d'informations peuvent être extraits de la figure II-5 lorsqu'ils sont mis en relation avec le contexte d'anthropisation (Cuvilliez, 2008 ; Cuvilliez et al., 2009). On observe ainsi une tendance globale ou pluriannuelle de 1^{er} ordre et une évolution selon un pas de temps annuel, de 2nd ordre.

A. Tendance globale

Concernant la tendance globale, deux évolutions s'observent sur la figure II-5. Ainsi, après un bref épisode d'allongement global des filandres (1997-1998) par érosion régressive vers le schorre de la partie distale des filandres Nette à Rousserolle (figure II-2), leur longueur décroît jusqu'en 2006. Cette évolution s'explique tout d'abord par le fait que l'allongement des filandres Nette à Rousserolle jusqu'en 2000 ne compense pas leur érosion basale consécutive aux aménagements qui accentuent la croissance du banc de la Passe vers le Nord et de ce fait modifie la circulation hydraulique dans le chenal de la fosse Nord qui érode intensément la basse slikke (Cuvilliez, 2008 ; Cuvilliez et al., 2009). A partir de 2000, l'érosion de la basse slikke s'accélère dans cette zone de la vasière, suite à un engraissement rapide du banc de la Passe vers le Nord accentué, à partir de 2003, par la construction de la digue en épi qui réoriente également les courants associés au flot (Cuvilliez, 2008). Cette érosion est telle qu'elle conduit à la disparition des grandes filandres, Ibis, Locustelle, Oie et Pétrel (Cuvilliez, 2008). En 2006, seules sept des douze filandres observées en 1997 subsistent.

La seconde période de la tendance globale débute en 2006 et se poursuit encore à l'heure actuelle. Elle consiste en une augmentation de la longueur des principaux chenaux sur la slikke. Cette évolution s'explique par (i) la croissance vers l'Est dans la fosse Nord de bancs sableux à mégarides qui stabilisent la limite Sud de la basse slikke (figure II-6, Cuvilliez et al., 2011) et (ii) le développement rapide de l'arborisation de filandres comme Fuligule par exemple (figure II-7) .

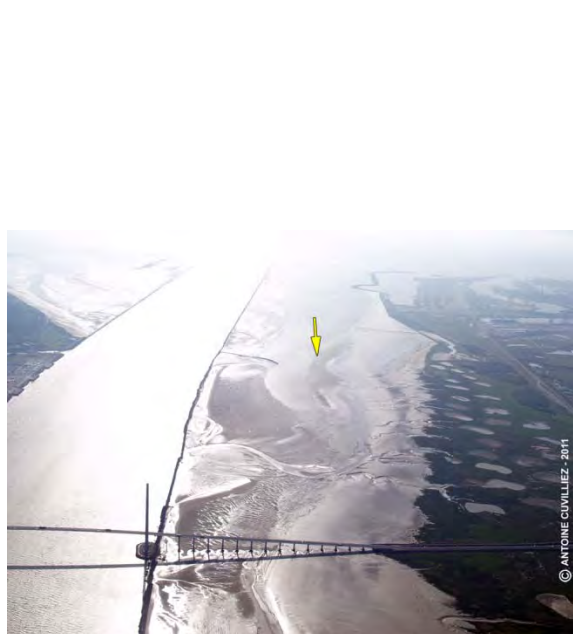


Figure II-6. La fosse Nord en juin 2011. La flèche jaune indique la position des bancs sableux à mégarides en basse slikke.

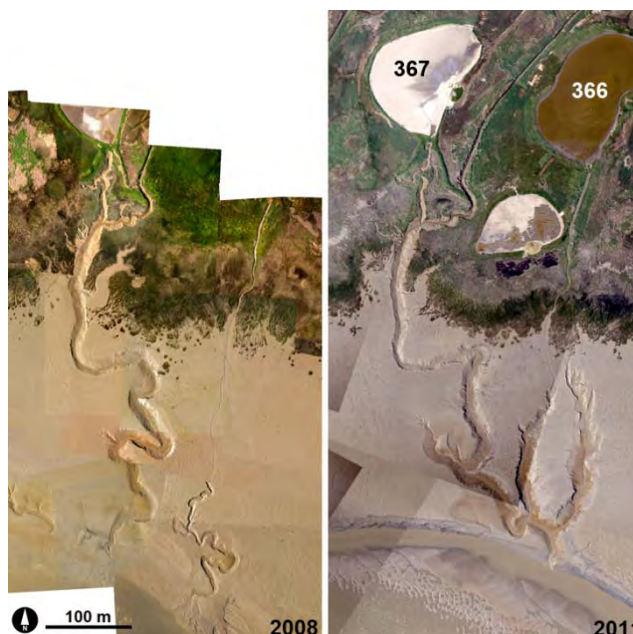


Figure II-7. Divagation de la filandre Fuligule et la capture de la filandre Echasse renaissante.

Cette figure II-7 illustre également le phénomène de divagation importante des chenaux sur la vasière (ici Fuligule) qui favorise la capture de filandres plus petites en cours de croissance. Dans cet exemple, ces dernières correspondent à la renaissance d'Echasse quasiment disparue en 2006 et qui a repris, à partir de cette date, une érosion régressive vers le schorre liée à la création d'un nouveau gabion situé au Sud du gabion N° 366 lui-même de nouveau remis en eau (figure II-7). Les activités anthropiques dans le schorre contribuent donc à la dynamique des filandres estuariennes. Enfin, cette augmentation de la longueur des principaux chenaux est également amplifiée par une phase d'accroissement de leur sinuosité (voir paragraphe II-2B).

B. Evolution selon un pas de temps annuel



Figure II-8. Augmentation de la sinuosité de la filandre Macreuse entre 2009 et 2011

L'étude de l'évolution de la longueur des principales filandres de la vasière Nord menée durant le projet DEFHFIS (figure II-5) révèle des dates périodiques où la longueur des filandres est plus importante sur la slikke (1998, 2001, 2004). Par ailleurs, si l'on fait abstraction de l'intervalle 2005 – 2006 où la tendance à l'érosion dominante de la slikke laisse peu à peu la place à une phase d'accrétion de cette surface par colmatage, on retrouve de nouveau en 2008 un pic de longueur des filandres majeures de la vasière Nord. A ce stade, cette période de trois ans pourrait correspondre au temps nécessaire d'une part pour atteindre la divagation maximale des chenaux (environ un an et demi) et d'autre part au temps nécessaire à la réduction de leur longueur par avulsion (un an et demi). La figure II-8 est un exemple illustrant ce phénomène. Ici, la filandre Macreuse a une sinuosité plus importante en 2011 qu'en 2009. A noter en 2011, l'annonce d'une avulsion (flèche jaune).

Cette hypothèse d'une certaine rythmicité dans l'évolution morphologique d'une filandre sur slikke pourrait être renforcée à l'issue de la cartographie à haute résolution qui sera réalisée à partir de la campagne programmée en mai 2012. Dans ce cas, les résultats obtenus devraient montrer une réduction de la longueur globale de ces chenaux majeurs. Si tel est le cas, il faudra considérer que cette rythmicité est propre au système dans lequel les filandres évoluent, en l'occurrence : le contexte hydrosédimentaire de la fosse Nord de l'estuaire de la Seine.

II-3 Evolution des surfaces totale et sur berge des filandres majeures de la vasière Nord (Courlis à Rousserolle) : 1997-2011

Des travaux antérieurs et voisins de ceux-ci ont été menés sur la période 1997 – 2006 (Cuvilliez, 2008). En résumé, les résultats obtenus permettent de distinguer les périodes d'engraissement des filandres dans la vasière (chenaux étroits avec faibles surfaces) des périodes d'élargissement (réajustement post engraissement avec surfaces plus importantes). Les périodes d'engraissement des chenaux sont à associer aux phénomènes d'érosion de la microfalaie consécutifs aux aménagements dans cette zone et au phénomène post avulsion. L'augmentation de la pente du chenal de drainage consécutive à l'érosion de la limite Sud de la vasière Nord provoque une érosion régressive de la filandre qui induit son engraissement dans la vasière tandis que sa partie distale progresse vers le schorre par réajustement. Cette dernière constatation avait été également faite par Shi et al., 1995 dans l'estuaire de Dyfi (Pays de Galles) et Wang et al., 1999 dans la baie de Jiangsu en Chine.

A. Evolution de la surface totale des filandres sur la vasière Nord (1997-2011)

Le programme Seine Aval 4 a permis la poursuite des études morphosédimentaires des filandres entreprises en 1997 grâce à deux campagnes de télédétection à basse altitude menées en 2010 et 2011. Les résultats obtenus durant ces quatorze dernières années ont été rassemblés dans la figure II-9. Celle-ci montre l'évolution des surfaces de toutes les filandres et des principales d'entre elles (Courlis à Rousserolle) exprimées en Km² et en pourcentage par rapport à la surface totale de la slikke (courbe bleue).

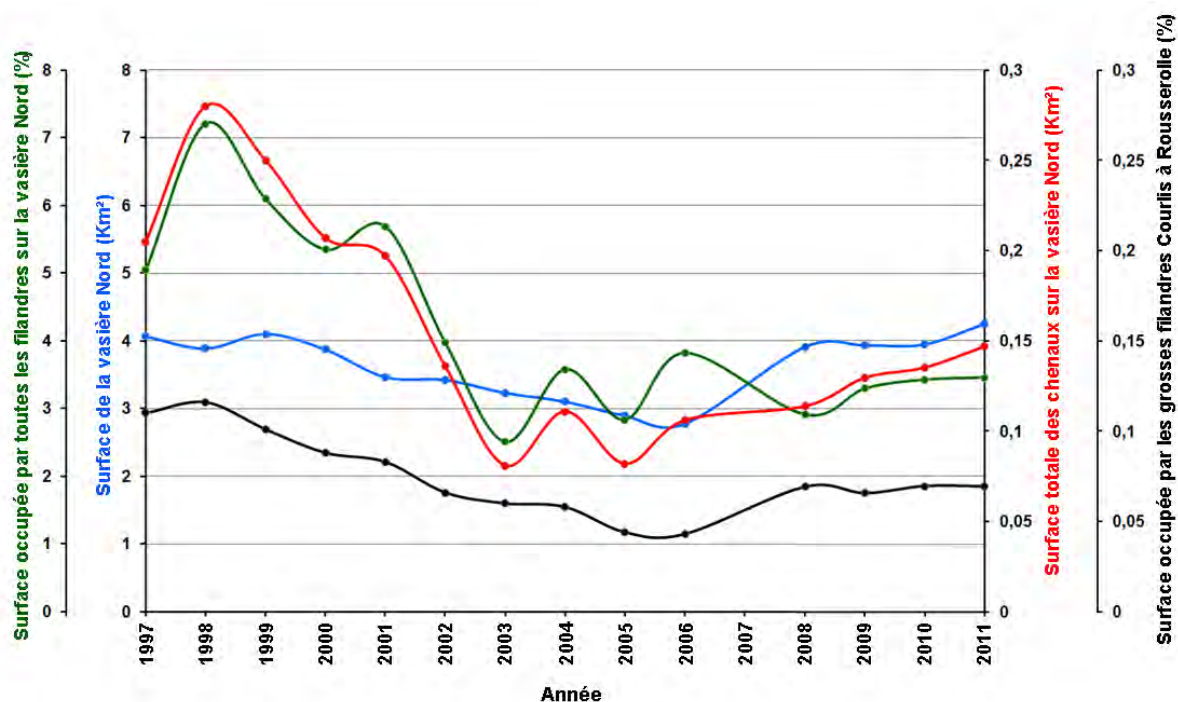


Figure II-9. Evolution de la surface de la vasière Nord (courbe bleue) mise en relation avec les évolutions de la surface occupée par toutes les filandres de la vasière Nord (courbe verte) exprimée en pourcentage, en Km² (courbe rouge) et celle des grandes filandres Courlis à Rousserolle (courbe en noire) exprimée en pourcentage de 1997 à 2011.

La figure II-9 montre tout d'abord une réduction de – 65 % de la surface de la vasière occupée par toutes les filandres entre 1998 et 2003 (courbe verte). Ce phénomène s'explique par la réduction importante de la surface de la vasière (Cuvilliez, 2008 ; Cuvilliez et al., 2009) couplée à une augmentation générale de sa pente passant de 0 à 4 ‰ en novembre 1997 (Lesourd, 2000) à des valeurs comprises entre 7 à 9 ‰ en 2005 (Cuvilliez, 2008). En 2011 cette réduction atteint – 52 % par rapport à l'état de 1998, période considérée comme celle d'un retour à une stabilité morphosédimentaire consécutive à la période de réajustement qui avait suivi la construction du pont de Normandie (Cuvilliez, 2008 ; Cuvilliez et al., 2009). Enfin, notons que l'évolution des surfaces de toutes les filandres (courbe verte) diffère de celle des principales filandres, Courlis à Rousserolle (courbe noire). Ainsi, si l'apparition de nouvelles filandres peut être rapide à l'échelle de la vasière comme par exemples en 2004 et 2006 (courbes rouge et verte), leur disparition peut l'être tout autant. En effet, la divagation et le comblement du chenal de la fosse Nord contrôle la vitesse et les modalités d'érosion de la surface de la vasière (érosion franche ou par troncature) jusqu'en 2005. Depuis 2006, l'accélération de ce comblement couplée à l'extension de bancs sableux à mégarides sur son flanc Nord limitent son action sur la vasière ce qui contribue à stabiliser les filandres naissantes sur la slikke.

L'évolution de la surface occupée par les principales filandres sur la vasière Nord (courbe noire) suit une tendance et une périodicité comparable à celle définie avec l'évolution de leur longueur (paragraphe II-1 B). En effet, tout raccourcissement traduit soit (i) une avulsion, donc un chenal de recoupement étroit avec une faible surface et/ou (ii) une diminution de la longueur de la filandre par érosion ôtant donc une surface proportionnelle au linéaire disparu. Notons toutefois qu'en 2011 on observe un amortissement de l'augmentation de la surface de ces filandres qu'il faut associer à une pente générale de la vasière importante (voir valeur partenaires DEFHFIS). Cette topographie accélérant le drainage de l'eau dans les filandres retarde le réajustement qui s'exprimait auparavant par un élargissement des chenaux et augmentait de ce fait leur surface.

La Grande Crique (figure II-2) a fait l'objet pour la première fois d'une cartographie à haute résolution dans le cadre du projet DEFHFIS à la suite de la campagne de télédétection à basse altitude du 5 juillet 2011. La longueur totale de la filandre principale bornée à la limite observée en 1978 (figure II-2A) atteint 6,193 Km dont 0,697 Km sur la slikke. Avec ses ramifications secondaires dans le schorre, elle atteint 16,75 Km. La surface totale du chenal principal est de 0,041 Km² et si l'on intègre la surface de son arborescence dans le schorre elle atteint 0,066 Km².

B. Evolution de la surface sur berge des filandres majeures de la vasière Nord (Courlis à Rousserolle) : 2008-2011

La cartographie à haute résolution permet de suivre avec précision la structure des berges, leur sinuosité à l'échelle infra-métrique. Dans le cadre du projet DEFHFIS, une étude a été menée à partir des campagnes de télédétection à basse altitude réalisées sur la vasière Nord pour la période 2008-2011. La figure II-10 rassemble les résultats obtenus, en l'occurrence les linéaires de berge des principaux chenaux (Courlis à Rousserolle) sur la slikke (courbe bleue) et les linéaires de berge dans le schorre de ces filandres (courbe verte). La stabilité de cette dernière s'explique d'une part par une stabilisation de la morphologie des berges par la végétation et d'autre part par une terminaison fixe qui est définie par leur connexion aux gabions. Ces mesures ont été mises en relation avec les surfaces de ces mêmes filandres sur la slikke (courbe rouge) et dans le schorre (courbe orange). Là aussi, la surface

des filandres dans le schorre évolue peu pour les mêmes raisons que celles qui règlent le linéaire des berges dans ce milieu.

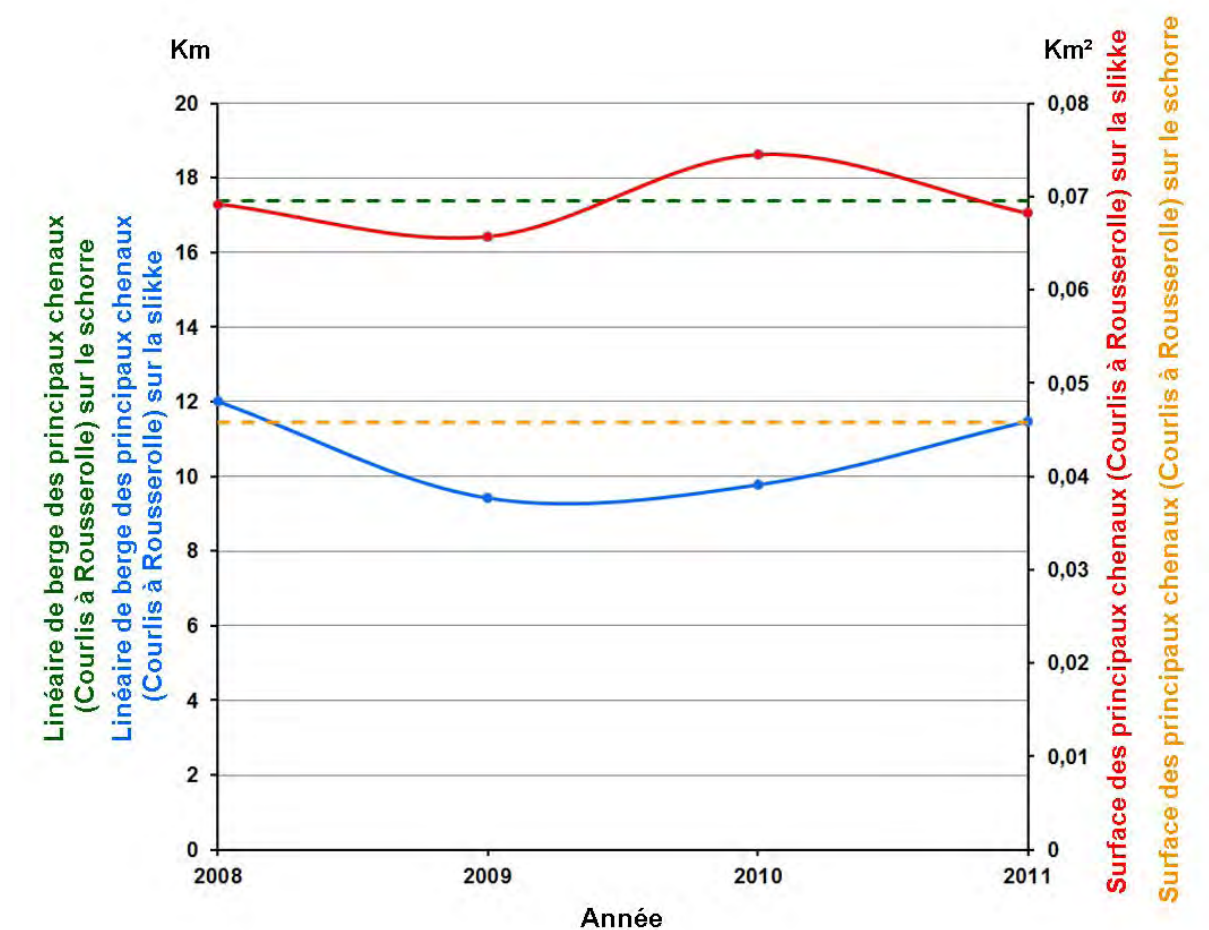


Figure II-10. Linéaires et surfaces des principales filandres (Courlis à Rousserolle) sur la slikke et le schorre entre 2008 et 2011.

Ces résultats, remis à l'équipe de DEFHFIS, seront exploités dans une autre thématique.

En conclusion, les filandres forment un ensemble extrêmement dynamique. Leur évolution morphologique répond à différents forçages propres au système dans lequel elles se situent. Dans le cadre du projet DEFHFIS, cette étude menée dans la fosse Nord de l'embouchure de l'estuaire de la Seine a permis de définir et de souligner l'importance des forçages qui contrôlent cette dynamique. Ceux-ci sont : (1) la topographie de la slikke, (2) la localisation de ces filandres sur la slikke (longitude) qui les positionne différemment par rapport aux aménagements (pont de Normandie, digue en épi) ou au banc de la Passe ainsi que (3) la morphologie de la limite Sud de la slikke (avec ou sans microfalaise). Leur dynamique morphosédimentaire est également conditionnée par (4) le chenal de la fosse Nord (courbure, tirant d'eau et section mouillée) jusqu'en 2005 puis (5) la présence de bancs sableux à mégarides ainsi que par (6) les activités anthropiques dans le schorre (drainage et entretien des gabions). Si l'importance de ces six forçages varie au cours du temps, c'est la somme de leur action respective qui conditionne l'évolution morphosédimentaire globale des filandres de la fosse Nord.

Bibliographie

- Cuvilliez, A., 2003. Morphodynamique actuelle d'une vasière estuarienne intertidale. Cas de la Grande Vasière de l'estuaire de la Seine. Couplage de la télédétection basse altitude et de l'altimétrie à haute résolution, *Mémoire de DEA, Université de Rouen*, 34 p.
- 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, 270 pages.
- Cuvilliez, A., Deloffre, J., Lafite, R., Bessineton, Ch., 2009. Morphological responses of an estuarine intertidal mudflat to constructions since 1978 to 2005: The Seine estuary (France), *Geomorphology*, vol. 104, n° 3-4, p. 165-174
- Cuvilliez, A., Lafite, R., Deloffre, J. Impacts anthropiques sur les dynamiques morphologiques et sédimentaires d'une slikke dans un estuaire macrotidal : le cas de l'estuaire de la Seine (1978 – 2010). XIII^{ème} congrès français de sédimentologie (ASF), 14-16 novembre 2011, Dijon (France). *Présentation orale*
- Eisma, D., 1998. Intertidal deposits. River mouths, tidal flats and coastal lagoons. *CRC Marine science series. M. Kennich & P. Lutz eds.*, 525 p
- Hoyez, B., Cuvilliez, A., 1998. Plage, dune et vasière de l'estuaire Nord de la Seine. *Annales de la Société Géologique du Nord*, tome 6, 2ème série, p 113 – 126.
- Hoyez, B., Cuvilliez, A., 2001. La Grande Vasière de l'estuaire de la Seine: typologie et cartographie. *Bulletin de la Société Géologique de Normandie et des Amis du Muséum du Havre*, 88, p. 36.
- 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, 290 p.
- Shi Z., Lamb H .F., Collin R.L., 1995. Geomorphic change of saltmarsh tidal creek networks in the Dyfi Estuary, Wales. *Marine Geology*, 128, 73-83.
- Wang, Y.P., Zhang, R.S., Gao S., 1999. Geomorphic and hydrodynamic responses in salt marsh-tidal creek Systems, Jiangsu, China. *Chinese Science Bulletin*. 44(6), p 544-549.
- Whitehouse, R. J. S., Bassoullet, P., Dyer, K. R., Mitchener, H. J., Roberts, W., 2000, The influence of bedforms on flow and sediment transport over intertidal mudflats: *Continental Shelf Research*, 20, p. 1099-1124.