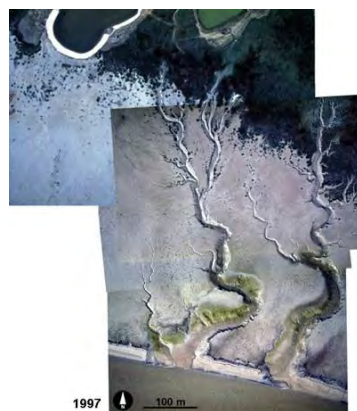


# Rapport Seine-Aval 4



## DEFHFIS

Dynamique des écosystèmes et  
fonctionnement hydromorphologique  
des filandres en Seine



Lesourd S., Bessineton C., Carpentier A., Chouquet B., Cuvilliez A.,  
Duhamel S., Julve P., Lecarpentier T., Marion C., Morel F.



Octobre 2012



GIP Seine-Aval  
Pôle Régional des Savoirs  
115 Bd de l'Europe  
76 100 - Rouen

tel : 02 35 08 37 64  
<http://www.seine-aval.fr>

## Équipes impliquées

Nombre d'équipes impliquées : 9

### Equipe 1

Laboratoire : UMR 6143 M2C Morphodynamique Continentale et Côtière, Université de Caen Basse-Normandie

Laboratoire pour la convention : LOG UMR 8187 -ULCO Université du Littoral Côte d'Opale – MREN Wimereux.

Responsable scientifique et Coordination du projet:

SANDRIC LESOURD MCF [sandric.lesourd@unicaen.fr](mailto:sandric.lesourd@unicaen.fr)

Collaborateur : UMR 6143 Morphodynamique Continentale et Côtière  
Patrick LESUEUR, - M2C UMR 6143 –Université de CAEN

Chercheurs (ou équivalents) permanents : ANTOINE GARDEL LOG , MCF

Stagiaire : Claire Rouzé

Programmation instrument et traitement : Vincent Sipka, IE LOG.

### Equipe 2

Laboratoire : **C. Bessineton, expert indépendant**

Responsable scientifique : CHRISTOPHE BESSINETON [bessineton.christophe@neuf.fr](mailto:bessineton.christophe@neuf.fr)

### Equipe 3

Laboratoire : **Cellule de Suivi du Littoral Normand (CSLN)**

#### Equipe Poissons

Responsable scientifique : SYLVAIN DUHAMEL [sylvain.suhamel@csln.fr](mailto:sylvain.suhamel@csln.fr) Coordinateur actions "poissons" Ingénieur biologiste

Chercheurs (ou équivalents) permanents : Gwenola De Roton ([gwenola.de-roton@csln.fr](mailto:gwenola.de-roton@csln.fr))

Ingénieur biologiste, Sandrine Laurand

Techniciens Camille Hanin, Pierre Balay, Céline Vignot

Stagiaires 1 Stagiaire BTS en alternance : BTS et 1 stagiaire M1

#### Equipe Benthos

Responsable scientifique : Bastien CHOUQUET [bastien.chouquet@csln.fr](mailto:bastien.chouquet@csln.fr)

en remplacement de Sandrine LAURAND Coordinateur actions "benthos", Ingénieur biologiste, écologie benthique

Chercheurs (ou équivalents) permanents : Chloé Dancie ([chloe.dancie@csln.fr](mailto:chloe.dancie@csln.fr))

Techniciens : Camille Hanin : Echantillonnage / détermination, Séverine Dubut : Echantillonnage / détermination, Delphie Le Thoer : Echantillonnage / tri ; Technicien en CDD : tri.

Collaborateur : Jérôme Jourde, expert indépendant

### Equipe 4

Laboratoire : **Laboratoire Ondes et Milieux Complexes (LOMC UMR 6294)**

Responsable scientifique : ANTOINE CUVILLIEZ MCF [antoine.cuvilliez@univ-lehavre.fr](mailto:antoine.cuvilliez@univ-lehavre.fr)

Chercheurs (ou équivalents) permanents François MARIN

Techniciens Anne BANVILLE

### Equipe 5

Laboratoire : **Maison de l'Estuaire, Réserve Naturelle Nationale de l'Estuaire de la Seine, observatoire de l'avifaune (MdE)**

Responsable scientifique : Thomas LECARPENTIER [thomas.lecarpentier@maisondelestuaire.org](mailto:thomas.lecarpentier@maisondelestuaire.org)  
en remplacement de CHRISTOPHE AULERT

Techniciens : David HEMERY, Damien ONO DIT BIOT

### **Equipe 6**

Laboratoire : **Groupe Ornithologique Normand (GONm)**

Responsable scientifique : Franck MOREL [franck.morel2@club-internet.fr](mailto:franck.morel2@club-internet.fr)

Suivis de terrain : Franck MOREL, Yannick JACO, Bédouard LHOMER, Virginie RADOLA, Fabrice GALLIEN, James JEAN BAPTISTE (Chargés d'études salariés du GONm), Frédéric BRANSWICK (Observateur bénévole du GONm)

Analyse et rédaction : Franck MOREL chargé d'études

Cartographie : Vottana TEP sigiste

Relecture : Gérard DEBOUT (Président du GONm), Frédéric BRANSWYCK (Vice Président Haute-Normandie), Sophie AKERMANN

### **Equipe 7**

Laboratoire : **CNAM INTECHMER**

Responsable scientifique : MARION Claire [claire.marion@cnam.fr](mailto:claire.marion@cnam.fr)

Chercheurs (ou équivalents) permanents : MURAT Anne, MEAR Yann, POIZOT Emmanuel

Technicien stagiaire

Collaborateur : THOMAS Malcolm Université de Glamorgan ; DISNAR Jean Robert, Université d'Orléans

### **Equipe 8**

Laboratoire : **Laboratoire Environnement et Santé Université Catholique de Lille**

Responsable scientifique : JULVE Philippe [philippe.julve@ucl-lille.fr](mailto:philippe.julve@ucl-lille.fr)

### **Equipe 9**

Laboratoire : **URU 420 Université de Rennes I Resp A. carpentier**

Responsable scientifique : Alexandre Carpentier, Université de Rennes / Cresco Maître de Conférences, écologie, co-responsable des travaux sur les poissons ([acarpentier@mnhn.fr](mailto:acarpentier@mnhn.fr))

Chercheurs (ou équivalents) permanents : Julien Pétillon, Post doctorant. Identification des réseaux trophiques, Jean Marc Roussel. Chargé de Recherche INRA. Interprétation et conseil technique pour les analyses isotopiques.

Chercheurs (ou équivalents) contractuels : Thibaut Nebout. Ingénieur d'étude. Réalisation des échantillonnages ichtyologiques et isotopiques

Techniciens : Julien Guillaudeau. Echantillonnage, Jezabel Lamoureux. Echantillonnage

## **Remerciements**

Nous tenons à remercier la Cellule de Suivi du Littoral Normand pour avoir tenu lieu de base arrière lors des missions typologie, et particulièrement Camille HANIN, Capitaine de la vedette océanographique de la CSLN, "L'Eclat". La maîtrise de la navigation dans ces milieux délicats, du point de vue de l'étroitesse et de la faible profondeur d'eau, ont permis en effet de mener à bien l'ensemble des prélèvements prévus dans le cadre de DEFHFIS.

Merci également à l'équipe de choc du GIP Seine Aval, et notamment les spécialistes du SIG (Nicolas Bacq, Cédric Fisson), pour le SAV, mais aussi pour le calcul des paramètres morphologiques déterminés à partir des données LIDAR.



## SOMMAIRE

Le projet DEFHFIS réunit 9 partenaires et autant de spécialités scientifiques. Par souci de cohérence, le rapport est scindé en 8 parties. La partie I est le rapport DEFHFIS ; elle comporte la synthèse des résultats de l'ensemble des partenaires DEFHFIS, les données de typologie des filandres et la conclusion du projet. Les parties suivantes sont les rapports par thèmes et/ou par équipes, annexes de la partie I.

**PARTIE I – Synthèse des apports du projet DEFHFIS.** Sandric LESOURD (coordinateur, M2C Caen) et équipe DEFHFIS.

- |  |                    |
|--|--------------------|
| - Introduction et objectifs de DEFHFIS | Pages I-1 à I-7    |
| - Les apports de DEFHFIS               | Pages I-8 à I-31   |
| - Typologie                            | Pages I-31 à I-36. |
| - Synthèse, discussion                 | Pages I-36 à I-44  |
| - Conclusion                           | Pages I-45.        |

**PARTIE II – Evolution morphosédimentaire des filandres de la vasière Nord et Grande Crique (1997 -2011).** Antoine CUVILLIEZ, LOMC  
Pages II-1 à II-9

### **PARTIE III**

**Sédimentologie, dynamique sédimentaire et Géochimie**

- IIIa . La sédimentologie des filandres de l'estuaire de la Seine - Aspect physique  
Sandric LESOURD, M2C Université de Caen - Pages IIIa-1 à IIIa-44
- IIIb La sédimentologie des filandres de l'estuaire de la Seine - Aspects hydro-sédimentaires et géochimiques  
Claire MARION, CNAM INTECHMER - Pages IIIb-1 à IIIb-21

### **PARTIE IV - Hydrologie et Morphologie**

- IVa - Hydrologie-Morphologie - Occupation du sol - Activités humaines. Christophe BESSINETON, expert indépendant  
Page IVa-1 à IVa-44
- IVb - Hydrologie des zones amont. Thomas LECARPENTIER, MdE  
Pages IV-1 à IV-61

**PARTIE V – Habitats et végétation.** Philippe JULVE, ICL  
Pages V-1 à V-15.

**PARTIE VI – Ichtyologie.** Sylvain DUHAMEL, CSLN ; Alexandre CARPENTIER, URU 420 Rennes 1/CRESCO)  
Pages VI-1 à VI-61.

**PARTIE VII - Étude des communautés zoobenthiques des chenaux des filandres et des communautés d'invertébrés terrestres du schorre associé.** Bastien Chouquet, CSLN  
Pages VII-1 à VII-82

**PARTIE VIII - Suivis ornithologiques de fin avril 2010 à décembre 2011 et analyse bibliographique.** Franck Morel, GONm  
Pages VIII-1 à VIII-81.

## Table des matières

I-1. INTRODUCTION ET OBJECTIFS DE DEFHFIS.....	1
I-1-1 Contexte de l'étude.....	1
I-1-2 Définition d'une filandre.....	2
I-1-3 Sites d'études.....	4
I-2. LES APPORTS DE DEFHFIS.....	8
I-2-1 Évolution morphologique de la partie aval.....	8
I-2-2. Morphologie et hydrologie.....	9
I-2-3 Sédimentologie.....	15
I-2-4 Qualité de l'eau et géochimie.....	17
I-2-5 Ornithologie.....	20
I-2-5-1 Analyse bibliographique.....	20
I-2-5-2 données DEFHFIS.....	21
I-2-5-3 Quelques particularités.....	22
I-2-5-4 Étude des passereaux en période nuptiale.....	23
I-2-6 Étude des communautés zoobenthiques des chenaux des filandres et des communautés d'invertébrés terrestres du schorre associé.....	23
I-2-7 Ichtyologie.....	26
I-2-7-1. Typologie des assemblages d'espèces dans l'estuaire de la Seine.....	26
I-2-7-2 Approche comparative de la fonctionnalité des filandres avec la Baie du Mont St Michel.....	28
I-2-7-2-1 Assemblages d'espèces, guildes d'usage et croissance des juvéniles.....	28
I-2-7-2-2 Tentative de reconstitution des réseaux trophiques de divers types de filandres en baie de Seine et comparaison avec la baie du Mont St Michel.....	29
I-2-8 Végétation.....	31
I-3. TYPOLOGIE DES FILANDRES.....	31
I-4. SYNTHÈSE.....	36
I-5. DISCUSSION .....	39
I-6. LES PRINCIPAUX ACQUIS DE DEFHFIS.....	43
CONCLUSION.....	46

## I-1. INTRODUCTION ET OBJECTIFS DE DEFHFIS

### I-1-1 Contexte de l'étude

Le projet DEFHFIS vise à étudier le fonctionnement des filandres de l'aval de l'estuaire, d'un point de vue morphologique et écologique. Il porte sur la typologie des filandres, le fonctionnement hydrodynamique, leur évolution, les interactions entre les aspects morphologiques et biologiques (types d'habitats, zoobenthos, poissons, oiseaux) les flux de matière organique et les fonctions que ces systèmes assurent. Il approche également les interactions anthropiques en rapport avec l'évolution de ces systèmes.

Ce projet s'inscrit dans la thématique des actions VIII "dynamique de l'utilisation des habitats estuariens par les poissons et les oiseaux" et X "L'écosystème filandre" de l'appel à projet. Il concerne directement les thèmes "restauration et reconquête" et "système d'observation". Des connexions sont envisageables avec le thème I conséquences du changement climatique notamment son action 1-2 et le thème II, Eutrophisation et capacité d'épuration de l'estuaire.

Notons par ailleurs que le projet comporte des actions communes avec le projet COLMATAGE, notamment en ce qui concerne la (1) bancarisation des données (zones intertidales), (2) l'étude morphologique de la vasière nord par l'équipe 4 (LOMC) qui sera ainsi mutualisée sur les 2 projets et (3) l'étude ichtyologique. Le projet utilise en outre les données LIDAR acquises par le GIP SEINE AVAL.

Le projet s'articule autour de 2 grands axes

- Etablissement d'une typologie des filandres de l'estuaire de la Seine. Cette typologie se base sur une cartographie morphologique détaillée (Equipe 4, LOMC), incluant les données LIDAR en cours d'acquisition par le GIP, complétée par des données biologiques (benthos, ichtyologie, avifaune) qui seront compilées. Cette problématique nécessite un complément de données hydrologiques (turbidité, salinité) qui ont été acquises.

- Caractérisation du fonctionnement hydro-morphologique et biologique des systèmes filandre sur 2 sites ateliers dont le choix est justifié ci-après. Ces investigations de terrain comprennent des prélèvements de poissons et benthos, ainsi que des mesures hydrosédimentaires : courantologie, sédimentologie de faciès, mesure des flux de carbone organique. 4 campagnes ont été réalisées, conformément aux prévisions (juillet 2010, février 2011, juillet 2011 et septembre 2011, tableau I-1). Ces dates permettent de tenir compte du forçage du débit fluvial et de palier aux variabilités saisonnières interannuelles. Ces 4 campagnes sont raisonnables du point de vue de la pression d'échantillonnage tout en caractérisant le cycle sédimentaire de la vasière, tels qu'il a pu être décrit dans les études antérieures.

Il est à noter que le terrain est particulièrement délicat, notamment en ce qui concerne l'accessibilité, et que l'utilisation des moyens nautiques, forcément légers (fond plat), est très contrainte par les aléas météorologiques. Il n'y a eu cependant aucun incident à déplorer. Les moyens nautiques sont ceux de la CSLN, la vedette océanographique "L'Eclat", piloté par Camille Hanin.

Missions	Date	Filandres échantillonnées	Coef min -max	Sédiment : nb prélèvements	CTD
Typologie juillet 2010	12 - 15 juillet 2010	Tous	81-100	47	46
Typologie février 2011	19 - 22 février 2011	Tous	89 -115	51	47
Typologie juillet 2011	02 - 05 juillet 2011	Tous	84 -90	49	48*
Typologie septembre 2011	27 - 30 septembre 2011	Tous	98 -115	49	51

Tableau I-1. Liste des missions typologie

\* données salinomètre

Les questions posées sont :

- Quels sont les filandres les plus intéressants du point de vue de l'écologie ? Quelles sont leurs caractéristiques morphologiques, hydrologiques et biologiques (biomasses faunistiques et floristiques - Quelles sont les interactions entre les habitats, leurs modes de gestion et le fonctionnement des filandres ?
- Quels sont les critères régissant le bon fonctionnement écologique d'une filandre ?
- De quelle manière les filandres sont-elles anthropisées ?
- Quel est le fonctionnement hydromorphologique d'une filandre, de son initiation à sa disparition ?
- Quel est la contribution des filandres aux cycles biologiques des espèces estuariennes ?-
- Quelles sont les contributions des filandres aux apports en matière organique à l'estuaire. ?
- Quelles sont les recommandations pour une restauration des systèmes filandres ?

Cette dernière question s'articule autour des perspectives suivantes :

Restauration de zones de balancement de marée dans l'estuaire de la Seine, détermination des potentialités de différents secteurs, reconnections d'annexes hydrauliques au lit mineur, et reconnaissance des impacts hydrauliques grâce au modèle conceptuel.

### I-1-2 Définition d'une filandre

Une filandre est un système de chenaux latéraux au chenal principal d'un estuaire et situé dans une zone soumise à la marée. Son développement varie de quelques dizaines de mètres de long et quelques mètres de large à plusieurs centaines de mètres de long et 50 à 100 m de large. Etroit en amont, les filandres s'élargissent vers l'aval (la filandre "Guifette" était large 140 m en juin 2001). Ces filandres sont des chenaux d'alimentation et de vidange de zones intertidales latérales plus ou moins importantes qui font partie intégrante du système hydraulique. Leur forme est généralement ramifiée, bien que certaines (les plus courtes) peuvent être rectilignes.

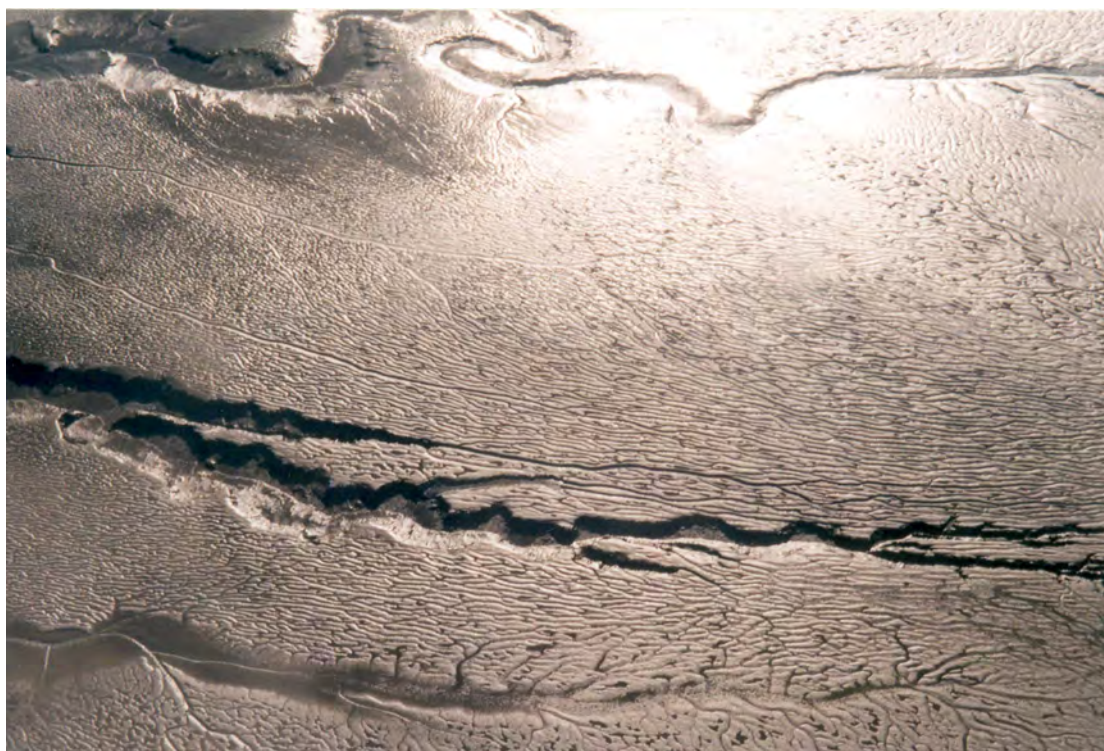
Les filandres sont noyées à marée haute (5 m de profondeur en vive-eau pour Tignol), et totalement exondées à basse mer, bien que souvent subsiste un mince filet d'eau en écoulement, lié à la vidange des eaux superficielles de la vasière ou même à des écoulements continentaux.

Dans l'estuaire de la Seine, ces systèmes existent sur l'ensemble de la zone soumise à la marée, depuis l'amont de Rouen jusqu'à la mer. Ils sont cependant plus développés dans la partie aval. Il y a actuellement 54 filandres sur la rive Nord, 2 sur la rive Sud et 4 associés à la Risle. La surface totale de ces filandres représente 47 hectares, soit une moyenne de 0,84 hectares par filandre (données GIP Seine Aval).

Les filandres sont formées à partir des écoulements marins (jusant) ou continentaux. Si certaines filandres sont la prolongation d'un écoulement en provenance des zones humides connexes (Tignol, Grande Crique), elles peuvent de former au sein de la slikke, à partir des eaux de jusant qui structurent la superficie de la vasière en un chevelu "ridge and runnels" (figure I-01). Ces sillons



superficiels, suite à leur confluence, finissent par concentrer les écoulements ; une fois le mécanisme activé, l'érosion fait le reste en entaillant la surface de la vasière de plus en plus profondément.



*Figure I-01. Une image oblique de la filandre Nette en juillet 1997. On y voit nettement le chevelu "ridge and runnels" dont la confluence initie des filandres. Photo S. Lesourd.*

Du point de vue morphologique, la partie amont des filandres, pouvant être positionnée initialement en slikke, finit, par érosion régressive, par entailler la totalité de la slikke puis le schorre. La limite amont des filandres est, en estuaire de Seine, "bloquée" par l'anthropisation. Si cette anthropisation se manifeste par les digues (route de l'estuaire), elle prend plus souvent la forme d'un captage par les mares de chasse, sous forme d'aménagements destinés à leur alimentation en eau (figure I-02). En partie aval des filandres (connexion avec le chenal), 2 cas de figure se rencontrent, liés à la morphologie de la vasière (microfalaise ou non). Dans le cas d'une microfalaise, les filandres forment de vastes embouchures bien marquées (figure I-02) ; dans le cas d'une topographie en pente régulière, l'embouchure est nettement moins marquée, la largeur de la filandre diminuant au fur et à mesure de la diminution de l'altitude (figure I-02).



Figure I-02. La filandre Harle en 1997 et 2011. A noter la capture d'une filandre en amont par les mares de chasse, et la morphologie de la partie terminale de la filandre, large et évasée dans le cas d'une microfalaise (1997), moins marquée dans le cas d'une pente régulière (2011). Document A. Cuvilliez.

Un regain d'intérêt pour les filandres se manifeste dans le contexte de la restauration des milieux dans l'estuaire aval. Elles constituent des surfaces non négligeables de vasières intertidales dans un contexte où ces surfaces sont en constante diminution, et constituent des connexions entre l'axe fluvial et différentes annexes hydrauliques de la plaine alluviale.

Les fonctions des filandres sont encore peu connues. Sans être exhaustif, les principales sont les suivantes : Les filandres ont des fonctions hydrologiques, connexion d'annexes hydrauliques à l'axe fluvial en zone soumise à la marée, circulation des espèces animales et végétales, stockage et destockage de vases en fonction du régime fluvial, zones de production de zoobenthos importante pour les réseaux trophiques des oiseaux et des poissons (nourriceries) zones de refuge pour les poissons. Le projet DEFHFIS apporta des réponses quant à ces fonctionnalités.

### I-1-3 Sites d'études

En ce qui concerne la partie "typologie des filandres", l'ensemble des principales filandres de l'estuaire de Tancarville à l'aval (Rive nord et rive sud) a fait l'objet d'un échantillonnage. Les filandres étudiées dans le cadre des missions typologie sont (figure I-03).

- pour la partie Vasière nord, 2 filandres ont été choisies de part et d'autres de Harle, site atelier, un plus en Aval (Rousserolle) et Fuligule, plus en Amont.
- pour la partie rive nord, en amont du Pont de Normandie les filandres choisies sont les plus importantes en taille (et donc navigables) : Grande Crique (site atelier), Vasière artificielle, Tignol, Estacade et Hode.
- pour la partie rives sud, les filandres sont moins nombreuses. Il s'agit de la Crique à Connard, et de celles rejoignant la Risle ; parmi celles ci ont été choisies le Canal de Retour et 2 filandres sur la rive droite de la Risle, RD 2 et RD 3, parmi les 3 existantes. En ce qui concerne la Risle, elle a été échantillonnée de la même manière que les filandres, ne serait ce que pour ne pas dissocier les filandres de la Risle du chenal principal.

Les aspects morphologiques sont étudiés sur l'ensemble des filandres, pour introduire dans la typologie une plus grande variété de structures. De nouvelles données ont été acquises (turbidité, salinité) afin de compléter les sets de données.





Figure I-03. Localisation des filandres explorées lors des campagnes DEFHFIS/Typologie) Orthophoto GPMH, délimitation des filandres MdE

Les nouvelles campagnes de prélèvement et notamment les aspects biologiques (benthos, poisson, oiseau) se concentreront sur deux systèmes particuliers, la "Grande Crique" en amont du Pont de Normandie, et la crique "Harle" en aval du Pont de Normandie (figure I-04).

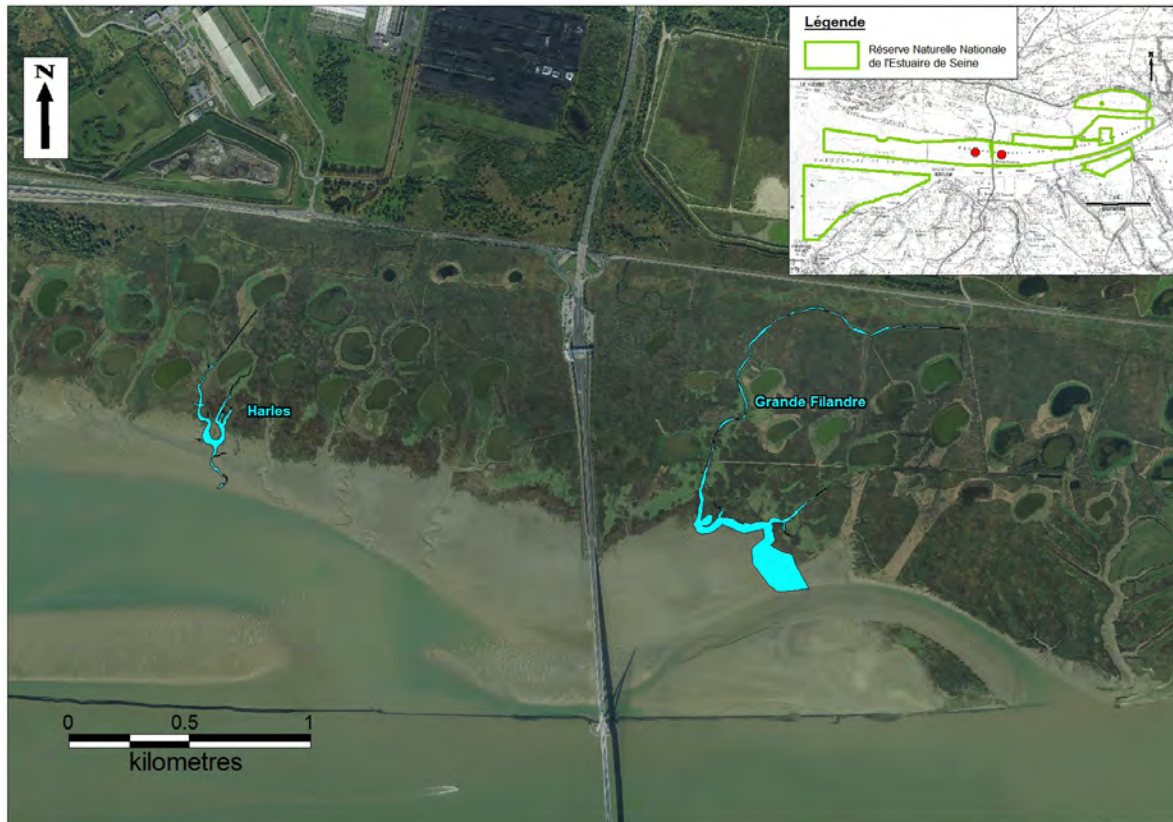
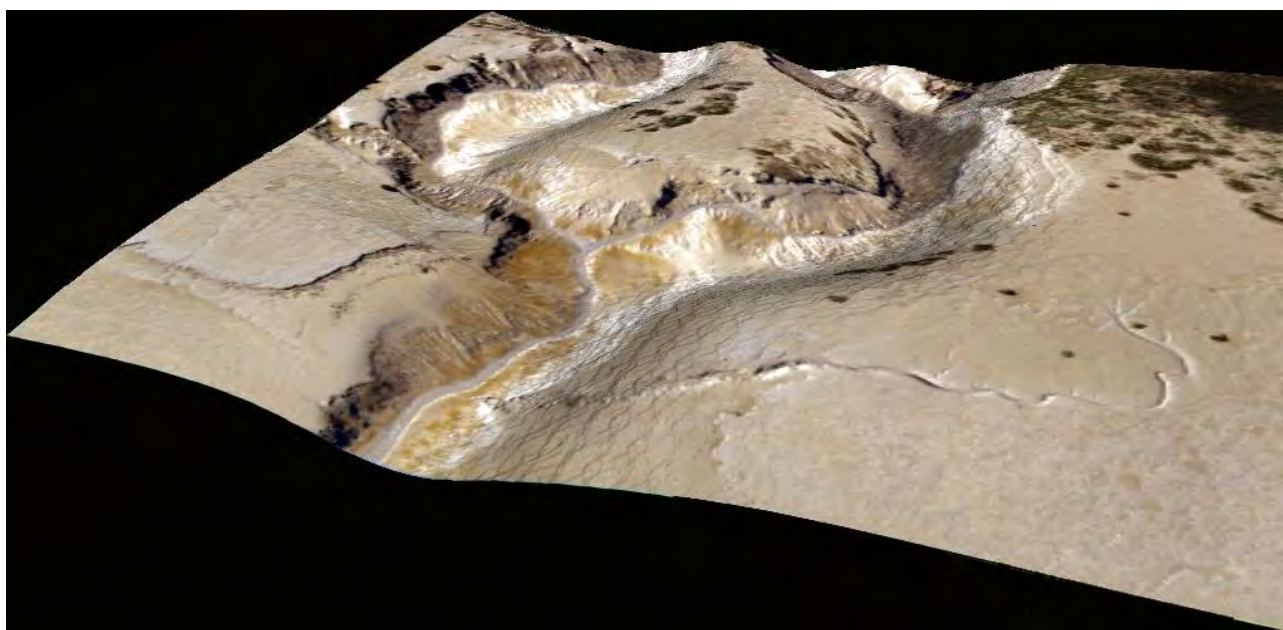


Figure I-04. Localisation des sites ateliers : Filandre "Harle et "Grande Crique" (autrement nommée "grande filandre"). Document MdE.

Ces deux sites ont été choisis sur une longue expérience de terrain des membres du projet. Ils comportent les avantages suivants :

- Chacun de ces sites sont caractéristiques (1) d'un système schorre-slikke encore actif en estuaire de Seine, et (2) d'une zone estuarienne particulière :
  - En aval du pont de Normandie, la morphologie de la vasière est relativement naturelle (système "schorre/slikke/chenal Nord") sans discontinuité liée à un aménagement ; elle est en pleine évolution morphologique (réduction significative des surfaces de slikke).
  - En amont du pont un système forcé par les aménagements (digues et seuils limitant les entrée d'eau)
- il existe sur ces zones un nombre significatif de données morphologiques, sédimentologiques, et faunistiques (benthos, poissons, avifaune) ce qui permet une meilleure compréhension par retour d'expérience des écosystèmes filandres et de leur évolution. Cela permet en outre de limiter les efforts financiers.
- Le site "Grande Crique" se positionne nettement dans une thématique "restauration", de part sa localisation géographique (près de la vasière artificielle) et de ses dimensions
- Le site Harle est très emblématique de la dynamique des filandres de l'aval. Assez immature (il est actuellement encore en cours d'évolution "positive"), il permet de comprendre un système filandre de son origine jusque sa maturité (figure I-05).
- Soulignons que ces sites restent accessibles, par mer ou par voie terrestre.



*Figure I-05. La filandre Harle en 2008 - combinaison des données Lidar et photographie aérienne.  
Document A. Cuvilliez*

## I-2. LES APPORTS DE DEFHFIS

### I-2-1 Évolution morphologique de la partie aval

L'évolution des zones intertidales de l'estuaire de la Seine est inféodée aux travaux d'aménagement de l'estuaire. Apparue en 1987, La grande Crique, à l'origine chenal d'évacuation situé au nord du banc herbeux (figure IVa-8) se comble depuis ces années. En 2005, elle a été tronquée par le chenal Environnemental, sa longueur passant ainsi de 4348 m en 2004 à 2099 m en 2010. En Aval le chenal Nord a été recalibré suite aux travaux de port 2000. Il connaît depuis un net ensablement auquel est associé une réduction de la surface de la slikke, du fait d'une érosion de sa base (migration du banc de la passe). La longueur totale des filandres décroît jusque 2006, et augmente depuis cette date, suite à la stabilisation de la limite sud de la base slikke par les bancs de

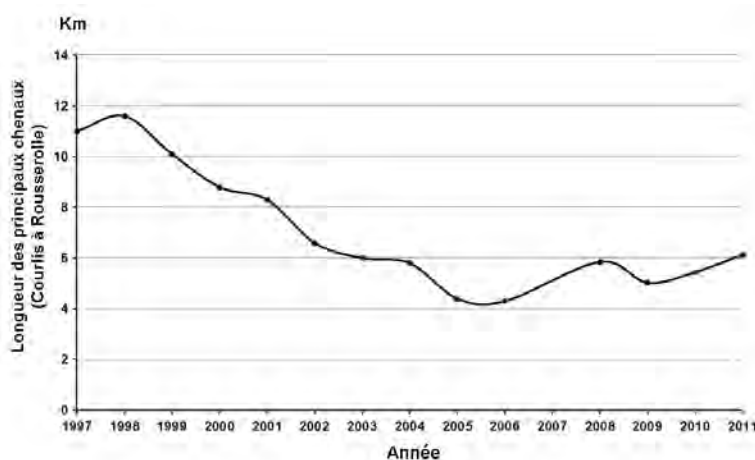


Figure I-06. Longueur totale des chenaux Courlis à Rousserolle sur la slikke de 1997 à 2011. Rappel de la figure II-05. Document Antoine Cuvilliez

Les longueurs des filandres évoluent depuis selon une certaine cyclicité à confirmer, cyclicité de 3 ans pouvant correspondre au temps nécessaire pour atteindre la longueur maximale (1 an et demi) et se réduire par avulsion (1 an et demi).

Les filandres occupent 3,5 % de la surface de la slikke en 2011 (Figure I-07), cette proportion évoluant conjointement avec la surface de la slikke. Ce chiffre est réduit de -52 % par rapport à 1998 suite à l'évolution des pentes de la vasière (passage d'une microfalaie à une morphologie en pente douce vers le chenal Nord).

Il faut bien voir dans ce chiffre que les petites filandres occupent une surface très significative par rapport à celle des grosses filandres, qui elles ne représentent que 0,1 % de la surface de la slikke.

Si l'apparition de nouvelles filandres peut être rapide à l'échelle de la vasière comme par exemples en 2004 et 2006, leur disparition peut l'être tout autant (figure I-07). En effet, la divagation et le comblement du chenal de la fosse Nord contrôlent 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 couplé à l'extension de bancs sableux à mégarides sur son flanc Nord limitent leurs effets sur la vasière ce qui contribue à stabiliser les filandres naissantes sur la slikke.

A l'heure actuelle, le linéaire et la surface des filandres sur le schorre sont stabilisés depuis 2008 (figure II-10). Le linéaire des filandre et leur surface sur la slikke évolue modestement (entre 10 et 12 km cumulés pour l'ensemble des grandes filandres) entre 2008 et 2011.



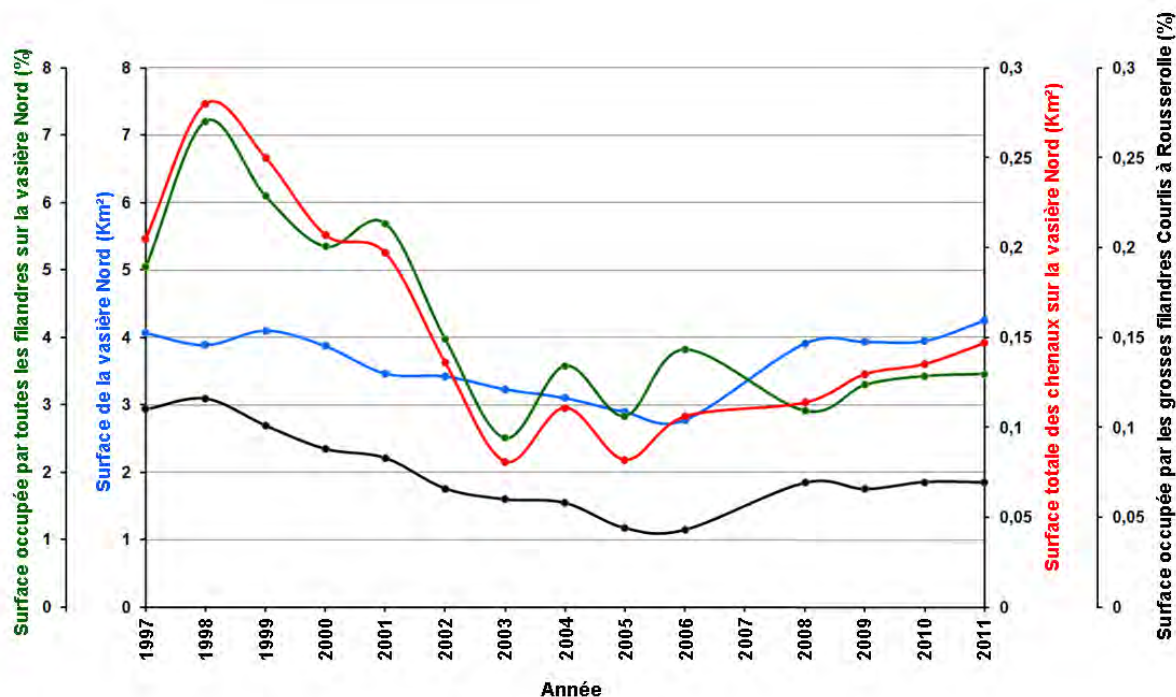


Figure I-07. Évolution de la surface de la vasière Nord (courbe bleue) mise en relation avec les évolutions de la surface occupée par toutes les filandres de la vasière Nord (courbe verte) exprimée en pourcentage, en Km² (courbe rouge) et celle des grandes filandres Courlis à Rousserolle (courbe en noire) exprimée en pourcentage de 1997 à 2011. Rappel de la figure II-09 - Document Antoine Cuvilliez

## I-2-2. Morphologie et hydrologie

Les filandres sont positionnées en altitude entre 8 m CMH et 2 m CMH. Les longueurs des filandres s'échelonnent entre 95 m (Nette) et 2 256 m (Tignol). Les filandres les plus jeunes ont des pentes beaucoup plus importantes et sont situées en aval du pont de Normandie (figure I-08). Les profils en long et la pente de ces profils PL (Tableau IVa-2), montrent que toutes les filandres en aval du pont de Normandie sont en érosion régressive, hormis Courlis, ce qui est cohérent avec l'évolution actuelle de ces filandres eu égard à l'évolution morphologique du chenal Nord. RD1 et RD3 sont aussi en érosion régressive, selon ce même paramètre. RD2 est en valeur intermédiaire (PL = 3,1).

L'encaissement des filandres peut être déterminé par le paramètre  $|PlogS|$  (pente, exprimé en ‰, de la loi de décroissance logarithmique des sections transversales dans chaque filandre, tableau IVa-4). Ainsi les filandres de l'aval du pont sont très évasées ( $|PlogS|$  de 3 jusqu'à 5), alors que les filandres de l'amont, encaissés, ont des  $|PlogS|$  inférieur à 2 (0,9 pour Tignol). Les filandres RD ont quant à elles des  $|PlogS|$  intermédiaires (autour de 2 et 3, figure I-08)).

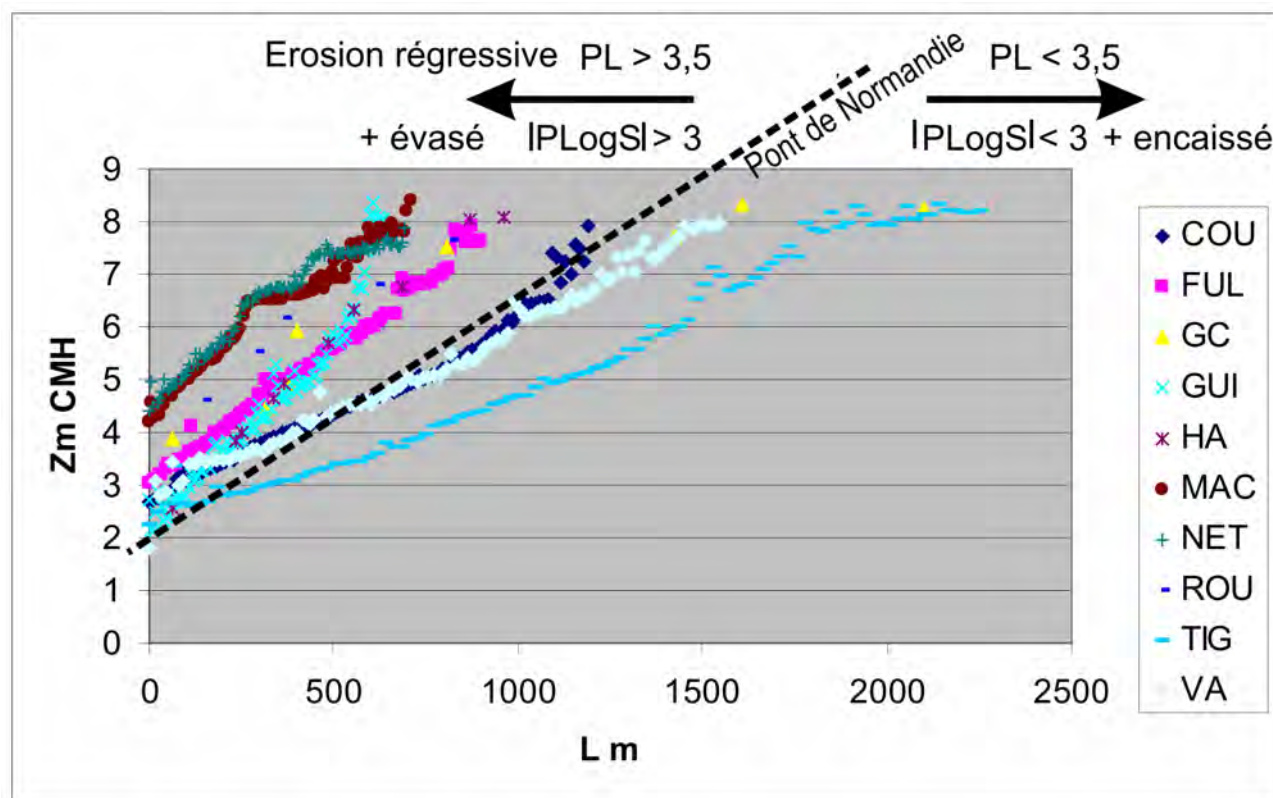


Figure I-08. Profil en long dans les filandres et organisation amont aval. Calcul Christophe Bessineton et Nicolas Bacq sur données LIDAR (GIP Seine Aval). Rappel de la figure IVa-3 modifiée.

La ramification peut être abordée par différents modes de calcul, ordre de Strahler, ordre de Weishar et ordre de Shreve ; parmi tous ses paramètres calculés par la MdE, seul l'ordre de Shreve, qui rend bien compte du nombre de ramification (cf. partie IV, MdE), semble correspondre à un paramètre cohérent dans un gradient amont-aval (figure I-09).

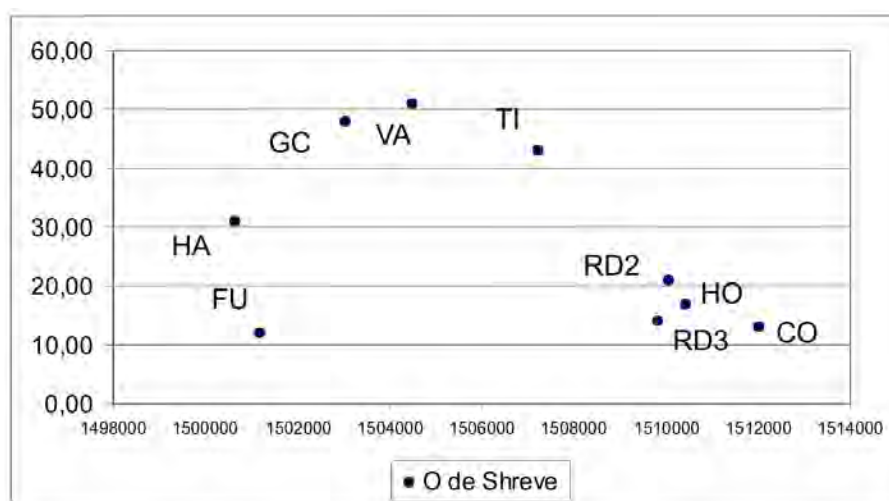


Figure I-09. Ordre de Shreve pour les filandres de la Seine. Données MdE

Ainsi Grande Crique, Vasière Artificielle et Tignol se détachent logiquement dans la figure I-09.

La plupart des paramètres s'organisent selon un gradient amont aval (cf. partie IVa pour ces paramètres) :

Les volumes des filandres analysées (il manquait la filandre Hode, non couverte par la campagne Lidar 2010) montrent des volumes toujours inférieurs à  $0,4 \text{ Mm}^3$  (Figure I-10), sauf pour Tignol ( $1,26 \text{ Mm}^3$ ). De même les volumes oscillants (Figure I-11) sont très faibles pour CO, RD2 et RD3 (moins de  $20 \text{ Mm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ ), comprises entre 40 et  $120 \text{ Mm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$  pour les autres filandres, sauf Tignol ( $175 \text{ Mm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ ).

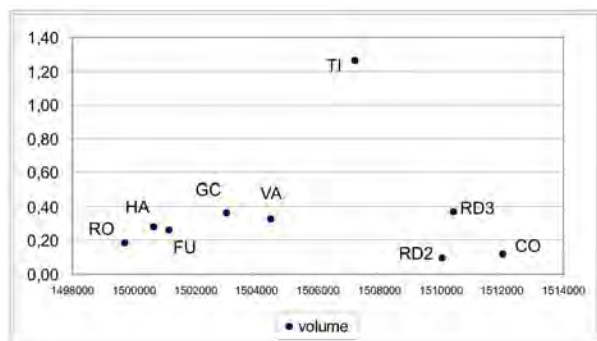


Figure I-10. Les volumes des filandres ( $10^6 \text{m}^3$ ).

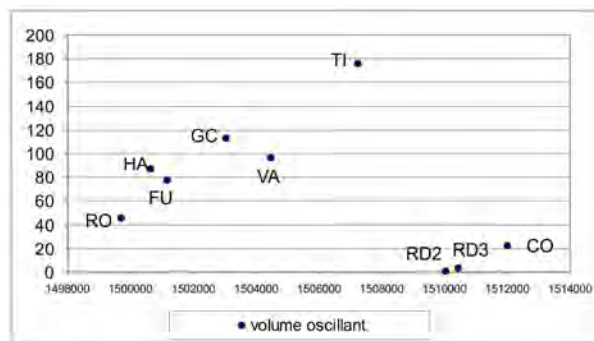


Figure I-11. Volume oscillant des filandres ( $\text{Mm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ )

En abscisse, coordonnées des points Aval RGF93CC50 – Données Christophe Bessineton

Le volume oscillant par unité de surface fait quant à lui une différence nette entre les filandres de la vasière Nord (VO/S supérieur à  $1,2 \text{ Mm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ), ceux plus en amont (GC, VA et TI, inférieur à  $1 \text{ Mm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) et RD2, RD3 et CO qui ont des VO/S très faibles (figure I-12). Les Temps d'inondation (figure I-13) sont plus importants en amont ( $4,5 \cdot 10^6 \text{ h} \cdot \text{an}^{-1}$ ) qu'en aval (inférieur à  $2 \cdot 10^6 \text{ h} \cdot \text{an}^{-1}$ , sauf pour la Crique à Connard ( $0,11 \cdot 10^6 \text{ h} \cdot \text{an}^{-1}$ )).

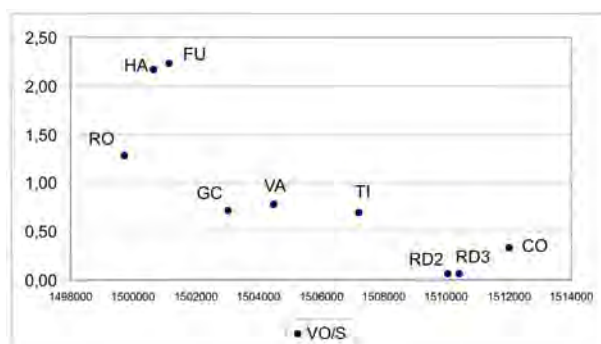


Figure I-12. Le rapport VO/S ( $10^6 \text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ).

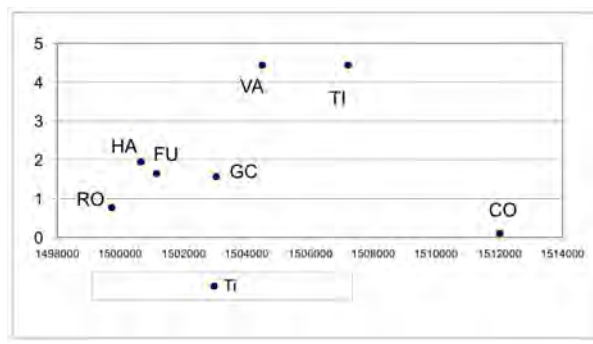


Figure I-13. Temps d'immersion des filandres ( $10^6 \text{h} \cdot \text{an}^{-1}$ )

En abscisse, coordonnées des points Aval RGF93CC50. Données Christophe Bessineton.

Les paramètres du bassin versant les plus structurants pour le chenal sont la surface (S), le volume (V) et le volume oscillant (VO), corrélés à la longueur (L) et à l'encaissement (PlogS). Plus le chenal est court, plus sa pente est importante et plus PlogS augmente. Par ailleurs, ce paramètre est corrélé à la longitude. Il n'y a pas de relation entre PlogS et VO/S, ce qui suggère que l'évasement de la filandre est indépendant de l'altitude du bassin versant.

Les salinités moyennes lors des pleines mer de vives eaux s'échelonnent logiquement selon un gradient amont aval (Figure I-14).

La salinité augmente de l'amont vers l'aval pour la grande majorité des filandres et ce paramètre reste plutôt stable sur les différentes saisons étudiées. Au niveau d'une filandre, la salinité observe ce même gradient et augmente de l'amont vers l'exutoire pour la grande majorité des filandres

étudiées. On peut cependant définir deux groupes de filandres

- Filandres 'Amont' (0 – 10‰) : TI, HO, CO, RI, CR, ES
- Filandres 'Aval' (20 – 30‰) : RO, HA, FU

Les filandres Vasière Artificielle et Grande Crique se placent alternativement dans l'un ou l'autre groupe suivant les saisons. Grande Crique, Rousserolle, Harle et Fuligule sont situées en secteur polyhalin (18-30 ‰), les autres filandres en domaine mésohalin (5-18 ‰), sauf RD3 qui, sous influence de la Risle, est en domaine oligohalin (0,5-5 ‰).

L'oxygène dissous évolue également, selon un gradient moins net (Figure I-15). Les plus fortes valeurs sont situées en aval (> 6mg.l<sup>-1</sup>, jusque 8,7 mg.l<sup>-1</sup>), tandis que les filandres de l'amont ont des valeurs entre 5 et 6mg.l<sup>-1</sup>). Les filandres en aval ont tendance à avoir des concentrations en O<sub>2</sub> qui augmentent de la tête vers l'exutoire alors qu'elles sont assez constantes au niveau des filandres en amont.

Tous ces indicateurs suggèrent une organisation relativement logique des filandres qui sera discutée dans le paragraphe suivant.

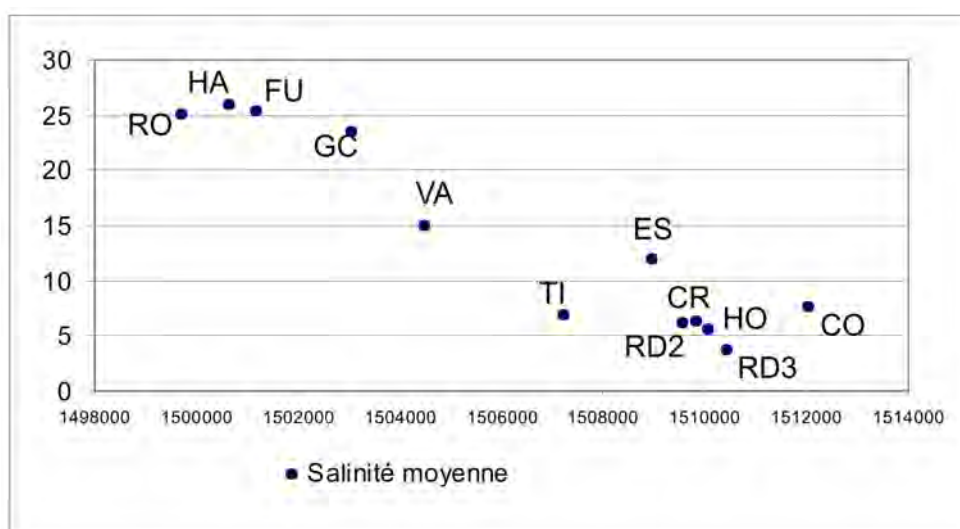


Figure I-14. Salinité moyenne dans les filandres. Moyennes des mesures réalisées lors des 4 missions typologie de DEFHFIS. En abscisse, coordonnées des points Aval RGF93CC50. Données LOG.

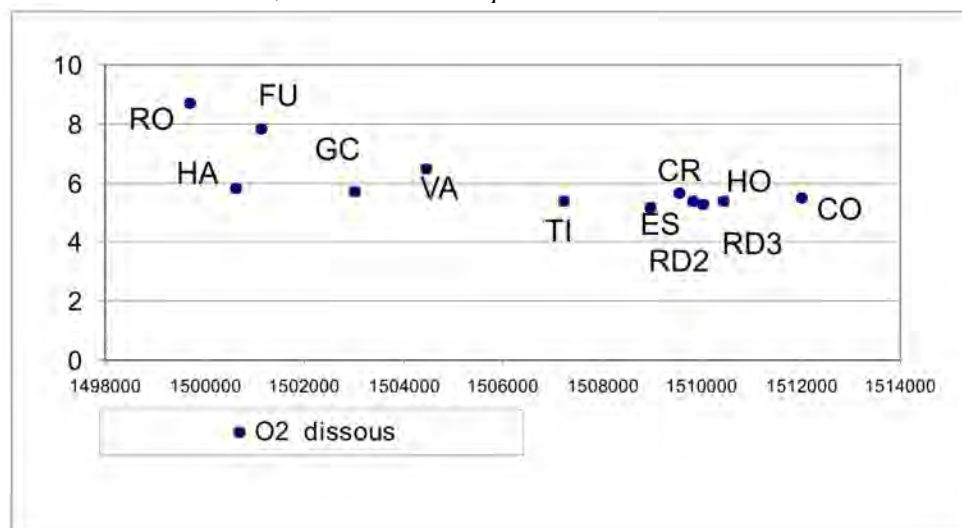


Figure I-15. Oxygène dissous (mg.l<sup>-1</sup>) moyenne dans les filandres. Moyennes des mesures réalisées sur les 4 missions typologie de DEFHFIS. En abscisse, coordonnées des points Aval RGF93CC50. Données CNAM Intechmer.

Les relations entre les paramètres uniquement morphologiques sont assez lâches. La relation entre  $|PlogS|$  et le volume oscillant (figure IVa-23) reste très bonne, et permet d'apporter des réponses en terme d'évolution et de restauration.

En terme d'occupation des sols, des différences très nettes amont-aval sont observées. La diversité des classes est plus importante en aval (CO et RD sont presque exclusivement des prairies), et d'aval vers l'amont la proportion de slikke et de schorre diminue (Figure I-16).

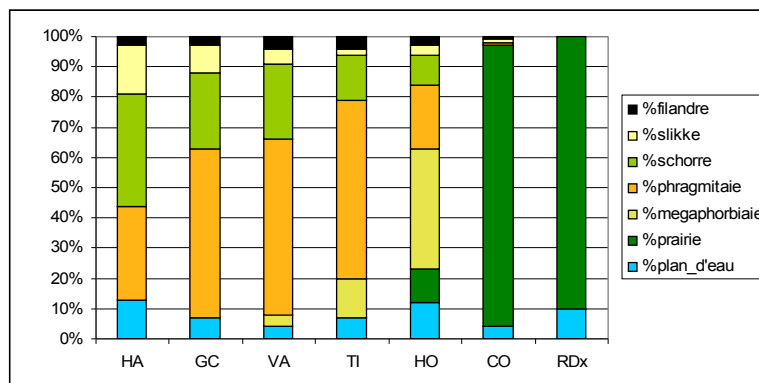


Figure I-16. % d'occupation des sols. Données MdE/C.Bessineton

La structure de la végétation est le plus souvent orientée par des activités anthropiques comme la fauche, le pâturage, l'exploitation des roseaux, l'entretien des abords des installations de chasse.

Les relations entre activités humaines, occupation des sols, et morphologie, sont assez nettes. La fauche et la pâture sont des paramètres corrélés à l'évasement des profils transversaux des filandres (Figure I-17), si on enlève Grande Crique (assujettie à des curages) du jeu de données. La structure de la végétation interfère sur les écoulements d'eau vers les filandres, la circulation se faisant plus facilement sur la végétation basse (prairies, fauchage) que sur une roselière. L'effet du pâturage est plus sensible que celui de la fauche du fait de son action tout au long de l'année.

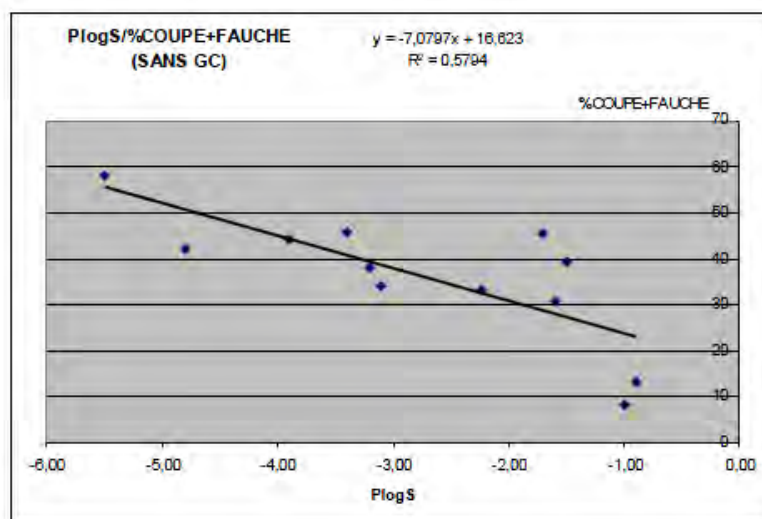


Figure I-17. Corrélation entre le pourcentage de la surface du bassin versant fauché ou coupé et  $PlogS$  (indicateur d'évasement du chenal). Rappel de la figure IVa-16 - Document Christophe Bessineton

Le fonctionnement hydraulique des filandres est complexe et n'a plus de caractère naturel. Les



aménagements ont donc conduit à une compartimentation réduisant à la fois l'espace de liberté des filandres mais aussi les volumes oscillants possibles en tête de crique. Cela a contribué à fixer les filandres dans l'espace afin de devenir, pour certaines et d'un point de vue hydraulique, de simples canaux (figure I-18).



Figure I-18. Position des ouvrages de gestion hydraulique. Rappel de la figure IVb-9. Document MdE / Tomas Lecarpentier

En aval du Pont de Normandie, l'alimentation en eau via les marées fonctionne naturellement. L'eau pénètre dans l'embouchure des filandres (Tadorne à Courlis) et se propage dans celle-ci sans rencontrer de réels obstacles à l'écoulement. Les filandres disposent donc d'un espace suffisant pour déborder et le volume oscillant disponible en tête des filandres est pérenne.

En amont du pont de Normandie le fonctionnement diffère notamment en tête des filandres. En effet, les obstacles constitués par les diguettes, route de l'estuaire et chemin de halage et les ouvrages hydrauliques qu'ils comportent empêchent les filandres de disposer d'un volume oscillant à leur tête. Bien que les filandres concernées (Grande Crique, Vasière Artificielle, Crique à Tignol et estacade du Hode) soient de plus grande ampleur que les filandres en aval du pont de Normandie, les parties hautes de ces filandres font l'objet de travaux d'entretien à cause de ces pertes de charge occasionnées conduisant à un dépôt sédimentaire accru. Une autre problématique de cet entretien par intervention humaine est la constitution de merlons de curage aux abords des secteurs entretenus. Ceux-ci limitent donc le débordement des filandres et en réduisent d'autant le volume oscillant pouvant transiter dans celles-ci.

De fait, Les filandres sont des anthroposystèmes. Par exemple les criques de la rive Sud (Crique à Connard et RD2 RD) sont caractérisées par des prairies humides pâturées et fauchées. Lors des travaux historiques sur le chenal de navigation, des dépôts ont été mis en place sur ce secteur et ont conduit à exhaussement d'une partie des terrains, ce qui a conduit à une modification des débordements et à la déconnexion du système Seine d'une crique naturelle. La crique à Connard est



quant à elle une crique artificielle.

Hormis ces grands travaux modifiant l'hydrologie, les circulations d'eau en amont doivent être gérées afin de répondre aux usagers (figures I-19), chasseurs, coupeurs de roseaux et agriculteurs.

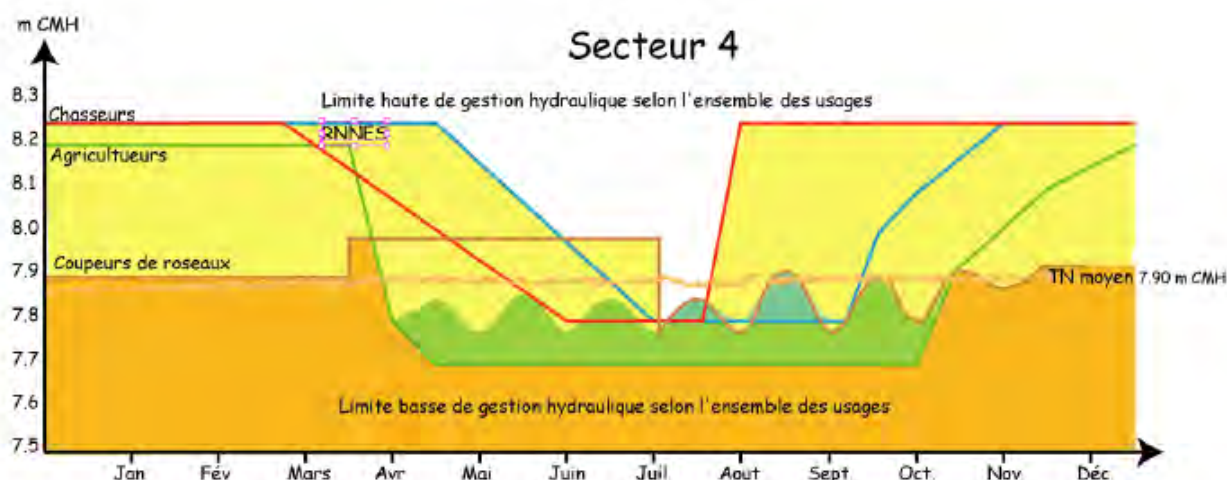


Figure I-19. Superposition de l'ensemble des exigences hydrauliques des acteurs présents sur la RNNES.

Rappel de la figure IVb-30 - Document MdE / Tomas Lecarpentier

### I-2-3 Sédimentologie

Du point de vue de la granulométrie, les échantillons contiennent en moyenne 21 % de sable et 75 % de vase, toutes données confondues. Sur les filandres, les teneurs en fines sont globalement de 90 % pour juillet 2010 et 80% pour les autres dates de prélèvement. Sur chaque filandre, il existe un net gradient amont aval de la teneur en fine (l'aval comprenant une teneur en fines de -15 à 20 % inférieure à celle des stations amont) et de la concentration. Sur les points aval, les échantillons comportent en général une plus grande proportion de sables. Il faut ainsi considérer que la partie aval de chaque filandre forme une zone intermédiaire entre les faciès amont, très vaseux, et l'estuaire (globalement sableux lors des missions DEFHFIS).

Il est observé une évolution saisonnière de la sédimentation, même si cette dernière ne peut être jugée que par un événement limité de crue (janvier 2011). Cette évolution est caractérisée par un ensablement relatif des sédiments : la diminution de la teneur en fine est de l'ordre de -10 % (en amont) à -20 % (en aval), entre septembre 2010 et février 2011. Cette évolution est clairement perceptible pour chaque filandre, dans des proportions similaires. L'ensemble des filandres prospectées a ainsi été simultanément impactées par cette crue relative.

Il existe une réelle déconnexion entre les caractéristiques sédimentaires des filandres comparée à celle de la slikke *s.s.*. Si la slikke, sur les sites ateliers connaît un net ensablement significatif, en surface et en épaisseur, les filandres continuent à rester majoritairement vaseux (+ 75% de sédiments fins), rarement vaso-sableux en aval (figure I-20).

En terme de dynamique sédimentaire, il existe une déconnexion entre la dynamique sédimentaire des systèmes filandres par rapport à celle de la vasière. Dans les filandres, la forte énergie des courants de marée (proche de  $1 \text{ m.s}^{-1}$  pour Grande Crique) implique un apport de matériel vaseux sous forme de vase fluide, sur tout le continuum des filandres, alors que la sédimentation sur la slikke (en partie haute) est plus caractérisées par des dépôts de décantation. L'effet de chenalisation est important : les vitesses de jusant restent importantes comparées à celles du flot (figure I-21).

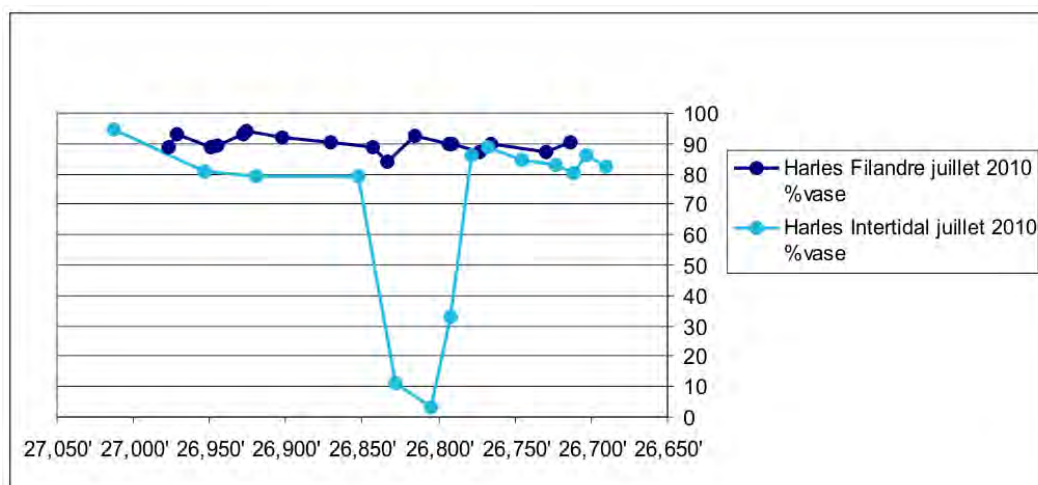


Figure I-20. Comparaison de la teneur en fines (<50 µm) entre la zone intertidale (bleu clair) et la filandre (bleu foncé) sur le site atelier de Harle. Juin-juillet 2010. En abscisses latitudes (49° minutes décimale N, schorre à gauche). Rappel de la Figure IIIa-29.

Elles sont aidées en ce sens par les écoulements en provenance de la slikke et du schorre (vidange de quantité d'eau importante, notamment en vives-eaux) et en provenance du continent (prairies humides, nappes phréatiques).

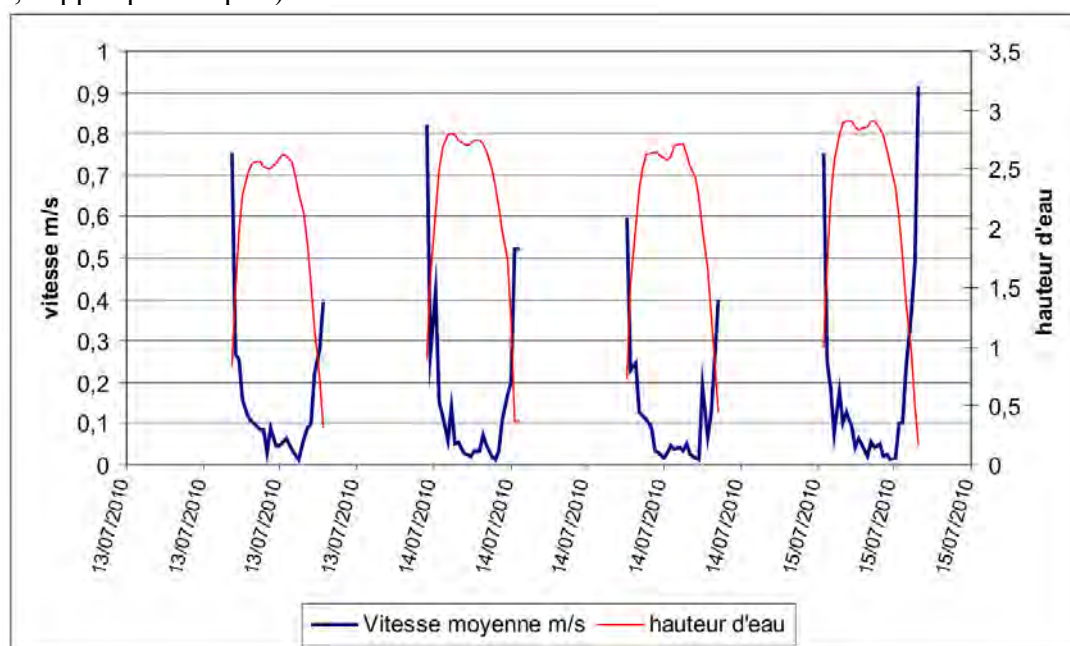


Figure I-21. Vitesse des courants (m.s-1) et hauteur d'eau sur 4 marées enregistrées par le Valeport sur Grande Crique. Les coefficients de marées sont de 98 (première marée), 101, 102 et 102 (dernière marée). Moyenne des burst. Rappel de la figure IIIa-45.

Les filandres fonctionnent ainsi en cellules sédimentaires indépendantes. Il est à noter que cette étude se déroule dans des conditions hydrologiques particulières, un étiage prolongé qui n'est pas forcément caractéristique du fonctionnement sédimentaire habituel d'une filandre.

En considérant des paramètres simples (évolution de la teneur en fin, concentration, faciès) les filandres peuvent être associés dans des groupes suivant une typologie.

### I-2-4 Qualité de l'eau et géochimie

Les filandres les plus en aval ont des températures plus basses que les filandres en amont, avec également des températures plus basses de la tête à l'exutoire.

On a observé de grandes variations de température selon les saisons : en hiver : 6-8° ; en été : 16-25°.

La concentration en O<sub>2</sub> varie grandement entre les différentes saisons : en hiver : 7-9 mg/l et 55-80%, en été : 0-4 mg/l et 0-40%.

Les filandres où l'on retrouve la plus grande concentration en O<sub>2</sub> sont les filandres en aval de l'estuaire, tandis que les filandres en amont sont moins riches en oxygène. Les filandres en aval ont tendance à avoir des concentrations en O<sub>2</sub> qui augmentent de la tête vers l'exutoire alors qu'elles sont assez constantes au niveau des filandres en amont. L'oxygène dissous varie grandement entre les différentes saisons (Hiver : 55-78% et Été : 60-170 %).

Sur cette base, nous pouvons établir un tableau récapitulatif des gradients observés sur ces trois paramètres (Tableau IIb-2). Sur chaque paramètre, les gradients longitudinaux et transversaux sont comparables. Ils sont bien évidemment mobiles en fonction de la dynamique saisonnière pour laquelle les valeurs hautes et basses changent. La variabilité des mesures de l'O<sub>2</sub> et de la température est accrue en situation estivale.

De façon générale, sur les observations réalisées sur chaque filandre, la turbidité décroît de la tête vers l'exutoire des filandres. On peut observer de plus fortes turbidités lors des missions de février et septembre et des turbidités plus faibles en situation estivale. La Risle obtient les valeurs les plus fortes à chaque mission et confirme donc son rôle de source secondaire de matériaux fins vers la Seine. Les valeurs ne dépassent pas 0,2 g/l pour toutes les filandres hormis la Risle, FU, TI, ES et ce également en septembre pour cette dernière où les valeurs dépassent 0,4 g/l pour atteindre jusqu'à 2 g/l.

Lors des mesures en points fixes des teneurs en MES de l'eau de surface sur les stations ateliers, GC a montré des turbidités plus importantes que HA avec des valeurs plus importantes en aval (vers l'exutoire) qu'en amont (vers la tête) sur les deux filandres. Des pics de MES sont observés en début de flot et en fin de jusant avec des valeurs dépassant les 0,6 g/l et atteignant plus de 2g/l en charge de fond (faible hauteur d'eau lors de l'échantillonnage en début de montant et fin de descendant). Une ségrégation de la charge particulaire a été détectée sur le 1<sup>er</sup> mètre de l'interface eau-sédiment et a été enregistrée sur environ 5 cm pour HA contre plus de 15 cm pour GC (figure I-22)

Les analyses en Carbone, Soufre et le rapport Corg/S ont permis de placer logiquement les échantillons sous la droite 'normale marine' et au-dessus de la droite 'non marine' (fleuve), confirmant le caractère saumâtre des eaux influençant les filandres et la situation typiquement estuarienne de celles-ci.

Les échantillons sont globalement plus riches en MO (Cmin, Corg, S) et présentent une plus forte variabilité à la tête des filandres qu'à leur exutoire à l'exception de la Risle. La richesse en Corg et S est plus importante en situation estivale. De façon générale, les résultats sont plus dispersés pour les échantillons de MES que pour les échantillons provenant des sédiments du lit des filandres, les MES sont également plus riches en Corg et S.

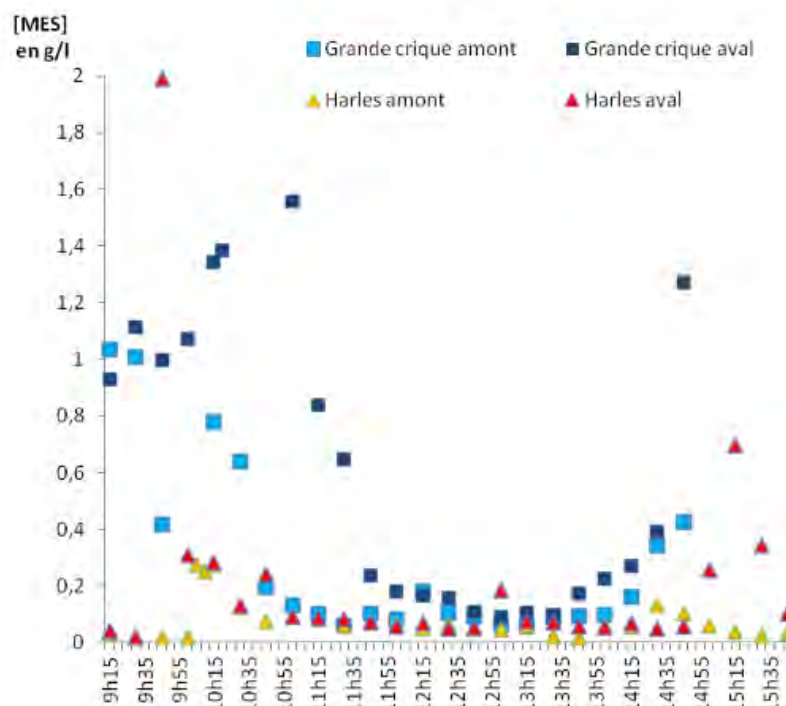


Figure I-22. Mesures de la turbidité de l'eau de surface en points fixes sur les stations ateliers. Rappel de la figure IIIb-6 – document Claire Marion

Pour toutes les stations et toutes les missions, nous obtenons une variation des teneurs en S de 0,1 à 0,85 % et en Corg de 0,3 à 6 % alors que cette variation est de moindre amplitude pour les sédiments superficiels (S : 0,1-0,55 % et Corg : 0,3-3,5%).

Les teneurs en S sont plus faibles à l'exutoire qu'à la tête des filandres en général et elles sont plus fortes l'été. La présence de S est liée aux sulfites contenus dans l'eau de mer et au processus de sulfato-réduction qui correspond à la réduction des ions sulfates contenus dans l'eau interstitielle en sulfure d'hydrogène. Nous avons constaté des stations présentant plus de 0,35% de soufre révélant une sulfato-réduction possiblement liée à la proximité des gabions, à la faible épaisseur de sédiment oxygéné à l'interface eau-sédiment ou à un échantillonnage trop profond suivant les cas. En dessous de cette valeur, le S semble provenir principalement des sulfites.

Le Cmin augmente de l'exutoire vers la tête des filandres. Les analyses de Cmin montrent des teneurs centrées entre 3 et 4% avec une faible variabilité en fonction des stations pour les sédiments contre 3 et 5 % pour les MES avec des teneurs variant très largement entre 0,2 et 8%. Le carbone minéral provient de deux origines, marine et terrigène. Lorsque le taux de carbone minéral inférieur à 3,5% il semble provenir principalement du milieu marin et quand il est supérieur à 3,5% les sources semblent être multiples. Ainsi, nous ne pouvons totalement relier le Cmin aux carbonates marins, ce paramètre n'a donc pas pu intervenir comme élément discriminant une influence marine ou continentale.

Les résultats reflètent la saisonnalité des missions, les différences du rapport C/S entre les sédiments et les MES sont très importantes en Été et plus réduites en Hiver. De la même façon, on observe une dispersion plus importante entre la tête des filandres et leur exutoire en Été. Bien que tous les résultats soient globalement centrés sur des valeurs de Corg entre 2 et 3%, les sédiments ne dépassent pas 3,5% de Corg tandis que les MES descendent rarement sous un taux de 2% de Corg. Pour les sédiments, les valeurs de S sont plus grandes l'été où elles dépassent 0,2% tout comme les valeurs de Corg qui ont tendance à se centrer sur le haut de la gamme et ce même en juillet 2011 qui

est une situation d'été plutôt frais. La mission de septembre reflète une situation intermédiaire montrant des similitudes avec une situation estivale.

En nous basant sur le C/S des sédiments situés à la tête des filandres (figure I-23), nous pouvons séparer deux ensembles. Un premier regroupe les filandres de la Rive Nord en aval du pont de Normandie et présente un % Corg plus faible associé à un % S plus fort, un deuxième les filandres de la rive Sud avec un % Corg plus fort en relation avec un % S. Le premier groupe montre une influence plus marine que le deuxième, plus sous influence continentale. Nous pouvons ensuite replacer les autres filandres de la rive Nord dans un groupe intermédiaire. Ces tendances sont bien sûr à nuancer en fonction de la saison, certaines filandres telles VA et GC se plaçant quant à elles alternativement dans un comportement mixte suivant les saisons. La Risle quant à elle montre des teneurs en Corg et S plutôt faibles. Malheureusement, nous n'avons pu obtenir de résultats similaires sur la Seine pour voir si celle-ci se placerait plus bas dans cette gamme 'continentale'. Il ne nous a pas été permis de déterminer l'origine de la MO, de savoir si elle était de source allochtone continentale ou marine ou même si elle provient d'une production autochtone en milieu estuarien à salinité intermédiaire même si on entrevoit tout de même des tendances qui révèlent en réalité plus l'influence continentale ou marine sur la MO

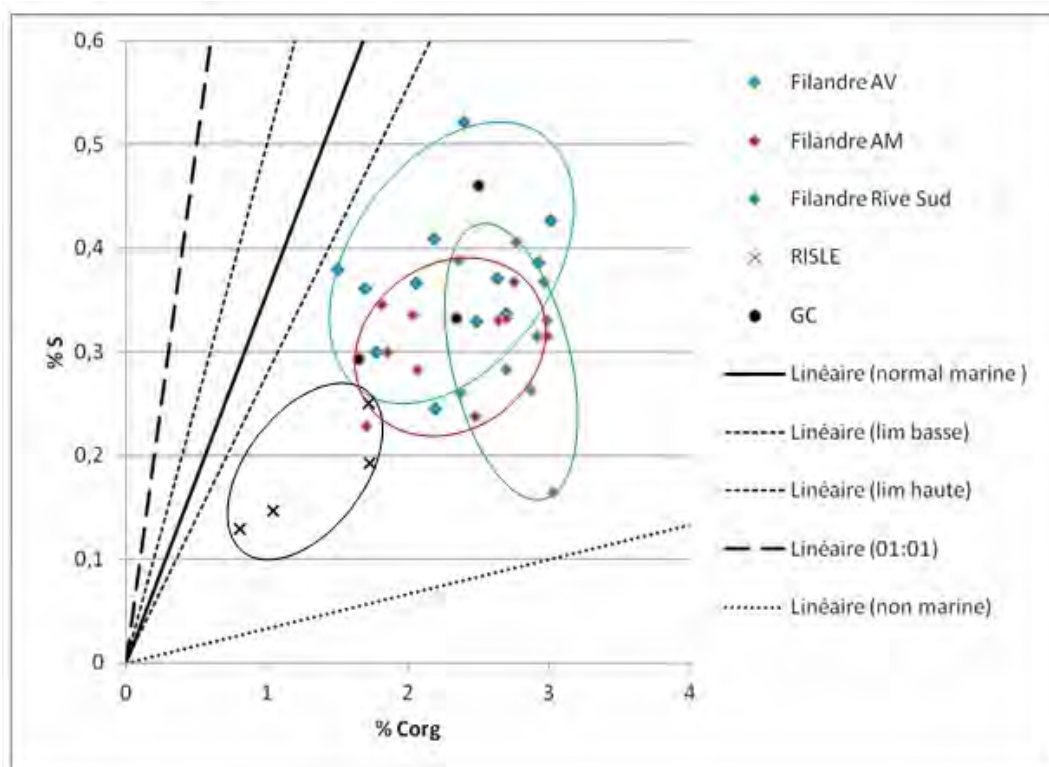


Figure I-23. Rapport Corg/S pour les groupes de Filandres AV – AM et Rive Sud. Rappel de la figure IIIb-10 - Données CNAM Intechmer

Sur les sédiments échantillonnés sur les berges des différentes communautés végétales des sites ateliers, le Corg/S reflète bien mieux le gradient exutoire 'marin' / tête 'continental' des filandres depuis les spartines jusqu'aux phragmites en comparaison avec celui observé uniquement sur les sédiments du lit de chenal. Ce gradient est plus net sur la filandre HA. Le Cmin a les valeurs les plus basses sur les stations de spartines, proche de l'exutoire des filandres, et dans le lit de celles-ci confirmant bien la présence d'une source secondaire de carbonates sur cette zone pourtant sous influence marine. Les sites ateliers présentent sur la section des variations différentes pour les



valeurs de C et de S en relation avec leur largeur et leur encaissement, ces variations étant moins importantes pour GC. Il n'a pas été observé de dissymétries importantes entre les deux berges pour chacune des filandres.

## I-2-5 Ornithologie

### I-2-5-1 Analyse bibliographique

D'après les données bibliographiques, la partie Est du méandre et l'embouchure de la vasière artificielle (secteur 11 partie V-4) est de plus en plus régulièrement exploitée (1) par les anatidés de surface à marée basse et (2) par les limicoles à basse mer. Les effectifs des anatidés sont passés de moins de 11 % (1999-2003) à plus de 56 % en 2010/11. Les effectifs des limicoles sont passés de 1% entre 1999 et 2004 à 15 % lors des cinq dernières années. Cette partie de l'estuaire est également exploitée par une forte proportion des anatidés de surface à marée haute, certains entrent alors un peu plus dans la filandre principale de la vasière artificielle. Ces anatidés de plus en plus présents dans ce secteur sont le canard siffleur, le canard souchet et la sarcelle d'hiver en particulier, mais aussi depuis 2006 et/ou 2007 le canard chipeau, le canard pilet, l'oie cendrée et le canard colvert. Depuis 2007, certains limicoles sont de mieux en mieux représentés au niveau de ce secteur ; à titre d'exemple, en 2009 et 2010, 10 à 25 % de l'effectif maximum d'avocette noté dans l'estuaire y ont été recensés. Certaines années s'y trouvent une proportion non négligeable de spatule blanche (figure I-24).

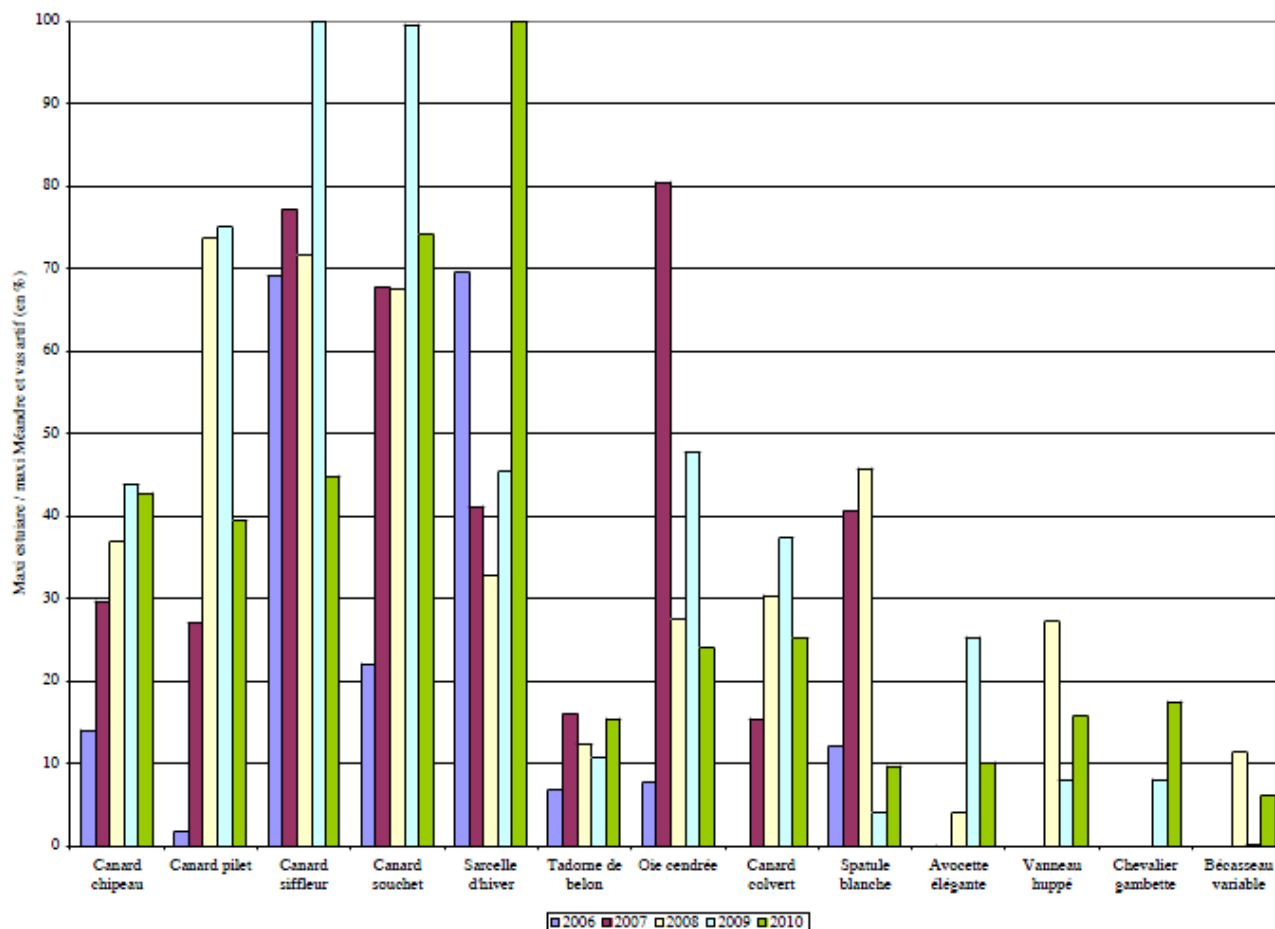


Figure I-24. Représentativité de l'effectif maximum observé à l'est du méandre et à l'embouchure de la vasière artificielle par rapport à l'effectif maximum noté sur l'ensemble de l'estuaire entre 2006 et 2010. Données GONm / Franck Morel – Rappel de la figure page VIII-12.



La morphologie des lieux est un point capital : Une embouchure plus importante (ouverture plus significative de l'embouchure de la vasière artificielle suite aux travaux sur le chenal environnemental) ou la morphologie de la vasière (pentes douces offrant des surfaces de vasière plus importants) sont sans doute favorables à l'exploitation par les oiseaux.

A noter qu'à son actuel stade ce secteur est favorable à l'avifaune, mais il a fallu un temps de latence de deux années entre l'aménagement et la pleine exploitation par les oiseaux.

Plus en amont, La crique à Tignol accueille nettement moins d'oiseaux que l'Est du méandre et la Vasière Artificielle même si des effectifs non négligeables de sarcelle d'hiver y sont notés en période prénuptiale en particulier. Les autres anatidés de surface y sont plus ponctuels et les limicoles y sont peu présents. Peu d'oiseaux y sont observés en automne et en hiver et il est probable que cette zone est sous-exploitée à ces périodes du fait de la chasse qui s'exerce à proximité immédiate.

#### I-2-5-2 données DEFHFIS

Les données de terrain 2010/2011 DEFHFIS ont permis de réactualiser et de compléter les données anciennes ; Pour les sites ateliers Harle et Grande Crique, les espèces les plus fréquemment observées sont le tadorne de Belon, le courlis cendré, la mouette rieuse, le canard colvert, l'avocette élégante et l'aigrette garzette, suivis du goéland argenté, du héron cendré, du goéland marin et du bécasseau variable. Il n'y a pas de différence majeure entre les deux filandres testées et globalement les espèces les plus régulières ou les plus ponctuelles sont les mêmes sur les deux filandres. Une analyse plus précise montre que le tadorne de Belon et le héron cendré ont été plus réguliers au niveau de la Grande Crique et l'aigrette garzette un peu plus fréquente sur Harle.

En effectifs cumulés, le canard colvert représente 18,4 % des oiseaux, le tadorne de Belon 16,6 %, le bécasseau variable 11,3 %, la mouette rieuse 10,3 %, l'avocette élégante 8,6 %, le courlis cendré 6,9 % et le bécasseau maubèche 5,7 %. Comme pour la fréquence, les espèces présentes en effectifs importants ou faibles sont globalement les mêmes sur les deux filandres, même si l'ampleur des effectifs est différente pour certaines espèces. Parmi les espèces les plus présentes, le tadorne de Belon, le canard colvert et le vanneau huppé sont ainsi plus notés au niveau de la Grande Crique, par contre l'avocette élégante et le bécasseau variable sont mieux représentés aux alentours de Harle.

Les filandres sont exploitées significativement par les oiseaux, aussi bien en termes de repos que d'alimentation. En alimentation, les filandres sont exploitées par tous les limicoles, certains anatidés de surface (tadorne de Belon, canard colvert ou oie cendrée), les laridés (la mouette rieuse), certains plongeurs (grand cormoran), tandis que les grands échassiers sont surtout notés se nourrissant dans l'eau en fond de filandre.

Les filandres sont des zones de repos pour le goéland argenté ou le héron cendré. La spatule blanche et le grand cormoran utilisent les filandres pour le repos et l'alimentation.

Du point de vue de l'utilisation de l'espace, les grands échassiers, les plongeurs et beaucoup d'anatidés exploitent globalement la partie la plus en aval des 2 filandres ateliers ; Le héron cendré, l'aigrette garzette, le grand cormoran, le canard colvert sont également réguliers dans la partie centrale de la filandre, voire au niveau de la haute slikke et du schorre. L'oie cendrée a principalement été notée au niveau de la haute slikke à la limite du schorre, en bordure de filandre. Les oiseaux occupent l'ensemble de la filandre, du fond à la berge, même si certaines espèces ont des préférences.

Les limicoles sont surtout présents dans la partie basse de la vasière, mais l'avocette élégante, le bécasseau variable, le pluvier doré ou le grand gravelot sont également assez réguliers dans la partie centrale, et ponctuellement dans la partie haute de la vasière. Le courlis cendré exploite les différentes parties entre le schorre et la basse slikke.

La mouette rieuse exploite les différentes parties entre le schorre et la basse slikke, sur les pentes. Le goéland argenté exploite surtout la partie centrale et basse, en bordure. Les autres espèces n'ont été observées que ponctuellement.

Les vasières en amont du Pont de Normandie sont exploitées différemment selon les espèces. Pour les anatidés, la Grande Crique et ses abords présentent un intérêt important pour l'oie cendrée, de même que le canard colvert et la sarcelle d'hiver, tandis que le canard pilet exploite surtout le méandre environnemental. Le tadorne de Belon a été observé sur l'ensemble des secteurs, sans réelle préférence.

Pour les limicoles, l'avocette exploite les différentes parties de cette zone et est bien présente dans le méandre et au niveau de la Grande Crique ; le vanneau huppé est très peu présent au niveau de la Grande Crique, tandis que le bécasseau variable et le courlis cendré apprécient, en plus du secteur sud, le méandre mais aussi l'embouchure de la Grande Crique

### I-2-5-3 Quelques particularités

Les filandres présentent un intérêt significatif pour les nichées de tadorne de Belon (figure I-25). Lors des deux premières décades du mois de mai, alors que le nombre de poussins sur la vasière est assez faible (moins de 40), ce sont 65 à 100% des poussins qui ont exploité les deux filandres ateliers alors qu'elles ne représentent que 3% des surfaces de vasière de l'estuaire. Ensuite cette proportion a varié de 7 à 70 % selon les dates. Lors des 16 dates suivies, ce sont en moyenne 36 % des poussins qui ont exploité ces deux filandres (20,7 % des effectifs cumulés au niveau de la Grande Crique et 15,6 % au niveau de Harle). Ces deux filandres ont donc une importance pour le nourrissage des nichées de tadorne. Ajoutons que ce ne sont pas les seules filandres qui sont régulièrement exploitées : En 2011, la filandre Courlis a accueilli plus de 10 % de l'effectif cumulé de poussins, Fuligule presque 6 % et Guifette 5 %.

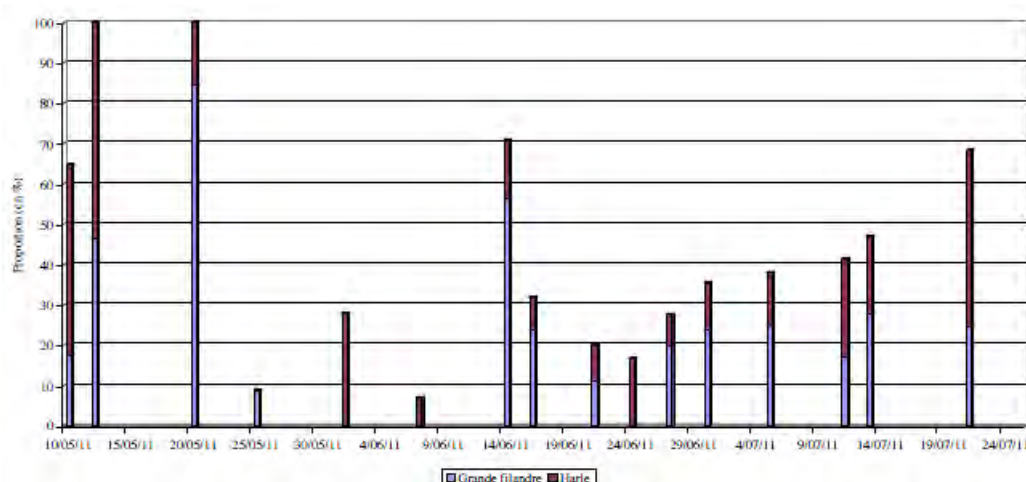


Figure I-25. Pourcentage de poussins présents au niveau des deux filandres test par rapport à l'ensemble de la vasière aux différentes dates suivies. Données GONm / Franck Morel – Rappel de la figure page VIII-65.

De plus, plus de 31 % de l'effectif cumulé de poussins ont été notés au niveau du méandre en amont

du pont de Normandie (entre le pont et la partie est du méandre au niveau de l'embouchure de la vasière artificielle).

Même si les nichées ne se nourrissent pas exclusivement au niveau des filandres, puisqu'elles se nourrissent également entre celles-ci, sur la vasière, les adultes dirigent souvent les poussins au niveau des filandres ; ils s'y nourrissent au niveau des pentes douces, en bordure de celles-ci, mais aussi parfois en fond de filandre. Il est également fréquent que les nichées se reposent à l'embouchure des filandres et il est assez régulier d'observer les couples avec poussins arriver sur la vasière en longeant une filandre.

Précisons qu'en période de reproduction, l'estuaire de la Seine accueille un peu plus de 1% de la population nicheuse de tadorne de Belon en France, ce site est donc d'importance nationale pour l'espèce.

En 2010/11, les trois secteurs (Harle, Grande Crique et Est du méandre ou embouchure de la vasière artificielle) ont accueilli plus de 40 % des avocettes élégantes présentes dans l'estuaire. L'est du méandre a été le plus fréquenté (26,8 % des oiseaux). Harle et la Grande Crique ont accueilli respectivement 10,4 et 3,5 % de l'ensemble des avocettes. Les deux filandres ateliers et le méandre ont donc présenté un intérêt important pour l'avocette élégante, espèce présentant un fort intérêt patrimonial puisqu'elle est classée dans l'annexe 1 de la Directive 2009/147/CE du parlement européen et du conseil du 30 novembre 2009, concernant la conservation des oiseaux sauvages dans l'Union Européenne.

#### I-2-5-4 Étude des passereaux en période nuptiale

En dehors des oiseaux observés en vol, 52 espèces ont été notées lors des points d'écoutes. Le nombre d'espèces contactées en 2010 et 2011 lors de l'étude DEFHFIS correspond à la moyenne observée lors de suivis mis en place dans la roselière depuis 1999, les sept espèces les plus contactées sont les mêmes que celles de l'étude menée depuis 1999.

D'après les résultats bruts, on ne note pas de différences importantes entre le nombre de contacts et le nombre d'espèces obtenus en bordure de filandre, à 50 mètres ou à 100 mètres. On remarque cependant que plusieurs espèces paludicoles occupent plutôt un territoire non loin de la filandre ; ces espèces sont la bouscarle de Cetti (2 fois plus de contacts), la gorge bleue et le phragmite des joncs (+ de 70 % de contact en plus), le bruant des roseaux et la rousserolle effarvatte (+ de 30 % de contact en plus). Cela est moins net pour la locustelle tachetée et la locustelle lusciniöide (respectivement 20 et 26 % de contacts en plus) et très peu différent pour la panure à moustache.

#### **I-2-6 Étude des communautés zoobenthiques des chenaux des filandres et des communautés d'invertébrés terrestres du schorre associé.**

Le paramètre de la richesse spécifique permet de montrer que les filandres ateliers sont plus riches en espèce que la haute slikke associée. Il n'y a pas de gradient amont/aval marqué entre les 2 sites ateliers, même si la répartition de certaines espèces permet de différencier la filandre Harle, plus marine, de la Grande Crique, plus estuarienne. Cette différence est liée à la présence en aval de communautés marines, riches et productives, et en amont de communautés d'eau saumâtre beaucoup moins productives, même si elles peuvent de temps en temps atteindre des densités importantes. Ce gradient amont-aval n'apparaît qu'à l'échelle de l'estuaire, avec des filandres plus riches en espèces vers l'aval et d'autres plus pauvres vers l'amont, la limite étant située au niveau de la brèche amont de la Digue Basse Nord.

Un gradient longitudinal de richesse spécifique croissante apparaît de l'exutoire vers la tête de la

filandre, au moins au niveau de Grande crique. Il n'y a par contre pas de gradients latéraux de richesse spécifique.

De même, les filandres sont plus densément peuplées que la haute slikke ou le schorre associée. Il n'y a pas de gradient amont/aval marqué entre les 2 sites ateliers en termes de densité, même si la prolifération de *Corophium volutator* sur Grande Crique brouille les schémas de répartition.

Une différence amont/aval nette apparaît à l'échelle de l'estuaire avec là encore des filandres plus densément peuplées vers l'aval et d'autres plus pauvres vers l'amont, la limite étant située au niveau de la brèche amont de la Digue Basse Nord. Cependant la densité semble très variable d'une année sur l'autre. La ceinture à chiendents abrite une communauté moins peuplée que celles des autres ceintures, peut-être du fait de son sédiment plus sec.

Les filandres abritent des communautés plus productives que celles du schorre.

Les biomasses sont assez similaires entre les 2 sites ateliers en termes de quantité comme de répartition au sein des groupes faunistiques. Une différence amont/aval apparaît à l'échelle de l'estuaire avec, là encore, des communautés plus productives vers l'aval et d'autres moins productives vers l'amont, la limite étant située au niveau de la brèche amont de la Digue Basse Nord.

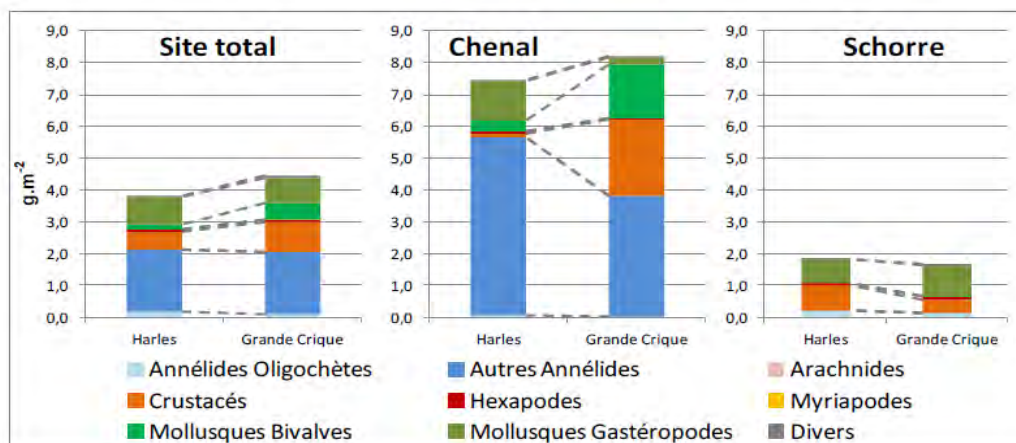


Figure I-26. Biomasse moyenne par station des stations échantillonnées en juillet 2010 - ensemble de chaque site, stations du chenal (filandre), stations du schorre- Rappel de la figure VII-28 – document Bastien Chouquet

Cependant la biomasse semble très variable d'une année sur l'autre, en lien avec les variations de densité ou de tailles d'individus pour les espèces à forte masse individuelle

La ceinture à chiendents abrite une communauté moins productive que les autres ceintures (en lien avec les densités plus faibles), peut-être du fait de son sédiment plus sec.

Les paramètres biologiques classés selon l'axe amont/aval montrent une limite qui paraît être localisée au niveau de la Brèche Amont de la Digue Basse Nord. En effet, cet ouvrage fait écran à l'influence fluviale sur les filandres en aval de ce point, ce qui permet l'installation de communautés marines productives.

Les filandres sont plus riches, plus densément peuplées et pourraient abriter des communautés plus productives que les zones de vasières intertidales moyennes. Ces filandres pourraient donc constituer un réservoir de population à l'échelle de l'estuaire.

Les 2 sites ateliers semblent relativement similaires en termes de paramètres biologiques (richesse spécifique, densité et biomasse), que ce soit au niveau du Chenal ou du schorre.

Enfin, l'anthropisation différente des filandres Harle et Grande Crique ne semble pas impacter de façon évidente la structure des communautés benthiques ou d'invertébrés terrestres peuplant ces sites.

En terme de diversité, 4 grandes communautés sont présentes dans et autour des filandres (Figure I-27) :

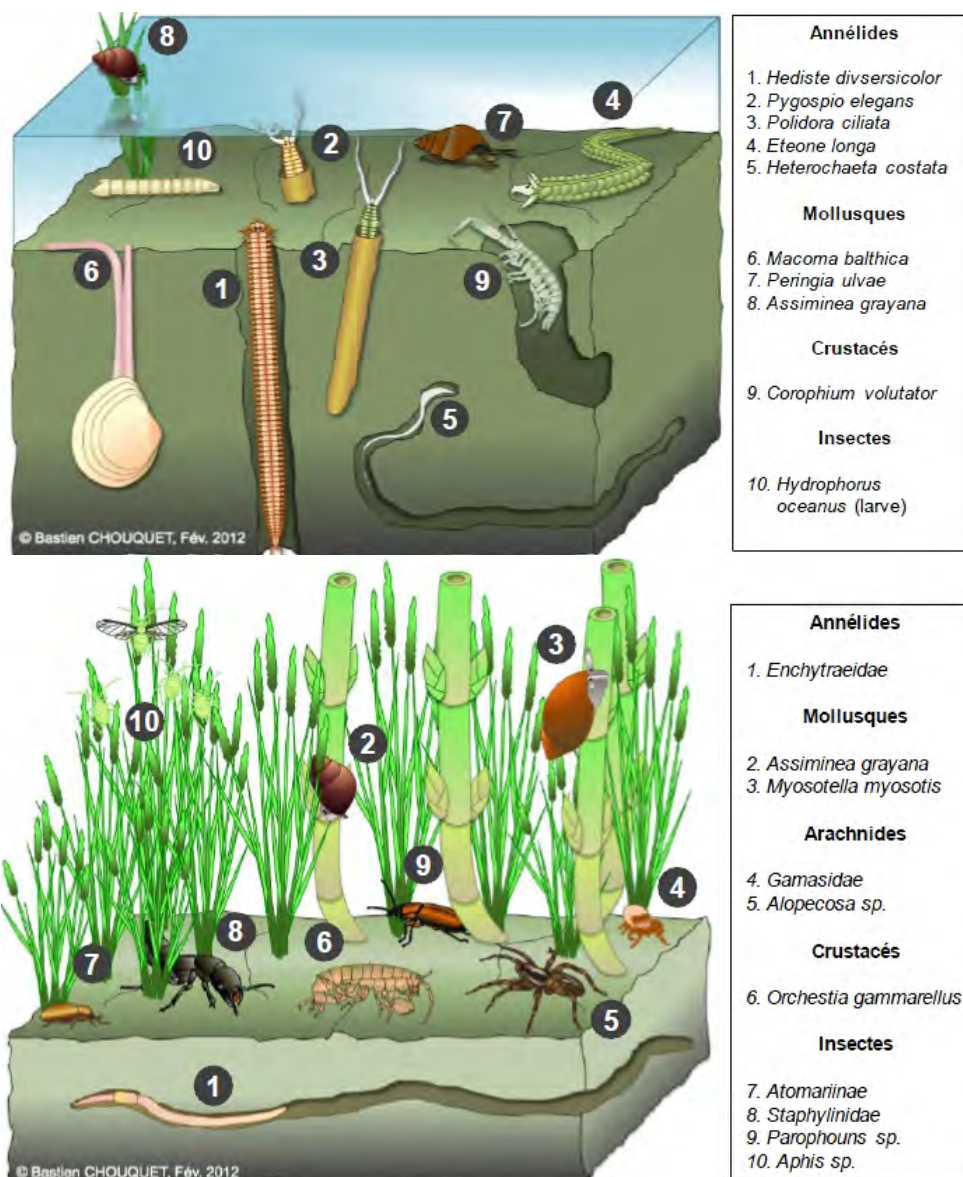


Figure I-27. Deux exemples de communauté zoobenthiques : la communauté de la Slikke à *Hediste diversicolor* - *Corophium volutator* – *Macoma balthica* (en haut) et la communauté du Haut Schorre à *Orchestia gammarellus* – *Myosotella myosotis* – *Gamasidae* (en bas). Rappel des figures VII-40 et VII-43. Document Bastien Chouquet.

- La communauté de la Slikke à *Hediste diversicolor* - *Corophium volutator* – *Macoma balthica* : présente sur les stations les plus envasées et immergées à chaque marée, elle est relativement riche ( $\approx 30$  espèces), homogène, présente des densités importantes ( $11\,660\text{ ind.m}^{-2}$  en moyenne) et constitue la communauté la plus productive de la zone d'étude (plus de  $7\text{ g.m}^{-2}$  en moyenne). Cette communauté est bien décrite sur les vasières de la rive nord de l'estuaire de Seine.

- La communauté du Bas Schorre à *Enchytraeidae* – *Lekanesphaera rugicauda* – *Carcinus maenas* : présente sur les stations du schorre les plus basses, donc régulièrement immergées mais sur de courtes durées. Cette communauté intègre les espèces les plus résistantes à l'émersion de la communauté de la slikke, auxquelles s'ajoutent de nombreuses espèces d'Arthropodes des milieux humides plus ou moins salés.

- La communauté du Haut Schorre à *Orchestia gammarellus* – *Myosotella myosotis* – *Gamasidae* : présente sur les stations les plus élevées topographiquement, donc les plus sèches. Cette communauté regroupe des espèces à mode de vie terrestre mais affines des zones humides.

- La communauté terrestre des zones humides à végétation ligneuse à *Brachyiulus pusillus* - *Lithobius sp.* : retrouvée exclusivement sur la rive est de la filandre Grande Crique au niveau de la ceinture à phragmites. Son cortège faunistique correspond plutôt à des espèces peuplant les litières de forêt, ce qui concorde avec la présence d'arbustes sur ces stations.

Ces communautés, exceptée la dernière, semblent présenter globalement la même répartition sur les 2 sites d'étude. De fait, les communautés des 2 filandres sont trop similaires pour entreprendre une démarche de classification.

Cependant les données collectées par la CSLN sur la macrofaune benthique des filandres de l'estuaire de Seines montrent clairement que les filandres, surtout les plus aval, présentent un intérêt écologique majeur, tant patrimonial qu'en termes de ressources trophiques disponibles pour les maillons trophiques supérieures (Ichtyofaune, avifaune). De plus, ces milieux pourraient constituer des réservoirs de population qui permettent une colonisation rapide des zones de vasières intertidales proches, permettant une grande résilience des communautés à l'échelle de l'estuaire.

## **I-2-7 Ichtyologie**

### **I-2-7-1. Typologie des assemblages d'espèces dans l'estuaire de la Seine**

La richesse spécifique de l'ichtyofaune de huit filandres échantillonnées entre 2002 et 2004 dans l'estuaire moyen de la Seine se compose d'une trentaine de taxons. Ce résultat correspond à un niveau relativement élevé pour ce type d'habitats en comparaison avec des systèmes où le gradient de salinité est faible (Baie du Mont St Michel : 13 taxons, cette étude). La présence d'espèces d'eau douce est significative (12 taxons), à part sensiblement égale avec ceux d'origine marine (11 taxons), le reste identifiant des résidents estuariens (4 taxons) et des espèces amphihalines (4 taxons).

Les abondances numériques ne montrent pas de gradient amont-aval entre les filandres. Que ce soit pour ce paramètre ou pour la richesse, on assiste à une succession spatiale d'espèces avec des gradients d'augmentation vers l'amont (poissons d'eau douce) ou vers l'aval (poissons d'origine marine). En éliminant les espèces rares, huit taxons structurent essentiellement les variations spatio-temporelles d'abondance : les gobies (surtout *P. microps*), le flet, l'éperlan, le mulot porc, l'épinoche, le bar, les Clupéidés (sprat et hareng) ainsi que l'anguille.

Au cours de la période des mois de mai-septembre, les abondances totales tendent à diminuer, avec de fortes disparités au printemps qui tendent à s'estomper par la suite. Les filandres sont colonisées par différentes vagues successives, les pics d'abondance se produisant au mois de mai-juin pour certains taxons (épinoche, clupéidés, flet, mulot porc), en été pour d'autres (bar commun, éperlan, gobies, anguille).



Le recours à l'analyse multivariée (AFD) permet d'isoler les mois d'été (juillet, août, septembre) par rapport à ceux de printemps et d'entreprendre une approche de la typologie des assemblages d'espèces pour ces deux périodes distinctes. En condition estivale (57 observations), il ressort que l'assemblage d'espèces des filandres de la Grande Vasière (Harle) diffère de ceux de l'ensemble des filandres situées plus en amont. Cet assemblage est dominé par le bar commun, les gobies et l'éperlan. En amont du Pont de Normandie, l'assemblage d'espèces est dominé par le mulot porc de part et d'autre de la Seine, mais par l'éperlan pour les filandres en rive droite de la Risle. Cet ensemble de filandres en domaine méso-oligohalin peut donc être décomposé en deux sous types d'assemblages, dont l'un semble sous l'influence de la Risle, avec les brèmes en 5<sup>ème</sup> position (Figure I-28).

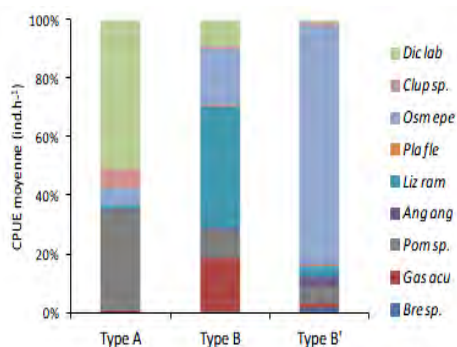


Figure I-28. Contribution des principales espèces (% des CPUE numériques) aux trois types d'assemblages identifiés dans les filandres de l'estuaire moyen de la Seine. Rappel de la figure VI-11. Document Sylvain Duhamel

Les deux grands types d'assemblages se distinguent en outre par l'abondance significativement plus élevée des poissons d'origine marine dans les filandres bordant la Fosse Nord. En période printanière (33 observations), le jeu de données restreint et la variabilité accrue des abondances tend à diminuer la portée d'une typologie d'assemblage d'espèces entre les filandres à cette saison. Les juvéniles de certaines espèces n'ont pas encore atteints la taille pour être efficacement échantillonnés et l'on peut penser que leur répartition est assez homogène en raison du caractère plus passif de leur déplacement avec les courants de marée.

Les caractéristiques hydrologiques et bathymétriques sur les stations de pêche constituent deux facteurs essentiels qui, en condition estivale, déterminent en premier lieu les assemblages de poissons. Lorsque les juvéniles colonisent activement les filandres, la connexion entre les habitats estuariens devient un facteur susceptible de structurer également les flux de l'ichtyofaune vers les chenaux de marée latéraux. Les filandres en amont du Pont de Normandie en rive droite font l'objet de gradient de salinité important (jusqu'à 10 entre le débouché et les têtes de chenaux). La cote au débouché requière de ce fait une attention particulière et plus elle est basse, plus certaines espèces (i.e. d'origine marine) pourront se réfugier dans la filandre, en bénéficiant d'un niveau de salinité suffisant à proximité du débouché. A la variabilité inter-filandre des assemblages d'espèces se superpose donc une variabilité intra-filandre qui dépend du gradient de salinité entre les pôles amont et aval des chenaux de marée transverses.

L'approche typologique est complétée dans cette étude qui intègre la Grande Filandre, non échantillonnée durant la période 2002-2004. Sa comparaison avec la Filandre Harle montre qu'elle se rattache à l'ensemble typologique d'assemblage d'espèces de la Grande Vasière Nord, mais on peut aussi considérer qu'elle marque une situation intermédiaire entre les deux grands ensembles identifiés, ceci au vu du gradient de salinité important qui la caractérise à certaines saisons.

### I-2-7-2 Approche comparative de la fonctionnalité des filandres avec la Baie du Mont St Michel

#### I-2-7-2-1 Assemblages d'espèces, guildes d'usage et croissance des juvéniles

La présence de poissons d'eau douce et d'espèces typiques des grands estuaires du Nord de l'Europe dans les filandres de l'estuaire de Seine sont les deux principales raisons qui différencient cet estuaire par rapport au cortège d'espèces de la Baie du Mont Saint Michel. Les pics temporels d'abondances totales sont relativement synchrones, centrés sur chaque site en période chaude de l'année (figure I-29).

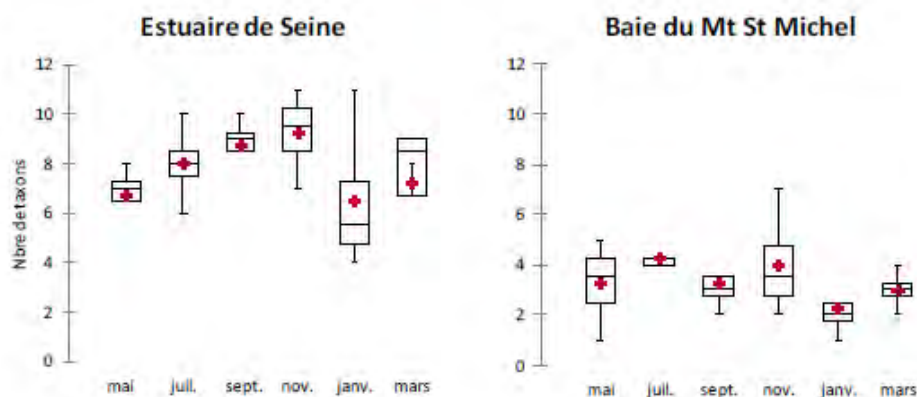


Figure I-29. Evolution temporelle de la richesse spécifique de l'ichtyofaune échantillonnée de façon synchrone (2010-2011) dans deux filandres dans l'estuaire de la Seine (à gauche) et en Baie du Mont St Michel (à droite). Rappel de la figure VI.20 – Document Sylvain Duhamel.

D'un point de vue qualitatif, les traits d'histoire de vie (abondance et stade auquel les espèces sont présentes) des principaux taxons communs sont très similaires. Ceci tend à montrer que le degré élevé d'anthropisation qui caractérise l'estuaire de la Seine (qualité d'eau et aménagements multiples), n'entrave pas le cycle de vie des espèces qui le fréquente. Au contraire, on observe même en estuaire de Seine des stades qui ne sont pas identifiés en Baie du Mont St Michel, à savoir la présence d'adultes ou sub-adultes (flet, bar) qui exploitent les filandres à des fins de nourrissage post-hivernal ou post-reproduction (flet). La raison de l'absence de ces stades dans les filandres du site Bas Normand est vraisemblablement à relier à l'altitude généralement élevée des filandres sur l'estran, ce qui n'est pas toujours le cas dans l'estuaire de la Seine. La croissance (AGR) des juvéniles ne montre pas de différence significative entre les deux sites, mais à l'exemple du bar, le séjour des YoY sur les filandres semble de moindre durée en Baie du Mt St Michel comparativement à ce qui est observé dans l'estuaire de la Seine. La variabilité de l'aire de répartition des YoY, à mettre en relation avec leur migration ontogénique vers les eaux plus profondes, limite cependant la portée de cet indicateur.

D'un point de vue quantitatif, la variabilité intra filandre est plus élevée en Baie du Mont St Michel qu'en estuaire de Seine, à relier la morphologie des chenaux de marée qui ont été échantillonnés. Les stations de pêche les plus proches du débouché de la filandre collectent sur le site Bas Normand les poissons originaires de différents bras, ce qui n'est pas le cas en estuaire de Seine où les filandres étudiées sont peu ramifiées, voire pas du tout (Grande Filandre).

La variabilité inter estuaire fait l'objet d'un constat nuancé. On peut en effet considérer que fonctionnalité des filandres de l'estuaire de la Seine est meilleure que celle de Baie du Mt St Michel du fait de leurs meilleures conditions d'accès, c'est-à-dire plus fréquemment en raison de leur moindre hauteur topographique sur l'estran. Le temps d'exploitation y est également plus long à

chaque marée en raison d'une tenue du plein (2,5 heures) qui n'existe pas en Baie du Mont St Michel.

Ceci est toutefois à relativiser car même si le filtre bathymétrique semble plus influent en Baie du Mt St Michel, la multiplicité des filandres et les conditions plus homogènes de salinité peuvent être considérées comme étant favorables à une meilleure capacité d'accueil globale pour certaines espèces (bar, mullet) fortement dépendantes de ce type d'habitat au cours de leur cycle. La situation de la Seine est très différente, avec un important gradient de salinité et des digues, ces deux critères pouvant être considérés en tant que variables forçantes de l'organisation spatiale de l'ichtyofaune. Pour une gamme de salinité donnée, le nombre de filandre est très réduit dans l'estuaire de la Seine, expliquant peut-être les fortes abondances observées, supérieures à dans certains cas à celles du site Bas Normand. En ne prenant en compte que les espèces d'origine marine, on peut considérer que l'estuaire de la Seine fait l'objet d'une moindre capacité globale d'accueil en terme de surfaces de filandres, auquel s'ajoute une dégradation de la connectivité entre les habitats essentiels comparativement à la Baie du Mt St Michel où les filandres sont directement connectées à de vastes zones intertidales sur lesquelles subsistent des flaques à basse mer et des zones de rétention d'eau (bâches).

I-2-7-2-2 Tentative de reconstitution des réseaux trophiques de divers types de filandres en baie de Seine et comparaison avec la baie du Mont St Michel.

L'objectif initial de cette étude était de reconstituer les chaînes trophiques dans différents types de filandres de la baie de Seine et de les comparer à un système similaire représenté par la baie du Mont St Michel. Un deuxième objectif affiché dans cette approche des réseaux trophiques par isotopie stable était de montrer d'éventuelles perturbations des réseaux trophiques en fonction des sources disponibles majoritaires et notamment les plantes supérieures halophiles : obione, puccinellie et chiendent en Baie du Mont St Michel, puccinellie, chiendent et phragmite en baie de Seine. Des comparaisons deux à deux ont été faites, basées sur le statut de ces espèces au sein de chaque baie : envahissantes pour le chiendent et le phragmite, respectivement en baies du Mont St Michel et de Seine, présence naturelle pour le chiendent et la puccinellie en baie de Seine, l'obione en baie du Mont St Michel, présence de la puccinellie sous pression de pâturage en baie du Mont St Michel (figures I-30 et I-31).

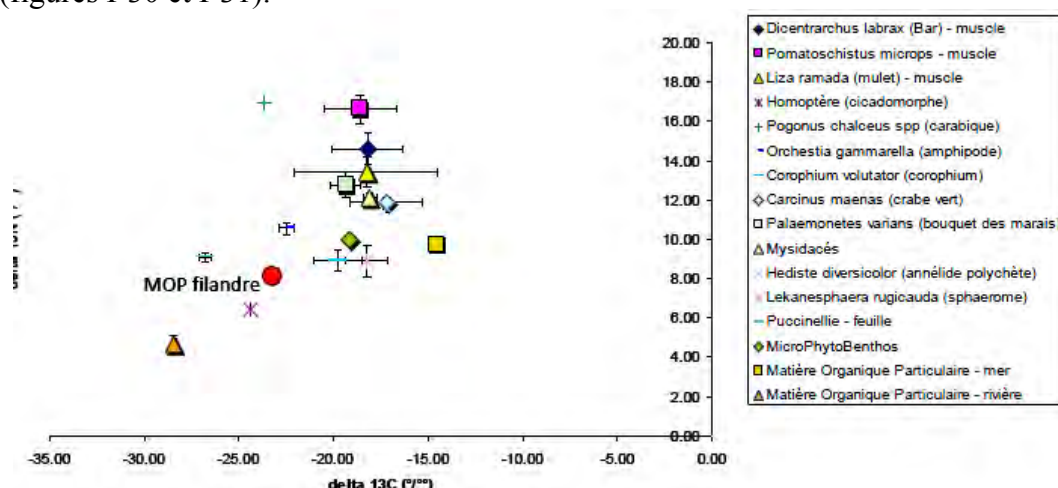


Figure I-30. Représentation des valeurs moyennes ( $\pm$  sd) de ratios isotopiques du carbone et de l'azote pour les maillons majeurs du réseau trophique d'une filandre bordée par la puccinellie en baie de Seine. Rappel de la figure VI-35 – Document Alexandre Carpentier.

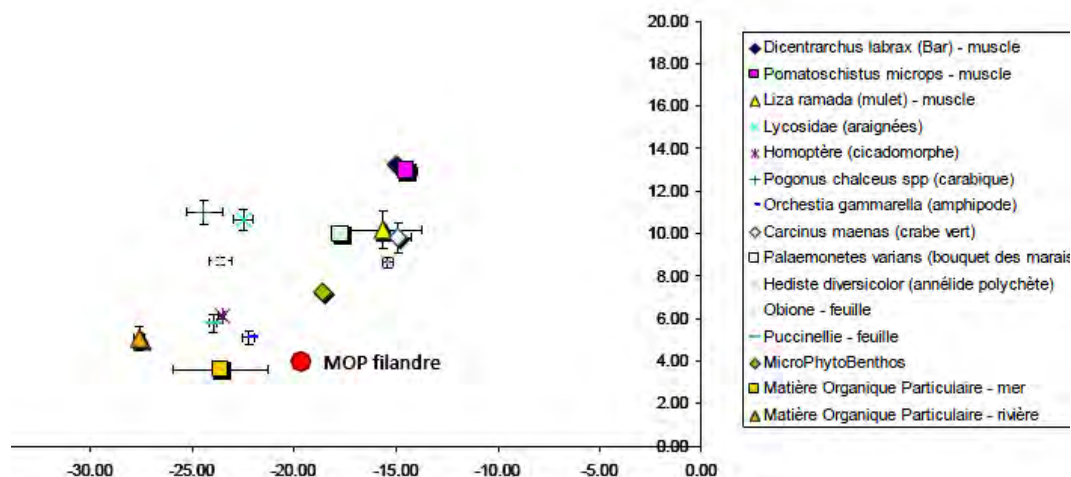


Figure I-31. Représentation des valeurs moyennes ( $\pm$  sd) de ratios isotopiques du carbone et de l'azote pour les maillons majeurs du réseau trophique d'une filandre bordée par la puccinellie en baie du Mont St Michel. – Rappel de la figure VI.36 - Document Alexandre Carpentier.

1) la première partie de cette étude nous a montré que l'organisation des différents maillons de ces chaînes trophiques est remarquablement fidèle d'une baie à l'autre avec deux réseaux bien séparés à la base apparaissant du fait de sources très différentes. De façon remarquable, toutes ces signatures de base sont relativement stables au sein de chaque baie quelle que soit la filandre considérée, hormis celles de la Matière Organique Particulaire de l'eau des filandres. Ceci peut s'interpréter, fort logiquement compte tenu de la configuration des deux sites, comme étant due à une plus forte influence de l'eau douce en baie de Seine comparée à la baie du Mont St Michel. Il en découle une différence de « mélange » entre les réseaux marins et terrestres observé entre les deux baies. Contrairement à ce que l'on observe en baie du Mont St Michel, le rapprochement des deux réseaux observé en baie de Seine se fait par le biais, dans le cas des marais salés, de la présence de consommateurs primaires susceptibles de consommer à la fois des sources marines et terrestres. Plus haut dans la chaîne trophique et concernant la fonction de nourricerie des marais salés et d'accès à ces derniers joué par les filandres pour les poissons, nous notons également une situation bien contrastée avec : (1) en baie du Mont St Michel, le décalage observé à la base des réseaux terrestres et marins conservé jusqu'aux prédateurs supérieurs et des espèces comme *Orchestia gammarella* qui ne semblent pas rentrer de façon prépondérante dans l'alimentation des poissons et ce, dans toutes les situations testées (zones à obione, à chiendent, à puccinellie). (2) En baie de Seine, on observe un décalage du réseau marin qui se rapproche nettement du réseau terrestre au fur et à mesure que l'on monte dans les échelons trophiques. *Orchestia gammarella* en baie de Seine semble beaucoup plus participer au réseau trophique d'origine marine et notamment auprès des poissons prédateurs (bar, gobie). Ce résultat est à remettre dans le contexte d'importantes différences d'accessibilité du marais salé par les filandres pour les poissons estimé à 43% des marées en baie du Mont St Michel contre 93% en baie de Seine, ceci jouant un rôle certain sur les signatures des prédateurs (e.g. bar, gobies).

2) le deuxième objectif était de montrer d'éventuelles perturbations des réseaux trophiques en fonction des sources disponibles majoritaires et notamment les plantes supérieures halophiles : obione, puccinellie et chiendent en Baie du Mont St Michel, puccinellie, chiendent et phragmite en baie de Seine. L'approche par les réseaux trophiques ne montre malheureusement pas de différences nettes entre ces situations, que ce soit en comparaison inter ou intra baie. Plusieurs explications peuvent être évoquées. La première est le résultat fort de la présente étude isotopique à savoir une

seule différence marquée au niveau de la comparaison entre les baies (cf 1)) et susceptible de gommer des différences intra sites plus fines. Une seconde explication est l'absence de réelle ségrégation entre les signatures en  $\delta^{13}\text{C}$  des différentes plantes sources qui empêche de discerner d'éventuels ajustements fins sur les réseaux qui en découlent.

### **I-2-8 Végétation**

Les données phytosociologiques ont permis de rendre compte d'une monographie phytoécologique des filandres (partie V). Harle est entièrement située en contexte halophile, ce que traduit bien l'absence des associations dulçaquicoles, le nombre important d'associations halophiles, le contexte majoritairement occupé par la roselière subhalophile. Grande Crique possède les mêmes caractéristiques de filandre halophile. Pour la crique du Hode, seule une petite zone en bord de Seine constitue un liseré halophile, alors que très rapidement, après une dizaine de mètres de l'embouchure, apparaissent les associations dulçaquicoles du système prairial et des roselières et mégaphorbiaies dulçaquicoles. On voit donc nettement la réduction des communautés halophiles et l'apparition marquée des communautés dulçaquicoles. On pourrait qualifier ce type de filandre de " filandre mixte " comportant une partie halophile à subhalophile et une partie (dominante) entièrement dulçaquicole. La Crique à Connard voit la disparition quasi-complète des associations halophiles, à l'exception des macroalgues supralittorales des pontons et digues du fleuve. Même si quelques communautés subhalophiles sont encore ponctuellement présentes, l'essentiel du bassin versant de la filandre est caractérisé par des prairies dulçaquicoles. On pourrait donc parler d'un troisième type " filandre dulçaquicole ".

## **I-3. TYPOLOGIE DES FILANDRES**

Parmi le grand nombre de données acquises pendant le projet DEFHFIS, quelques-unes sont pertinentes pour définir une classification des filandres. Ce travail est aidé en cela par la morphologie de l'estuaire de la Seine. Les grands aménagements ont en effet compartimenté l'estuaire, compartiments qui peuvent fonctionner de manière indépendante ou être connectés temporairement ; c'est le cas par exemple et du chenal Nord et du chenal Sud en Estuaire.

Dans la zone des filandres, des cellules morphologiques apparaissent nettement : (1) les filandres du chenal Nord, soumises à une très forte évolution morphologique, dans le sens d'un ensablement ; cet ensablement prend la forme de larges champs de mégarides qui ont pour avantage de stabiliser l'évolution des filandres par érosion régressive. (2) le chenal environnemental est une forme majeure qui a profondément modifié la morphologie de la grande Crique (sa longueur a été réduite de 2249 m). A ce nouveau chenal en évolution est inféodé, en plus de la Grande Crique, la vasière artificielle. (3) les Criques de la rive Nord (Tignol, Hode et Estacade, étudiées dans DEFHFIS) sont dans un autre contexte morphologique, derrière une digue dans laquelle des brèches permettent une mise en eau. (4) les Crique de la rive Sud sont peu nombreuses : ont y compte particulièrement la crique à Connard et les filandres RD2 et RD3 (et RD1 non étudié dans DEFHFIS). Elles se positionnent dans un milieu artificialisé, formé essentiellement de prairies. Le pont de Normandie et son remblai forment une nette limite entre l'amont et l'aval.

Parmi les paramètres étudiés dans DEFHFIS, ceux concernant la morphologie sont pertinents : profils en long (PL), l'encaissement  $|PlogS|$ , Ordre de Shreve (dans une moindre mesure), Le volume oscillant VO, le volume oscillant par unité de surface VO/S, le temps d'immersion (Ti), la salinité, et le pourcentage d'occupation des sols. Une Classification



Ascendante Hiérarchique a été réalisées sur les indicateurs hydro morphologiques (figure IVa-13) ; elle donne une première idée de la typologie des filandres.

Concernant les paramètres sédimentologiques, la granulométrie n'est pas discriminante, les teneurs en fine (et les classifications) étant relativement homogène sur l'ensemble des filandres. Il est cependant possible de discriminer les filandres selon la faciologie de dépôts et la cohésion ( $\tau_y$ ). Il est également possible de considérer la manière dont les filandres ont réagi, en termes de sédimentologie, à la crue de janvier 2011, même si ce paramètre est assez subjectif. Il est utilisé car relativement cohérent avec les autres observations.

Ni les caractéristiques ornithologiques, ni les caractéristiques du peuplement benthique ne permettent de classification. Cependant les données benthos montrent que les stations en aval, plus marin, ont une richesse spécifique plus importante, sont plus densément peuplées et ont une productivité plus forte.

Les données ichtyologiques (données accumulées sur HA, GC, VA, TI, RD et CO plus l'épi de la rive sud) permettent une discrimination des filandres par assemblages selon les espèces rencontrées.

Les données de phytosociologie ont montré que Harle était nettement en contexte halophile (roselière subhalophile); il en est de même pour Grande Crique, tandis que le Hode est de type mixte, comportant une partie halophile à subhalophile et une partie dulçaquicole. La crique à Connard est nettement en zone " filandre dulçaquicole ".

Les données géochimiques (rapport C/S) permettent également une discrimination, Vasière nord, amont du Pont de Normandie et Rive Sud.

Ces données sont recensées et synthétisées dans le tableau I-2.

	RO	HA	FU	GC	VA	TI	ES	HO	CO	RD2	RD3
Pente	PL > 3,5 (Erosion) + jeune			PL < 3,5 (Sédimentation) + matures							PL > 3,5
PlogS	PlogS   >3 + évasé			PlogS   < 3 + encaissé							
Ordre de Shreve	10 – 30			> 40			X	< 20			
VO	40 – 120 Mm³.an <sup>-1</sup>					175Mm³.an <sup>-1</sup>	X	X	< 20 Mm³.an <sup>-1</sup>		
VOS	> 1,2 Mm³.ha <sup>-1</sup>			0,7- 1 Mm³.ha <sup>-1</sup>			X	X	< 0,33 Mm³.ha <sup>-1</sup>		
Ti	< 2.10 <sup>6</sup> h.an <sup>-1</sup>				4,5.10 <sup>6</sup> h.an <sup>-1</sup>		X	X	0,11.10 <sup>6</sup> h.an <sup>-1</sup>	X	X
S0	Section aval + importante		Section aval - importante				X	X	X	X	X
Salinité	> 25 ‰			23 ‰	15 ‰	< 7 ‰					3,7 ‰
Salinité	polyhalin				mesohalin						oligohalin
Occupation des sols dominante	Schorre			Phragmitaie			Mégaphorbiaie		Prairies		
Faciès	vases compactes, noires, bioturbées			intermédiaire	vases grises, molles, homogènes					Vases plus sableuses, litées	
Évol. Conc	Groupe1			Groupe2		Groupe3			Groupe4		
τ <sub>y</sub>	> 300 N.m <sup>-2</sup>			200- 300 N.m <sup>-2</sup>		200 et < 200 N.m <sup>-2</sup>					
benthos	+ richesse spécifique, + densité + productivité			- richesse spécifique, - densité ; -productivité							
Classif CB	G3	Groupe1		G1 G2	Groupe2					Groupe4	
Assemblage été*	TYPE A Bar gobie clupeidae			X	Type B Épinoche mullet porc		X	X	Type B' Eperlan Brème		
Assemblage printemps*	homogène								isolé		
Sites ateliers DEFHFIS*	Groupe1				Groupe2						
végétation	Halophile Roselière subhalophile			Filandre halophile	Filandre mixte				Filandre duçaquicole		
C/S	%Corg + faible/marin			Variation saisonnière		mixte			%Corg+fort / continental		

Tableau I-2. Ensemble des paramètres pertinents pour déterminer la typologie des filandres. Les cellules fusionnées sur chaque ligne indiquent que les filandres concernées soient regroupées par affinités ou valeurs. X = pas de donnée. G = Groupe. \* = ichtyologie; C/S = carbone organique/soufre

Une classification typologique peut ainsi être réalisées (Figure I-32).

### Le type Vasière Nord

Le Type Vasière nord se détache très nettement des autres, tant du point de vue morphosédimentologique que du point de vue biologique. Il est formé d'un système slikke schorre. Il est constitué des filandres de la vasière nord, soient Rousserolle, Fuligule, Harle, étudiées dans le

cadre de DEFHFIS pour la typologie, mais aussi Courlis, Nette, Guifette (paramètres morphologiques). Ces filandres ont les caractéristiques suivantes :

- Elles sont plus jeunes, majoritairement en érosion régressive ( $PL > 3,5$ ), évasées ( $|PlogS| > 3$ ),
- un ordre de Shreve compris entre 10 et 30,
- des sections aval plus importantes,
- des volumes oscillants significatifs (jusqu'à  $120 \text{ Mm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ ), les VO/S les plus forts (supérieur à  $1,2 \text{ Mm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ),
- Des temps d'inondation faibles ( $< 2 \cdot 10^6 \text{ h} \cdot \text{an}^{-1}$ ),
- Une salinité dans le domaine du polyhalin,
- Une occupation des sols majoritaires de schorre,
- Des faciès de vase noire compactes bioturbées,
- Des vases très compactes  $\tau_y > 300 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ , voire de l'ordre du  $\text{KN} \cdot \text{m}^{-2}$ ,
- Des caractéristiques zoobenthiques montrant plus de richesse spécifique, plus de densité de population, plus de productivité que l'amont,
- Un assemblage ichthyologique type A dominé par les Bars, Gobie, et les clupeidae dans une moindre mesure,
- Une végétation nettement halophile (roselière),
- Un pourcentage de carbone organique plus faible, un rapport C/S attestant de caractéristiques plus marines,

### **Le type Rive Nord**

Le Type Rive nord présente souvent des valeurs intermédiaires. La frontière entre le type Rive Nord et Vasière Nord est le pont de Normandie, avec sans doute un gradient de l'aval avers l'amont lié au chenal Environnemental. Ces filandres sont au contact direct de l'estuaire, avec vers l'amont une slikke très peu développée ou absente. Sont concernées Grande Crique, Vasière Artificielle, Tignol, Estacade et Hode. A noter que Grande Crique se positionne quelquefois comme intermédiaire entre le type Rive Nord et le type Vasière Nord. De plus, Vasière Artificielle et Grande Crique sont inféodés au chenal Environnemental, ce qui quelquefois les dissocie des autres.

Ces filandres ont les caractéristiques suivantes :

- Ces sont des filandres plus matures, majoritairement en sédimentation ( $PL < 3,5$ ), encaissées ( $|PlogS| < 3$ ),
- un ordre de Shreve plutôt fort ( $> 40$ ), hormis pour La Crique du Hode,
- des sections aval moins importantes car influencées par des digues,
- des volumes oscillants très importants (jusqu'à  $175 \text{ Mm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$  pour Tignol), les VO/S intermédiaires ( $0,7 - 1 \text{ Mm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ),
- Des temps d'inondation très fort ( $> 4,5 \cdot 10^6 \text{ h} \cdot \text{an}^{-1}$ ),
- Une salinité dans le domaine du mésohalin,
- Une occupation des sols majoritaire de phragmitaie et mégaphorbiaie,
- Des faciès de vases grises, molles et homogènes,
- des vases compactes  $\tau_y$  entre 200 et  $300 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ ,
- Des caractéristiques zoobenthiques montrant moins de richesse spécifique, moins de densité de population, moins de productivité que l'aval,
- Un assemblage ichthyologique type B dominé par l'épinoche et le mulot porc.
- Une végétation de type mixte, comportant une partie halophile à subhalophile et une partie dulcaquicole.
- un rapport C/S intermédiaire.

### Le type Rive Sud

Ces filandres sont assez spéciales ; elles sont artificielles (Crique à Connard) ou caractéristiques d'une maturité avancée (RD1, 2 et 3 se prolongeant par une baissière, ancien chenal comblé et en eau durant les grands coefficients de marée). Elles sont de plus fortement anthropisées (prairies). Il s'agit de la Crique à Connard, de RD2 et RD3 inféodées à la Risle. Le canal de retour peut être associé à ce groupe.

Ces filandres ont les caractéristiques suivantes :

- Ces sont des filandres plus matures, majoritairement en sédimentation ( $PL < 3,5$ ), encaissées ( $|PlogS| < 3$ ),
- un ordre de Shreve très faible ( $< 20$ ), comparativement aux autres filandres,
- des sections aval moins importantes car influencées par des digues,
- des volumes oscillants très faibles (moins de  $20 \text{ Mm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ ), les VO/S les plus faibles (moins de  $0,33 \text{ Mm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ),
- Les temps d'inondation les plus faibles ( $0,11 \cdot 10^6 \text{ h} \cdot \text{an}^{-1}$  pour la crique à Connard),
- Une salinité dans le domaine du mésohalin, voire de l'oligohalin pour RD3, sous influence de la Risle
- Une occupation des sols majoritaires de prairies,
- Des faciès de vase grises, molles mais plus sableuse et quelquefois litées,
- des vases molles  $\tau_y < 200 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ ,
- Des caractéristiques zoobenthiques montrant moins de richesse spécifique, moins de densité de population, moins de productivité que l'aval,
- Un assemblage ichthyologique type B' dominé par la Brème.
- Une végétation de type dulcaquicole.
- Un pourcentage de carbone organique plus fort, un rapport C/S attestant de caractéristiques plus continentales.

La Grande Crique présente un cas particulier dans cette classification. Sa position spécifique dans l'estuaire, le fait qu'elle ait été tronquée par le chenal environnemental, artificiel et en cours de remodelage et les travaux d'entretien qu'elle doit subir lui confère ainsi un statut intermédiaire entre les filandres associées au chenal nord et celles associées au chenal de Seine (type Rive nord), en amont.

Du point de vue de la salinité, si elle présente une nette évolution amont aval (avec un maximum de salinité rencontré en son milieu) elle peut également passer de polyhalin à mesohalin, au grés des saisons. En effet, si les missions "typologie" ont toujours montré des valeurs de salinité supérieures à 20,3 (hormis un point en amont), les missions "poissons" ont déterminé des valeurs inférieures ( $17,7 \pm 5,9$  à l'aval).

Du point de vue des paramètres (Ti, VO, faciès, C/S), la Grande Crique se positionne ainsi quelquefois avec de fortes affinités "Vasière Nord" et quelques fois avec des affinités "Rive Nord". Elle est cependant classée globalement Rive nord, avec des affinités "Vasière Nord".

La vasière du Hode peut également avoir des caractéristiques intermédiaires entre "Rive Sud" et "Rive Nord", en raison de sa position similaire, du point de vue pK, avec la Crique à Connard, et de la relative étroitesse de l'espace (entre chenal et le chemin de halage) dans lequel elle s'étend.

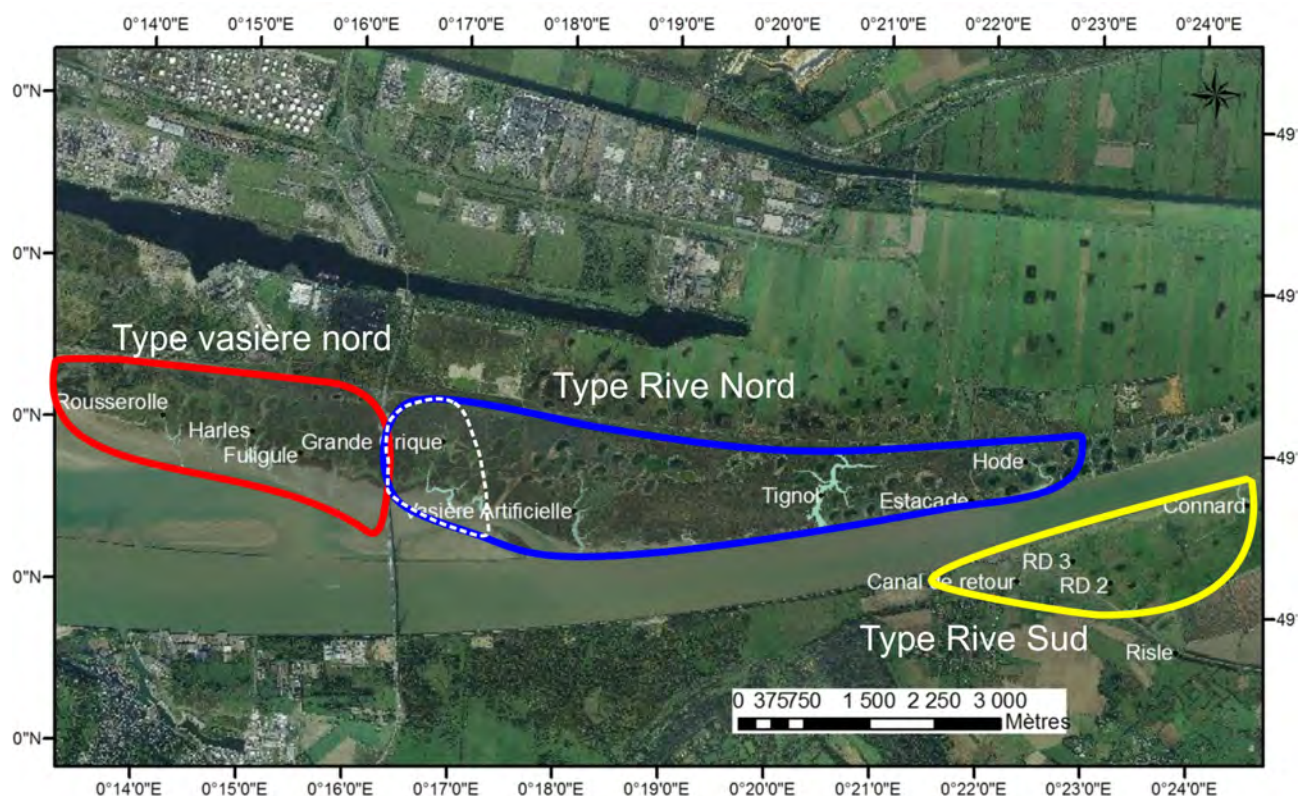


Figure I-32. Typologie des filandres en estuaire aval. La grande Crique appartient au type Rive Nord mais se positionne selon les paramètres comme intermédiaire entre les type Rive nord et Vasière nord.

Cette typologie est basée sur l'étude de 11 filandres, ce qui est déjà beaucoup. Hormis le besoin d'échantillonnage complémentaire (poissons, benthos) afin d'affiner l'aspect biologique de cette typologie, il semble maintenant important d'aller plus en amont de l'estuaire de la Seine afin d'avoir une vision globale des systèmes filandres.

#### I-4. SYNTHÈSE

Les filandres de l'estuaire de la Seine sont des anthroposystèmes. Les aménagements ont compartimenté l'estuaire, de sorte que les systèmes filandres évoluent dans des espaces restreints, entre d'un côté digues et diguettes, et de l'autre des chenaux (chenal de Seine, chenal environnemental, chenal Nord) à forte connotation anthropique et soumis à forte évolution.

Dans la partie aval, 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. Certaines filandres, totalement disparues depuis 1998, sont réapparues depuis 2006.

Les filandres occupent 3,5 % de la surface de la slikke en 2011. Un certain nombre de paramètres morphologiques ont été mis en évidence ; parmi ceux-ci la pente longitudinale et évasement sont très significatifs. Ainsi les sections sont de plus en plus encaissées lorsque l'on remonte vers l'amont. Ce paramètre est indépendant de l'altitude du bassin versant. Les paramètres les plus structurants pour le bassin versant sont la surface, le volume et le volume oscillant.



Les relations entre activités humaines, occupation des sols, et morphologie, sont assez nettes, notamment avec l'activité de fauchage et le pâturage, qui ont des incidences sur la morphologie.

Le fonctionnement hydraulique des filandres est complexe et n'a plus de caractère naturel.

En aval du Pont de Normandie, l'alimentation en eau via les marées fonctionne naturellement. L'eau pénètre dans l'embouchure des filandres et se propage librement dans celles-ci. Les filandres disposent donc d'un espace suffisant pour déborder et le volume oscillant disponible en tête des filandres est pérenne.

En amont du pont de Normandie le fonctionnement diffère notamment en tête des filandres. En effet, les aménagements empêchent les filandres de disposer d'un volume oscillant à leur tête. Les circulations d'eau en amont doivent être gérées par des vannes situées sous la route du pont de l'estuaire afin de répondre aux usagers, chasseurs, coupeurs de roseaux et agriculteurs.

Les filandres sont majoritairement vaseuses, entre 80 et 90% de sédiments fins, avec plus de sable à l'aval de chaque filandre. Les filandres contiennent des vases plutôt molles, comparées à celle de la slikke, qui connaît par ailleurs un net ensablement. Ce sont des cellules sédimentaires indépendantes, du point de vue de la répartition des faciès sédimentaires (déconnexion totale des faciès de la slikke des faciès des filandres) que la dynamique sédimentaire, qui est très différente de la celle de slikke. Les vitesses des courants sont élevées (la moitié de la vitesse maximale enregistrée en chenal de navigation), même celles de jusant, expressément en fort coefficient. Associé à un net effet chenalisation, cela entretient les filandres, du moins dans les zones étudiées.

Le benthos des filandres est caractérisé par une richesse spécifique plus importante, une plus forte productivité et est plus densément peuplé que le benthos de la slikke. Dans le schorre trois communautés d'invertébrés terrestres sont présentes. Véritable prolongation de la slikke, à l'intérieur du schorre, les filandres, surtout les plus en aval, présentent un intérêt écologique majeur, tant patrimonial qu'en termes de ressources disponibles pour les maillons trophiques supérieures (Ichtyofaune, avifaune). De plus, ces milieux pourraient constituer des réservoirs de population qui permettent une colonisation rapide des zones de vasières intertidales proches, permettant une grande résilience des communautés à l'échelle de l'estuaire.

Les filandres jouent un rôle significatif pour les oiseaux. Un grand nombre d'anatidés, de limicoles et de laridés exploitent les filandres, sur tout le continuum amont aval mais plus expressément en partie aval. Les filandres sont utilisées aussi bien comme aire de repos ou d'alimentation. Les filandres présentent un intérêt significatif pour les nichées de tadorne de Belon. Durant les comptages 2011, ce sont en moyenne 36 % des poussins qui ont exploité les deux filandres ateliers (20,7 % des effectifs cumulés au niveau de la grande filandre et 15,6 % au niveau de Harle). En 2010/2011, les secteurs Harle, Grande Crique et Est du méandre ont accueilli plus de 40 % des avocettes élégantes présentes dans l'estuaire, cette espèce présentant un fort intérêt patrimonial. Les filandres sont aussi importantes pour certains passereaux paludicoles qui apprécient plutôt occuper un territoire non loin des filandres en période de reproduction.

Le carbone minéral provient de deux origines, marine et terrigène. Lorsque le taux de carbone minéral est inférieur à 3,5% il semble provenir principalement du milieu marin et quand il est supérieur à 3,5% les sources semblent être multiples. Ce paramètre n'a donc pas pu intervenir comme élément discriminant une influence marine ou continentale.

En se basant sur le C/S des sédiments situés à la tête des filandres, deux ensembles apparaissent . (1) les filandres de la Rive Nord en aval du pont de Normandie (% Corg plus faible associé à un % S plus fort, influence plus marine), (2) les filandres de la rive Sud (influence plus continentale). Les

autres filandres de la rive Nord se placent dans un groupe intermédiaire. Certaines filandres, (Vasière Artificielle et Grande Crique) se placent alternativement dans un comportement mixte suivant les saisons. Le Cmin sur les stations de spartines confirment bien la présence d'une source secondaire de carbonates sur ces zones. Il n'a pas été permis de déterminer l'origine de la MO, même si on entrevoit tout de même des tendances.

Les données phytosociologiques ont permis de rendre compte d'une monographie phytoécologique des filandres (partie V). Harle est entièrement située en contexte halophile. Grande Crique possède les mêmes caractéristiques de filandre halophile. Pour la crique du Hode (filandre mixte), seule une petite zone en bord de Seine constitue un liseré halophile à subhalophile, les autres associations (dominantes) étant dulçaquicoles. La Crique à Connard (filandre dulçaquicole) voit la disparition quasi-complète des associations halophiles, même si quelques communautés subhalophiles sont encore ponctuellement présentes.

La richesse spécifique de l'ichtyofaune de huit filandres échantillonnées dans l'estuaire moyen de la Seine se compose d'une trentaine de taxons, ce qui est relativement élevé, en comparaison avec la baie du Mont Saint Michel où l'influence fluviale est moindre. Les filandres sont colonisées par différents assemblages d'espèces successifs, les pics d'abondance se produisant aux mois de mai-juin et en été. Le degré de connexion avec l'estuaire (cote au débouché des filandres) est un facteur susceptible de structurer également les flux de l'ichtyofaune vers les filandres. A la variabilité inter-filandre des assemblages d'espèces se superpose une variabilité intra-filandre qui dépend du gradient de salinité entre les pôles amont et aval des filandres.

La présence d'espèces d'eau douce et d'autres, typiques des grands estuaires du Nord de l'Europe dans les filandres de l'estuaire de Seine sont les deux principales différences notables par rapport au cortège de la Baie du Mont Saint Michel (considérée dans cette étude comme un site de référence en terme qualitatif). Les pics temporels d'abondances totales sont relativement synchrones et similaires pour les principaux taxons communs aux deux sites. Les taux de croissance observés chez les juvéniles ne montrent pas non plus de différence significative entre les deux sites, tendant à montrer que le degré élevé d'anthropisation qui caractérise l'estuaire de la Seine n'entrave pas la fonction de nourricerie des filandres pour les espèces qui les fréquentent.

La fonctionnalité des filandres de l'estuaire de la Seine pour les poissons apparaît meilleure que celle de la Baie du Mont Saint Michel probablement du fait de meilleures conditions d'accès, c'est-à-dire d'une cote à l'embouchure des filandres plus basse en Seine. Le temps d'exploitation des filandres par les poissons y est par conséquent plus long à chaque marée, tendance renforcée par une tenue du plein qui n'existe pas en Baie du Mont St Michel.

En ne prenant en compte que les espèces d'origine marine, on peut cependant considérer que l'estuaire de la Seine fait l'objet d'une moindre capacité globale d'accueil en terme de surfaces de filandres (nombre de filandres réduits), auquel s'ajoute une dégradation de la connectivité (digues, ramification réduite) entre les habitats essentiels comparativement à la Baie du Mt St Michel.

L'écosystème filandre peut-être considéré comme un écotone dans la mesure où l'inondation ponctuelle des marais salés par la mer via les filandres favorise le mélange entre des réseaux trophiques terrestres (marais salés) et marins (baies). L'architecture des chaînes trophiques entre les baies du Mont St Michel et de Seine est remarquablement fidèle d'une baie à l'autre avec, pour toutes les filandres étudiées, deux réseaux bien séparés à la base apparaissant du fait de sources contrastées (terrestres (espèces halophiles) et marines (microphytobenthos)). Ces deux réseaux se

" mêlent " ensuite de façon plus ou moins prononcée aux niveaux trophiques supérieurs. Quelle que soit la baie considérée, cette approche ne montre malheureusement pas de différences nettes entre les sources disponibles majoritaires (espèces végétales halophiles : chiendent maritime, puccinellie, phragmite, obione) qui avaient guidé le choix des filandres à échantillonner (e.g. la puccinellie domine les zones pâturées en Baie du Mont St Michel). Cependant, des différences inter-baie intéressantes sont à noter. Si le décalage observé à la base entre les réseaux terrestres et marins est conservé jusqu'aux prédateurs supérieurs en baie du Mont St Michel (pas de mélange visible), un décalage du réseau marin est observé en baie de Seine, ce dernier se rapprochant nettement du réseau terrestre au fur et à mesure de la progression dans les échelons trophiques. Ce résultat tend à montrer que les consommateurs secondaires et plus (poissons essentiellement) se nourrissent de proies issues des marais salés (" terrestres ") de façon plus régulière en baie de Seine qu'en baie du Mont Saint Michel. Ceci vient conforter le fait que la fonction de nourricerie des filandres semble meilleure en baie de Seine comparée à la baie du Mont St Michel comme suggéré par la première partie de ce volet ichtyologique sur la base d'un échantillonnage saisonnier. Elle reste cependant à relativiser compte tenu de performances de croissance des juvéniles similaires entre les deux baies.

## I-5. DISCUSSION

Les filandres apparaissent comme des systèmes artificiels. Quelques-uns d'entre eux sont même les conséquences d'une anthropisation : Grande Crique et Tignol sont issus du processus de comblement de la partie amont de ce qui était " la Grande vasière ", aujourd'hui essentiellement colonisée par la végétation, suite aux travaux du pont de Normandie. La filandre Echasse s'est quant à elle reformée suite à la création d'une mare de chasse. Les filandres ne sont pas forcément en équilibre avec les paramètres dynamiques qui normalement régissent un écoulement : section, pente, altitude. Ces paramètres sont perturbés (1) par l'espace restreint, limité par des digues et diguettes, aussi bien en amont qu'en aval (Crique de la rive Nord) des systèmes filandres. Cet espace restreint limite soit leur développement soit leur adaptation aux grandes perturbations, telles la modification morphologique du chenal Nord, induisant une nette érosion régressive ou la troncature de la Grande Crique suite au creusement du chenal environnemental. Ils sont également perturbés par (2) l'activité anthropique. En effet, l'activité de fauchage et le pâturage orientent une structure de végétation. La modification de la structure végétative induit une érosion plus importante des berges des filandres, la vitesse des eaux d'évacuation étant moins limitée. Le creusement et l'entretien des mares de chasse induit une modification de la morphologie non seulement du schorre mais aussi des filandres, ces dernières étant connectées plus ou moins naturellement aux mares. Les rétentions d'eau, naturelles ou non (anciennes mares de chasse abandonnées) peuvent par ailleurs créer des points d'eau permanents sur la vasière et ainsi créer de nouveaux habitats. Cette activité humaine confère au schorre un net caractère d'anthroposol. Le curage de certaines filandres implique également une modification morphologique, de même que les merlons de curage modifient les écoulements, même si des saignées sont réalisées dans les merlons afin de connecter les points bas.

Ceci explique que les corrélations entre les paramètres morphologiques ne soient pas toutes très nettes. De fait certaines filandres, Grande crique en l'occurrence, ont besoin de travaux d'entretien pour perdurer. De même, si certaines filandres, devenus simples canaux, permettent une alimentation en eau des zones humides, ces mêmes aménagements limitent la circulation d'eau vers l'aval, modifiant ainsi l'hydrodynamique. Il faut cependant préciser que ces volumes d'eau en provenance du continent sont relativement faibles comparés au volume oscillant lié à la marée.

Les filandres de la rive sud sont ainsi emblématiques de cet aspect anthropique des filandres. Cette

zone de l'estuaire, très artificialisée (prairies), comporte en effet des filandres créés artificiellement (crique à Connard) et des filandres " fantômes ", associés à des baissières.

Il est intéressant de noter que les filandres forment un environnement qui se distingue très nettement du schorre (voire de la slikke) qui les entoure, tant du point de vue des caractéristiques sédimentaires que des caractéristiques du benthos. Il n'y a ainsi pas de gradient entre la filandre et le schorre

Selon les suivis des années 1998-2000, Le cycle sédimentaire d'une filandre comporte des phases d'engraissement, massifs, susceptibles de combler la totalité de l'espace incisé dans la slikke. Ces engraisements sont associés à la position moyenne du bouchon vaseux dans le chenal, impliquent des apports massifs en aval, réintroduits dans le chenal Nord qui remplissait la fonction, à cette époque, de dépôt temporaire de sédiments fins. Ces dépôts étaient ensuite remobilisés, notamment en période de crue. En effet, les niveaux d'eau en crue, plus élevés, spécialement en vives eaux, induisent des volumes d'eau plus conséquents évacués au jusant. Ces eaux de vidange circulent préférentiellement dans les filandres, ce qui permet une évacuation des sédiments fins. Durant l'étude, les conditions d'étiage prolongé ne permettent pas de juger de ce mécanisme. Cependant, la faible crue enregistrée en janvier 2011 a eu des conséquences visibles au niveau des sédiments. Ceci laisse présager des conséquences d'une forte crue associant un bouchon vaseux significatif, n'ayant pas connu de phase d'expulsion du chenal de Seine depuis longtemps. Cela conduirait à un comblement massif et très rapide de l'ensemble des filandres. Ce dépôt, associé à des vives eaux, pourrait ne pas perdurer, tout du moins une grande partie des sédiments, vaseux et vaso-sableux, qui y seraient stockés seraient redistribués dans l'estuaire. En mortes-eaux, compte tenu de vitesses de courant moins élevées, une partie du dépôt serait susceptible de ne pas être remobilisé et de se tasser rapidement, créant ainsi une dynamique de comblement important.

L'évolution des filandres est une information difficile à anticiper. En partie schorre, le linéaire des filandres est fixé, en partie slikke il évolue constamment et rapidement, les changements étant visibles d'année en année. En partie aval (chenal Nord) l'évolution des filandres est inféodées à l'évolution du chenal Nord. Le remaniement conséquent a eu des impacts contradictoires ; tout d'abord il a entraîné une érosion régressive importante de filandres (l'aval de la slikke est passé d'une morphologie en microfalaise à une morphologie de pente douce) puis sont arrivés les bancs de sable à mégarides qui protègent la partie aval des filandres de l'érosion. A l'heure actuelle, ils seraient relativement stabilisés (ils subiraient des mouvements cycliques) et des filandres ont été réactivés. En rive sud, les filandres sont relativement fixées, bien que soumises à l'érosion sous l'action anthropique directe ou indirecte. En rive Nord (Hode, Tignol, Estacade), seule la partie extrême à l'aval est susceptible de connaître des modifications, les parties amont étant entièrement dans le schorre. De plus ces filandres sont contraintes par des digues, à l'amont, mais aussi à l'aval ou elles limitent les entrées d'eau. La zone de la rive sud pourrait figurer de ce que peuvent devenir les filandres de la rive Nord, situé aux environs des mêmes pK, s'ils n'étaient pas gérés en réserve naturelle.

Le cas de la Grande Crique est particulier. Du point de vue morphologique, cette filandre a été tronquée sévèrement, de qui implique qu'elle soit en réajustement morphologique. Mais ce réajustement, globalement en terme d'érosion régressive, ne peut se faire qu'en érodant le schorre en tête de filandre, comme peuvent le faire les petites filandres de l'aval. Le profil, beaucoup plus pentu, est déséquilibré et la filandre ne se maintient plus naturellement. Elle est fortement anthropisée : curage, gestion des vannes modifiées en 2004 et 2010, partie amont bordée de merlon de curage limitant les échanges d'eau... En examinant les paramètres morphologiques, le chenal

environnemental, du point de vue des sections, serait le prolongement " naturel " de la Grande Crique, avec un débouché en amont du Pont de Normandie.

Ainsi, l'évolution des filandres est surtout difficile à prévoir car en estuaire de Seine, les évolutions naturelles des systèmes sont souvent rattrapés par les aménagements. En effet, avoir une vision nette des environnements sédimentaires, filandres comprises, impliquerait que l'on laisse le temps à l'estuaire de répondre aux réajustements morphologiques et ainsi retrouver un nouvel équilibre hydrosédimentaire en relation avec ses nouveaux paramètres morphologiques. A ce contexte s'ajoute celui des faibles débits fluviaux, qui impliquent que l'estuaire n'est pas forcément en fonctionnement " normal ".

Les filandres sont des écosystèmes à très fort potentiel, aussi bien du point de vue du benthos (plus de richesse spécifique, plus d'abondance, plus de productivité que la slikke), des communautés d'invertébrés terrestres du schorre, du compartiment ichthyologique (très nombreux taxons) que du compartiment ornithologique (utilisation comme zone de repos et d'alimentation, refuge pour juvéniles). Du point de vue ichthyologique, la comparaison avec la Baie du Mont Saint Michel montre que degré élevé d'anthropisation qui caractérise l'estuaire de la Seine (qualité d'eau et aménagements multiples), n'entrave pas le cycle de vie des espèces qui le fréquente. Ces milieux pourraient constituer des réservoirs de population benthiques qui permettent une grande résilience des communautés à l'échelle de l'estuaire. L'intérêt de leur maintien et de leur préservation, voire de leur réhabilitation est donc primordial.

Parmi les paramètres à étudier dans le cadre d'une restauration, le paramètre volume oscillant (VO) semble fondamental. Les relations entre le volume oscillant VO, les sections transversales, et la surface de l'habitat " filandre " étudiées dans la partie IVa (figure I-33) permettent de prévoir des ordres de grandeur des effets d'une augmentation du volume oscillant. Par exemple un gain de  $50.10^6 \text{ m}^3/\text{an}$  de volume oscillant dans la Grande Crique entraîne une multiplication par 10 des sections et une augmentation de 40% de la surface de filandre. Cette réponse concrète à la problématique restauration implique la nécessité d'un espace dans lequel la filandre puisse s'exprimer, aussi bien en amont, en aval que latéralement, ce qui est difficile vu le contexte des aménagements. Un autre point important est la cote de l'embouchure de la filandre : plus cette cote est basse, plus certaines espèces (marines) pourront se réfugier dans la filandre. La ramification est un atout essentiel ; si elle augmente la surface de slikke, cela permet également d'augmenter la capacité d'accueil des filandres pour les poissons, capacité somme toute réduite en raison du faible nombre de filandres.



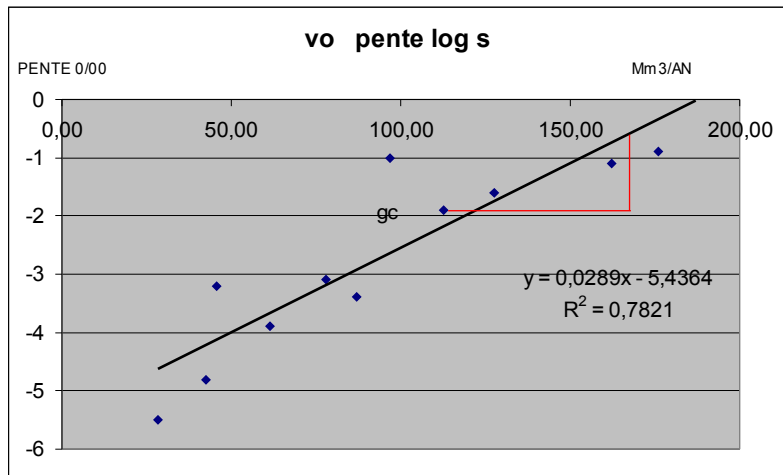


Figure I-33. Utilisation des relations entre le volume oscillant et l'encaissement des filandres (représenté par PlogS, pente de la droite Log des section) pour prévoir l'évolution de la Grande Crique dans l'hypothèse de l'augmentation du volume oscillant de 5 Mm<sup>3</sup>an<sup>-1</sup>. Rappel de la figure Iva-23. Document Christophe Bessineton.

## I-6. LES PRINCIPAUX ACQUIS DE DEFHFIS

Le projet DEFHFIS a permis de déterminer un certains nombres de caractéristiques des filandres jusqu'alors inconnue ou méconnues.

**Les filandres de l'estuaire de la Seine sont des anthroposystèmes.** Les aménagements ont compartimenté l'estuaire, de sorte que les systèmes filandres évoluent dans des espaces restreints, à forte connotation anthropique côté continent et soumis à forte évolution côté marin.

En partie aval, **la divagation et le comblement du chenal de la fosse Nord contrôlent la vitesse et les modalités d'érosion de la surface de la vasière.** Suite à une réduction entre 1998 et 2003 (-65 %), **la surface de la vasière occupée par toutes les filandres est relativement stabilisée** depuis 2006. Les filandres occupent 3,5 % de la surface de la slikke en 2011.

l'intérêt de **paramètres morphologiques** a été mis en évidence ; parmi ceux-ci la **pente longitudinale et évasement sont très significatifs**. Les paramètres les plus structurants pour le bassin versant sont la **surface, le volume et le volume oscillant**. Les relations entre activités humaines, occupation des sols et morphologie sont assez nettes.

Une **embouchure plus vaste et/ou des pentes douces sont des paramètres essentiels pour l'occupation par les oiseaux**. De plus, un **seuil relativement bas** (connectivité avec la Seine ou les chenaux) est un autre **paramètre morphologique fondamental pour les populations de poissons**. **L'accessibilité du marais salé par les filandres pour les poissons est estimé à 43% des marées en baie du Mont St Michel contre 93% en baie de Seine.**

**Le fonctionnement hydraulique actuel des filandres, en amont du pont de Normandie, est complexe et n'a plus de caractère naturel.** Les aménagements empêchent les filandres de disposer d'un volume oscillant. Les circulations d'eau en amont du pont doivent être gérées afin de répondre aux usagers.

Les filandres sont majoritairement vaseuses, entre 80 et 90% de sédiments fins, avec plus de sable à l'aval de chaque filandre. **Ce sont des cellules sédimentaires indépendantes, aussi bien du point de vue de la répartition des faciès sédimentaires que la dynamique sédimentaire.** Les vitesses des courants sont élevées ; associées à un **net effet chenalisation**, elles évitent aux filandres de se combler trop rapidement.

**Le benthos des filandres est caractérisé par une richesse spécifique plus importante, une plus forte productivité et un peuplement plus dense que le benthos de la slikke.** Véritable prolongation de la slikke, à l'intérieur du schorre, les filandres, surtout les plus en aval, présentent **un intérêt écologique majeur, tant patrimonial qu'en termes de ressources trophiques disponibles**. De plus, ces milieux pourraient constituer des réservoirs de population qui permettent une **grande résilience des communautés à l'échelle de l'estuaire**.

**Les filandres jouent un rôle significatif pour les oiseaux**, sur tout leur continuum amont aval mais plus expressément en partie aval. Les filandres sont utilisées **pour le repos ou l'alimentation**. Les filandres présentent un intérêt significatif pour les **nichées** de tadorne de Belon, pour **des espèces présentant un fort intérêt patrimonial** (avocettes élégantes) et pour certains **passereaux paludicoles** qui apprécient plutôt occuper un territoire non loin des filandres en période de

reproduction.

**Le carbone minéral provient de deux origines, marine et terrigène.** Ce paramètre n'a donc pas pu intervenir comme élément discriminant une influence marine ou continentale. Il existe une **disparité de la MO**, intrafilandre (Amont plus riche) et saisonnière. **Il n'a pas été permis de déterminer l'origine de la MO.** Le Rapport C/S permet cependant de déterminer des groupes typologiques.

**La richesse spécifique de l'ichtyofaune des filandres de l'estuaire moyen de la Seine se compose d'une trentaine de taxons, ce qui est relativement élevé,** en comparaison avec la baie du Mont Saint Michel. **Les filandres sont colonisées par différentes vagues successives,** les pics d'abondance se produisant au mois de mai-juin et en été.

**Il existe peu de différences entre le cortège d'espèces de la Seine par rapport à celui de la Baie du Mont Saint Michel,** hormis la présence de poissons d'eau douce et d'espèces typiques des grands estuaires du Nord de l'Europe en Seine. Ceci tend à montrer que **le degré élevé d'anthropisation qui caractérise l'estuaire de la Seine n'entrave pas le cycle de vie des espèces qui le fréquente.**

**La fonctionnalité des filandres de l'estuaire de la Seine est meilleure que celle de Baie du Mt St Michel** du fait de leurs meilleures conditions d'accès (cote) et du temps d'exploitation (double tenue du plein). **On peut considérer que l'estuaire de la Seine fait l'objet d'une moindre capacité globale d'accueil** (nombre de filandres réduits et dégradation de la connectivité) comparativement à la Baie du Mt St Michel.

**L'organisation des différents maillons des chaînes trophiques entre la Baie du Mont St Michel et la seine est remarquablement fidèle d'une baie à l'autre.** Une différence de "mélange" entre les réseaux marins et terrestres observé entre les deux baies. En baie de Seine, on observe un décalage du réseau marin qui se rapproche nettement du réseau terrestre au fur et à mesure que l'on monte dans les échelons trophiques. En baie du Mont St Michel, le décalage observé à la base des réseaux terrestres et marins est conservé. **La fonction de nourricerie des filandres semble meilleure en baie de Seine comparée à la baie du Mont St Michel.**

L'approche par les réseaux trophiques ne montre malheureusement **pas de différences nettes entre les sources disponibles majoritaires** (plantes halophiles), que ce soit en comparaison inter ou intra baie. **Il n'est pas observé de perturbation des réseaux trophiques** sur les 2 sites

Les données phytosociologiques ont permis de rendre compte d'une monographie phytoécologique des filandres. **Harle est entièrement située en contexte halophile,** de même que Grande Crique. **La crique du Hode est une filandre mixte,** avec une petite zone halophile à subhalophile, les autres associations (dominantes) étant dulçaquicoles. **La Crique à Connard est une filandre dulçaquicole.**

En intégrant l'ensemble des paramètres étudiés, **une typologie des filandres a été proposée. Les données sont remarquablement cohérentes pour donner trois groupes distincts de filandres :** (1) les filandres type " Vasière nord " qui se détachent nettement des autres de part leurs caractéristiques morphologiques, sédimentologiques et biologiques, (2) les filandres " Rive nord " (amont du pont de Normandie) et (3) les filandres Rives sud. La Grande Crique se positionne souvent en intermédiaire des 2 premiers types.

Le projet DEFHFIS est un projet interdisciplinaire. Des échanges importants ont eu lieu entre les équipes, lors des sorties sur le terrain, lors des campagnes embarquées (ULCO, CSLHN, MdE, CNAM, C. Bessineton) mais aussi lors des échanges et du traitement de certaines données :

- Topographie LIDAR : échanges entre le GIP-SA (Nicola Bacq) et C. Bessineton, ULCO
- Occupation du sol, activités humaines (exploitation des roseaux, pâturage, activités agricoles) : échanges et traitements cartographiques de données entre MdE (Guillaume Fauveau), C. Bessineton, UCL.
- Etude diachronique de la formation des filandres (MdE, Université du Havre (AC), C. Bessineton).
- Hydrologie, qualité de l'eau, gestion des niveaux d'eau, travaux dans les criques, nature des sédiments, échanges croisés et traitements entre Maison de l'Estuaire (Thomas Lecarpentier, G. Fauveau, D. Ono Dit Biot), le CNAM, C. Bessineton

Cette liste n'est pas exhaustive.

Les différentes données, souvent issues de sources différentes et historiques, ont dû être homogénéisées pour être exploitable. Les paramètres ont été croisés entre eux pour alimenter la base de données et l'analyse typologique des principales filandres en aval du Pont de Tancarville.

Les analyses statistiques croisées, notamment entre la typologie et les données biologiques (benthos, poissons, oiseaux) n'ont pas été possibles car d'une part ces dernières données n'ont été acquises, comme prévu, que sur deux sites ateliers, Harle et Grande Crique, d'autre part, la durée du programme n'a pas permis de disposer des données suffisamment tôt pour consacrer du temps à ce type d'analyse. Mais l'analyse typologique des filandres étudiés obéit à une logique avant tout géographique et somme toute assez rationnelle qui rend toute analyse statistique lourde inutile.

Les données existent et pourront être valorisées différemment ultérieurement. Il apparaît l'intérêt de poursuivre l'investigation en amont, ce qui permettra d' étoffer le jeu de données par de nouvelles mesures biologiques sur des filandres non prospectées et d'étendre l'analyse à des filandres situées plus en amont (Vieux Port, le Trait, le Trou Buquet...). L'objectif sera de traiter de la typologie et de la dynamique des filandres sur l'intégralité du continuum amont-aval de l'estuaire de la Seine.

## CONCLUSION

Les filandres sont des environnements sédimentaires particuliers et spécifique par rapport aux différents compartiments d'un environnement estuarien : chenal principal, chenaux annexes, système slikke-schorre, prairies humides.

Les filandres de l'estuaire de la Seine sont devenus des anthroposystèmes au grès des aménagements. Les systèmes filandres sont contraints par des perturbations anthropique côté continent et soumis à forte évolution morphosédimentaire côté marin.

Les filandres sont des écosystèmes à très fort potentiel, aussi bien du point de vue du benthos (plus de richesse spécifique, plus d'abondance, plus de productivité que la slikke), des communautés d'invertébrés terrestres du schorre, du compartiment ichthyologique (très nombreux taxons) que du compartiment ornithologique (utilisation comme zone de repos et d'alimentation, refuge pour juvéniles, présence d'espèces patrimoniales, affinités pour certains passereaux). Ces milieux pourraient constituer des réservoirs de population benthiques qui permettent une grande résilience des communautés à l'échelle de l'estuaire. L'intérêt de leur maintien et de leur préservation, voire de leur réhabilitation est donc primordial.

Le projet DEFHFIS a permis de répondre à un certain nombre de questions relatives aux filandres. Les grandes lignes du fonctionnement hydromorphologique d'un système de filandres ont été dégagées, notamment sur 2 sites ateliers. Les différents groupes floristiques et faunistiques rencontrés sont caractérisés, tandis que la contribution des filandres aux cycles biologiques des espèces estuariennes (rôle d'abri, de nourricerie pour les poissons) a été étudiée. Leur contribution aux apports en matière organique à l'estuaire a également été abordée.

Des réponses ont été apportées quant au fonctionnement mal connu des filandres ainsi que leur contribution au fonctionnement de l'écosystème estuarien. La typologie dégagée permet une comparaison des caractéristiques et du fonctionnement des filandres de différentes zones de l'estuaire, tandis qu'une mise en perspective de ce fonctionnement avec d'autres systèmes ou estuaires macrotidaux (Baie du Mont saint Michel) est réalisée.

Le problème spécifique de l'espace restreint (amont, aval, latéralement) est mis en avant, de même que la cote à l'embouchure et la ramification apparaissent comme des paramètres primordiaux

Ce qui ressort de ce projet est la nécessité de prolonger les investigations en amont de l'estuaire (Vieux Port, le Trait, le Trou Buquet...), afin de compléter la typologie des filandres, notamment dans les domaines oligohalins et limniques. La dynamique sédimentaire et biologique des filandres mérite d'être approfondie, ne serait ce que pour avoir des idées de la dynamique sédimentaire dans des contextes hydrologiques différents, et surtout en relation avec une crue (mesures en période de crue, impact d'un fort débit fluvial soutenu).

Enfin, le projet DEFHFIS a permis d'acquérir un nombre significatif de données, tant acquises au cours du programme que issues de données antérieures. Il a eu une durée trop courte pour exploiter l'intégralité des données, et surtout pour parfaire les croisements interdisciplinaires de ces données.



## Liste des figures

Figure I-01. Une image oblique de la filandre Nette en juillet 1997.....	3
Figure I-02. La filandre Harle en 1997 et 2011.....	4
Figure I-03. Localisation des filandres explorées lors des campagnes DEFHFIS/Typologie).....	5
Figure I-04. Localisation des sites ateliers : Filandre "Harle et "Grande Crique" .....	6
Figure I-05. La filandre Harle en 2008 - combinaison des données Lidar et photographie aérienne. .	7
Figure I-06. Longueur totale des chenaux Courlis à Rousserolle sur la slikke de 1997 à 2011.	
Rappel de la figure II-05.....	8
Figure I-07. Évolution de la surface de la vasière Nord .....	9
Figure I-08. Profil en long dans les filandres et organisation amont aval.....	10
Figure I-09. Ordre de Shreve pour les filandres de la Seine.....	10
Figure I-10. Les volumes des filandres.....	11
Figure I-11. Volume oscillant des filandres.....	11
Figure I-12. Le rapport VO/S .....	11
Figure I-13. Temps d'immersion des filandres.....	11
Figure I-14. Salinité moyenne dans les filandres.....	12
Figure I-15. Oxygène dissous (mg.l-1) moyenne dans les filandres.....	12
Figure I-16. % d'occupation des sols.....	13
Figure I-17. Corrélation entre le pourcentage de la surface du bassin versant fauché ou coupé et PlogS.....	13
Figure I-18. Position des ouvrages de gestion hydraulique.....	14
Figure I-19. Superposition de l'ensemble des exigences hydrauliques des acteurs présents sur la RNNES.....	15
Figure I-20. Comparaison de la teneur en fines (<50 µm) entre la zone intertidale (bleu clair) et la filandre (bleu foncé) sur le site atelier de Harle.....	16
Figure I-21. Vitesse des courants (m.s-1) et hauteur d'eau sur 4 marées enregistrées par le Valeport sur Grande Crique.....	16
Figure I-22. Mesures de la turbidité de l'eau de surface en points fixes sur les stations ateliers.....	18
Figure I-23. Rapport Corg/S pour les groupes de Filandres AV – AM et Rive Sud.....	19
Figure I-24. Représentativité de l'effectif maximum observé à l'est du méandre et à l'embouchure de la vasière artificielle par rapport à l'effectif maximum noté sur l'ensemble de l'estuaire entre 2006 et 2010.....	20
Figure I-25. Pourcentage de poussins présents au niveau des deux filandres test par rapport à l'ensemble de la vasière aux différentes dates suivies.....	22
Figure I-26. Biomasse moyenne par station des stations échantillonnées en juillet 2010.....	24
Figure I-27. Deux exemples de communauté zoobenthiques .....	25
Figure I-28. Contribution des principales espèces (% des CPUE numériques) aux trois types d'assemblages identifiés.....	27
Figure I-29. Evolution temporelle de la richesse spécifique de l'ichtyofaune échantillonnée de façon synchrone (2010-2011) dans deux filandres dans l'estuaire de la Seine (à gauche) et en Baie du Mont St Michel (à droite).....	28
Figure I-30. Représentation des valeurs moyennes (± sd) de ratios isotopiques du carbone et de l'azote pour les maillons majeurs du réseau trophique d'une filandre bordée par la puccinellie en baie de Seine.....	29
Figure I-31. Représentation des valeurs moyennes (± sd) de ratios isotopiques du carbone et de	

l'azote pour les maillons majeurs du réseau trophique d'une filandre bordée par la puccinellie en baie du Mont St Michel.....	30
Figure I-32. Typologie des filandres en estuaire aval.....	36
Figure I-33. Utilisation des relations entre le volume oscillant et l'encaissement des filandres.....	42

**Liste des tableaux**

Tableau I-1. Liste des missions typologie.....	2
Tableau I-2. Ensemble des paramètres pertinents pour déterminer la typologie des filandres.....	33

## **ANNEXES**

- **Synthèse des données acquises durant DEFHFIS**
- **Parties II à VIII Rapports par thèmes et/ou équipes DEFHFIS**





DEFHFIS Dynamique des Ecosystèmes et Fonctionnement Hydromorphologique des Filandres en Seine  
Rapport final -Mars 2011



DEFHFIS Dynamique des Ecosystèmes et Fonctionnement Hydromorphologique des Filandres en Seine  
Rapport final -Mars 2011



Crédit photo couverture : Univ. du Havre, LOMC, A. Cuvilliez  
Pour tout renseignement, veuillez contacter la coordination scientifique : [cdegremont@seine-aval.fr](mailto:cdegremont@seine-aval.fr)

Le GIP Seine-Aval ne saurait être tenu responsable d'évènements pouvant résulter de l'utilisation et de l'interprétation des informations mises à disposition.

Le GIP Seine-Aval est financé par :

