

Partie III. Sédimentologie et dynamique sédimentaire**IIIb. La sédimentologie des filandres de l'estuaire de la Seine - Aspects hydro-sédimentaires et géochimiques**

La partie IIIb correspond aux travaux de l'équipe 7 (C. MARION, Cham Intechmer)

TABLE DES MATIERES

1 Introduction	2
2 Paramètres hydro-sédimentaires	3
<i>2-1 Hydrologie</i>	<i>6</i>
<i>2-2 Turbidité</i>	<i>7</i>
3 Paramètres géochimiques	12
<i>3-1 Carbone organique</i>	<i>13</i>
<i>3-2 Carbone minéral</i>	<i>14</i>
<i>3-3 Soufre</i>	<i>14</i>
<i>3-4 Rapport C/S</i>	<i>15</i>
4 Conclusions intermédiaires et perspectives	19
Bibliographie	21
Rapports de travaux et stages encadré par l'équipe sur le projet DEFHFIS	21
Liste des figures	22
Liste des tableaux	22

1 Introduction

Les matières en suspension (MES) sont des complexes composés de sédiments et de matière organique associée sous formes de colloïdes aux particules les plus fines. Leur transport en milieu estuarien macrotidal est régi par le régime hydrodynamique et hydrologique (maximum de turbidité, salinité) et ainsi soumis à des variations à différentes échelles de temps. Sur le court terme, ces variabilités vont de la marée (cycle semi-diurne) à l'année (cycle hydrologique *sensu largo*) sans oublier des événements météorologiques plus ponctuels. Le transfert des MES sur les zones de stockage intertidales (vasières, marais salés) est notamment conditionné par les filandres qui sont, au jusant, également susceptibles d'exporter de nouveau des MES. Le système de filandres joue donc un rôle essentiel de vecteur de flux de ces MES mais son fonctionnement spécifique ainsi que les relations avec le chenal principal restent encore mal compris.

Notre investigation hydrosédimentaire se propose donc d'essayer de caractériser ces variations par le biais de deux campagnes annuelles prenant en compte le régime crue/étiage du fleuve, les cycles de marées et, si possible, des forçages météorologiques différents. Il a été proposé d'étudier deux systèmes de filandres (filandre-atelier), Grande Cirque et Harles, par suivi lagrangien des masses d'eau. L'équipe a mis en place des mesures complémentaires directes soumises à des analyses ultérieures (prélèvement d'eau et de sédiments) et indirectes par instrumentation avec des capteurs optiques (OBS, ASM-IV Argus) préalablement calibrés en laboratoire.

Les mesures directes devraient permettre une caractérisation plus fine du comportement hydrologique des filandres et des flux de MES dans ces systèmes en relation avec l'exutoire et avec les zones intertidales adjacentes. Les MES seront alors quantifiées en terme de concentrations (mg/l) puis la part de matière inorganique (sédiment) et organique qui participe à la productivité du système (carbone et soufre) décomposée par dosage grâce à un analyseur élémentaire de type C/S LECO. Une analyse conjointe sur les dépôts frais sera également menée sur des transects filandre-berges.

Notre étude tente d'apporter des éléments nouveaux pour caractériser le comportement hydrologique de ces systèmes de filandre dont dépendent les ressources halieutiques et les biocénoses benthiques. De nouvelles données hydro-sédimentaires permettront d'étayer la dynamique spatiale et temporelle des flux de sédiments et de matière organique (MO) dans ces systèmes, et de faire la part des flux allochtones (apports détritiques) et autochtones

(production in situ) de MO. Il s'agirait ensuite d'obtenir une caractérisation de l'origine, soit continentale soit marine, de la MO.

Cette partie présente les principales données hydro-sédimentaires et géochimiques obtenues lors du programme DEFHFIS par le Cnam Intechmer. Elles concernent en résumé différentes approches de la variabilité spatio-temporelle des paramètres hydrologiques (Salinité -T°C - O₂ dissous – turbidité) et Carbone (minéral et organique) / Soufre dans les MES et les sédiments superficiels du lit et des berges des filandres à la fois dans le cadre typologique et sur les filandres dites atelier sur les aspects hydrologiques/hydro-sédimentaires et géochimiques :

- (a) Suivi saisonnier des 13 filandres investiguées en typologie : 4 missions
- (b) Suivi annuel des berges et points fixes MES sur les filandres ateliers : 2 missions

Pour une meilleure compréhension des codes ont été attribués suivant le niveau d'observation des données :

- Pour chaque mission : 710 - juillet 2010, 211 - janvier 2011, 711 - juillet 2011 et 911 - septembre 2011.
- Pour chaque filandre : RO - Rousserolle, **HA - Harles**, FU - Fuligule, **GC - Grande Crique**, VA - Vasière Artificielle, TI – Tignol, ES - Estacade, HO - Le Hode, CR - Canal de Retour, CO - Crique à Connard et RI – Risle (plus RI2 et RI3 pour deux filandres connectées à la Risle) (**en gras les deux filandre-atelier**)
- Pour chaque partie de filandre : RO-t : station tête RO, RO-i : station intermédiaire RO et RO-e : station exutoire RO.

2 Paramètres hydro-sédimentaires

Les mesures de salinité, température et oxygène dissous ont été réalisées grâce à une sonde pluriparamétrique MPP350 WTW. Les mesures de la turbidité ont été à la fois effectuées par technique optique et technique pondérale. La turbidité optique a été évaluée par un turbidimètre de poche Turb 430 IR/T WTW (donnée en NTU) pour les missions typologie et les prélèvements ponctuels ainsi que par un ASM-IV ARGUS (donnée en réflectance) pour une approche verticale sur la colonne d'eau, jusqu'à environ 90 cm de l'interface eau-sédiment (Marion *et al.*, 2005). Les prélèvements d'eau ont été effectués en surface de la colonne d'eau puis filtrés sur supports adaptés jusqu'à saturation des filtres, conditionnés et

analysés après séchage à l'étuve. Les filtres Whatman GF/F (porosité 1,2 µm - diamètre 2,5 cm) en raison de leur composition en fibre de verre qui ont été préférés à ceux en acétate de cellulose classiquement utilisés dans les protocoles MES (porosité 0,45µm – diamètre 4,7 cm) car ceux-ci auraient induits des valeurs exagérées sur les analyses ultérieures de MO. La première campagne a utilisé les deux types de filtres et, les valeurs de MES étant proches, seuls les filtres en fibre de verre ont été utilisés pour les autres missions. De plus, leur petit diamètre permet une saturation plus rapide en cas de faible turbidité des masses d'eau.

Les paramètres hydrologiques seront présentés sous plusieurs dimensions : par filandre et en comparant les filandres pour essayer d'entrevoir la gamme de valeurs et la variabilité de ces paramètres puis en comparant les missions (saison). Pour cela, nous nous appuierons notamment sur le Tableau IIb-1 et la Figure IIb-1 qui regroupent une comparaison des valeurs obtenues de la tête vers l'exutoire pour ces paramètres et pour toutes les filandres en résumant aux deux missions qui nous ont semblé les plus contrastées et reliées à une saisonnalité.

Tableau IIb-1. Variations des paramètres hydrologiques par mission.

	Salinité (‰)				Turbidité (g/L)			
	MIN	MAX	MOY	EC	MIN	MAX	MOY	EC
710	0,2	28,1	13,11	9,69	0,01	1,07	0,13	0,19
211	0,3	23,8	11,17	9,50	0,03	1,95	0,33	0,43
711	1,4	27,8	13,58	9,60	0,01	0,81	0,10	0,14
911	2,2	27,7	16,40	9,47	0,00	1,63	0,22	0,32
	Température (°C)				O ₂ dissous (%)			
	MIN	MAX	MOY	EC	MIN	MAX	MOY	EC
710	18,8	24,5	21,94	0,95	61,1	169,6	93,67	30,90
211	6,5	7,9	7,29	0,35	55,5	77,8	68,37	4,76
711	18,6	22,3	20,13	1,01				
911	16,6	18,4	17,88	0,65				

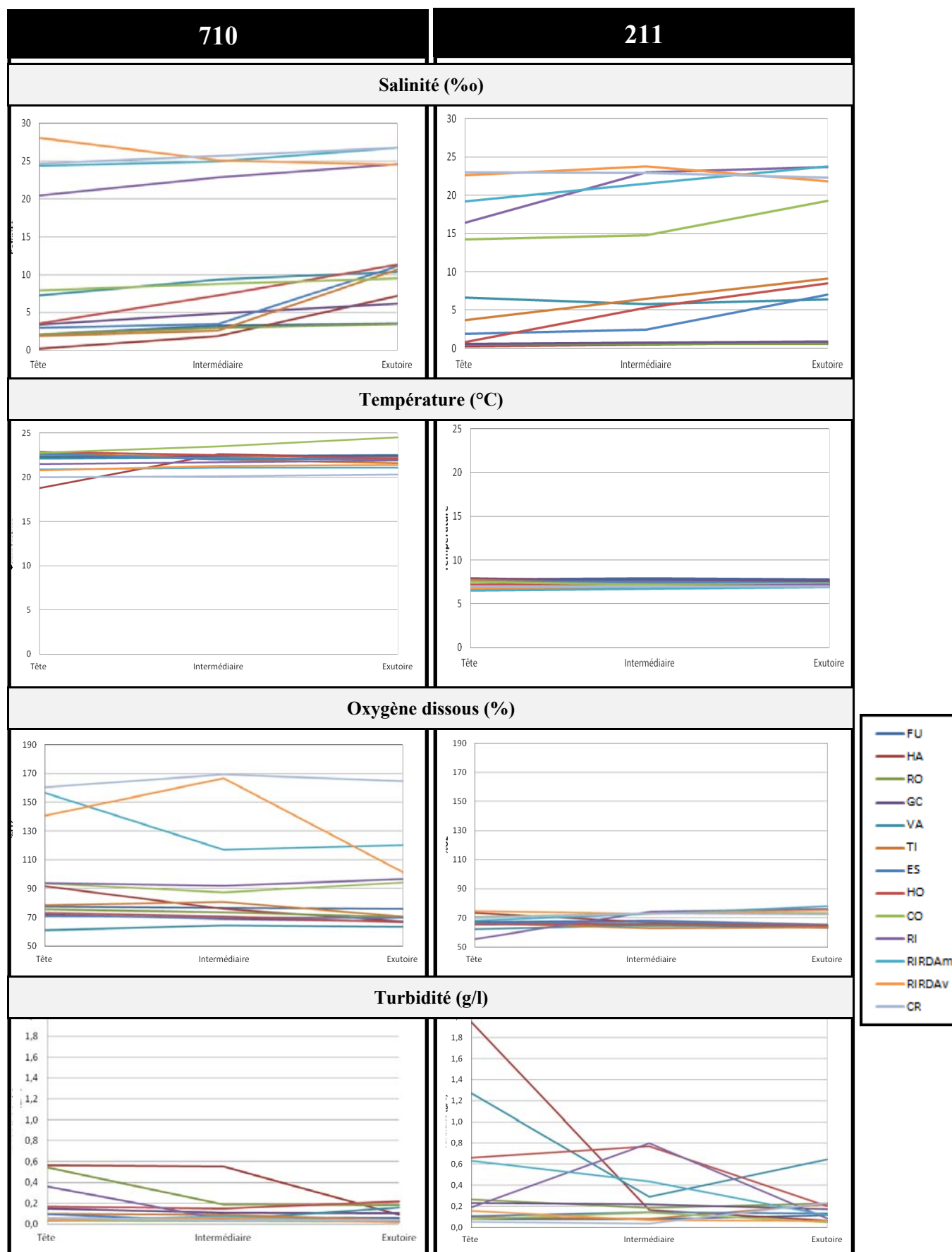


Figure IIIb-1. Comparaison des situations été-hiver des paramètres hydrologiques.

2.1 Hydrologie

Les mesures effectuées ont montré une large gamme de salinité lors des campagnes de typologie et cette tendance est observable quelque soit la saison (Tableau IIb-1). La salinité est moins importante en amont qu'en aval (Figure IIb-1). Au niveau d'une filandre, la salinité observe ce même gradient et augmente de la tête vers l'exutoire pour la grande majorité des filandres étudiées. Les apports d'eau douce au niveau de la Risle nuancent ce constat pour de très rares stations.

Sur la base de la variation gamme variation de ce paramètre par filandre, on peut définir deux groupes :

- un groupe 'Filandres AM' (0 – 10‰) : TI, HO, CO, RI, CR, ES
- un groupe 'Filandres AV' (20 – 30‰) : RO, HA, FU

Les filandres VA et GC se placent alternativement dans l'un ou l'autre groupe suivant les saisons, à affinité 'Amont – eau douce' en été et 'Aval – eau salée' en hiver (Figure IIb-2).

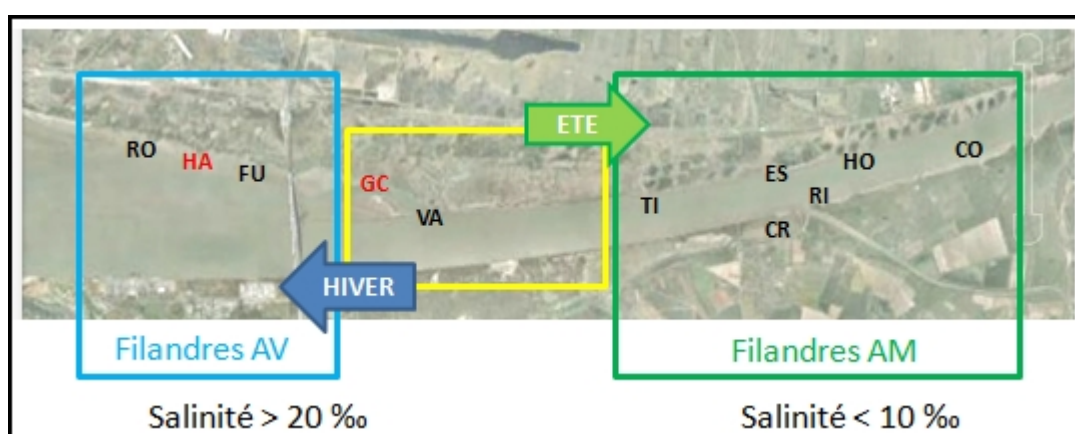


Figure IIb-2. Typologie des filandres basée sur la salinité.

Les filandres les plus en aval de la zone d'étude ont des températures plus basses que les filandres en amont, avec également des températures plus basses de la tête vers l'exutoire. On a observé de grandes variations de température selon les saisons (hiver : 6 – 8°C et été : 16 – 25°C).

Les filandres où l'on retrouve la plus grande concentration en O₂ dissous sont les filandres situées en aval de la zone d'étude, tandis que les filandres plus en amont sont globalement moins riches. Les filandres en aval ont tendance à avoir des concentrations en O₂

dissous 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%). Malheureusement, les données d'O₂ dissous obtenues avec la sonde pluri-paramétriques sur les missions 711 et 911 semblent erronées et nous n'avons pas pu les prendre réellement en compte dans les interprétations.

Sur cette base, nous pouvons établir un tableau récapitulatif des gradients observés sur ces trois paramètres (Tableau IIIb-2). Sur chaque paramètre, les gradients longitudinaux et transversaux sont comparables. Ils sont bien évidemment variables en fonction de la dynamique saisonnière selon laquelle les valeurs hautes et basses changent. La variabilité des mesures de l'O₂ dissous et de la température est accrue en situation estivale.

Tableau IIIb-2. Synthèse des gradients observés suivant les paramètres hydrologiques.

	Gradient longitudinal		Gradient transversal	
	AVAL	AMONT	EXUTOIRE	TETE
Salinité	+	-	+	-
Température	-	+	-	+
O₂ dissous	+	-	+	-
Turbidité	dépendant de nombreux paramètres			

Les turbidités mesurées sont plutôt faibles et s'expliquent par la localisation en surface du prélèvement et au besoin opérationnel pour la navigabilité de prélever autour de l'étalement de haute mer (faibles courants). La turbidité ne montre pas de gradient net même si elle semble décroître de la tête vers l'exutoire. Elle présente des valeurs plus basses en situation estivale et une variabilité moins élevée qu'en situation hivernale. Ce paramètre hydrologique semble affecté par de nombreux autres paramètres physiques de la filandre, il a fait l'objet d'une étude plus poussée. Il a donc été envisagé de compléter ces données avec des missions en points fixes de deux jours, un par filandre-atelier et sur deux stations (exutoire/tête) en mars 2011 et de comparer les résultats de turbidité acquis par mesure pondérale et optique.

2-2 Turbidité

De façon générale, sur les observations réalisées sur chaque filandre, la turbidité décroît de la tête vers l'exutoire des filandres (Figure IIIb-1). On peut observer de plus fortes turbidités lors des missions de Février et Septembre et des turbidités plus faibles en situation estivale (Tableau IIIb-1). 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 ces dernières où les valeurs dépassent 0,4 g/l pour atteindre jusque 2 g/l.

De bonnes corrélations entre les mesures optiques et pondérales effectuées sur les prélèvements ont été obtenues. Les mesures optiques ont cependant été très perturbées lors de la mission de septembre avec un facteur de corrélation inférieur à 0,8 en raison des très fortes turbidités observées (entre 200 et 800 NTU, atteignant les limites de l'appareil) pour des concentrations en MES pourtant inférieures à 0,2 g/l (Figure IIIb-3).

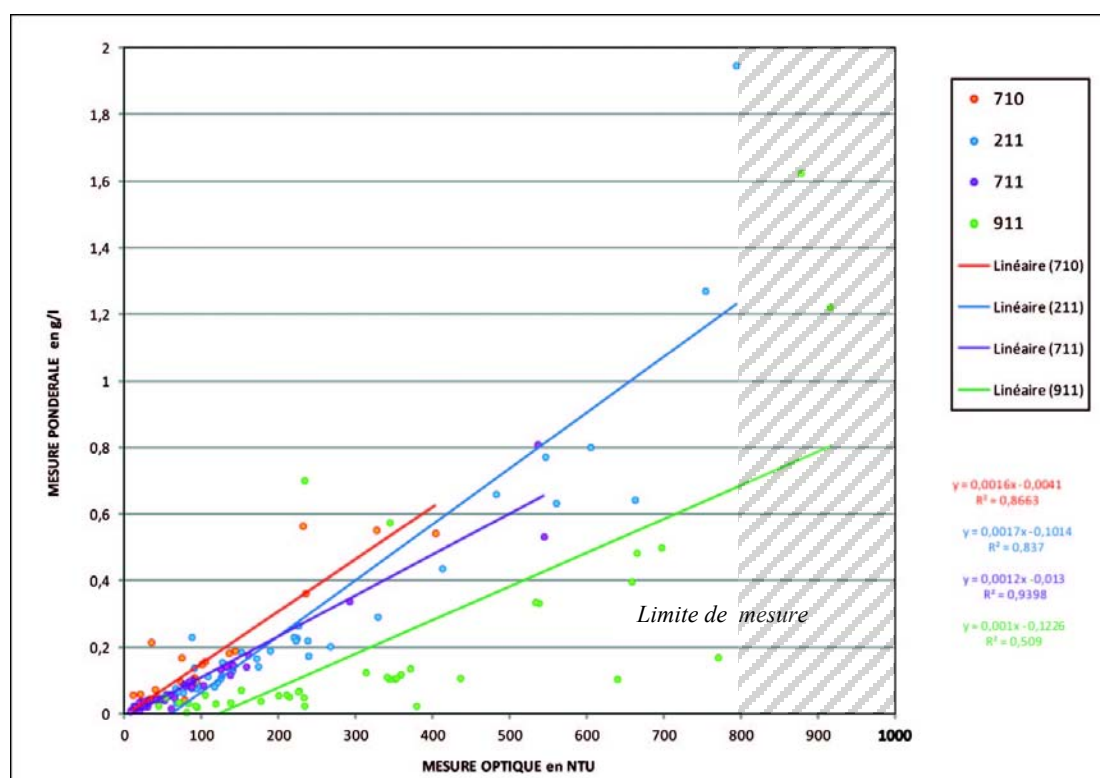


Figure IIIb-3. Comparaison des mesures optique et pondérale de la turbidité par mission.

Ces premiers résultats ont permis d'envisager de déployer un ASM-IV (LOG) pour quantifier les flux de MES sur la verticale. Suite à la mise en place d'une cuve de calibration dédiée en septembre 2010, différents tests en laboratoire sur matériaux fins connus (standard kaolinite) et sur sédiments bi-modaux déterminés ont été effectués au laboratoire. Une calibration site-spécifique pour les sites ateliers et le chenal principal ('Estuaire Seine', Epi de

la Roque) a été réalisée (Figure IIIb-4) rendant opérationnelle l'instrumentation optique in-situ pour les missions 2011.

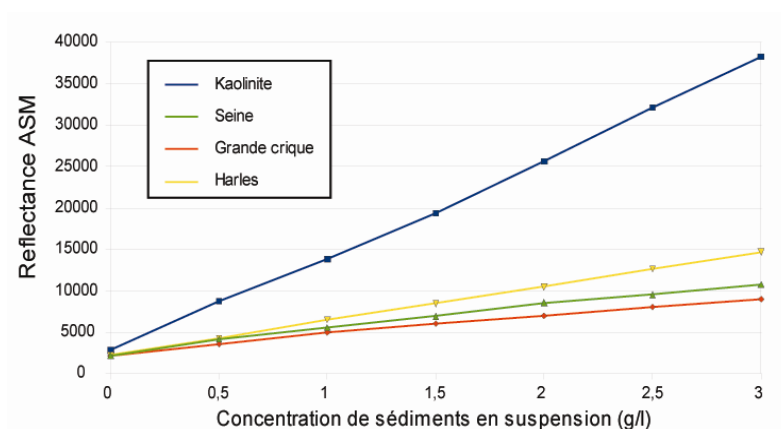


Figure IIIb-4. Calibration et courbes de réponse des capteurs optiques à différentes concentrations en MES : Référence (kaolinite) et sédiments naturels site-spécifiques (Estuaire Seine/Grande Crique/Harles) (Linkowski, Poulet et Rousselot, 2011).

D'après les résultats obtenus lors des déploiements, les concentrations de surface à mi-marée semblent comparables aux observations faites lors des missions de typologie (Figure IIIb-5). Sur la colonne d'eau, une ségrégation de la charge particulaire a été détectée sur le 1^{er} mètre de l'interface eau-sédiment et a été enregistrée sur environ 5 cm pour HA contre plus de 15 cm pour GC. Grande crique enregistre des remises en suspension plus importantes au début du montant et en fin de descendant que Harles même si l'érosion du lit semble plus importante pour HA.

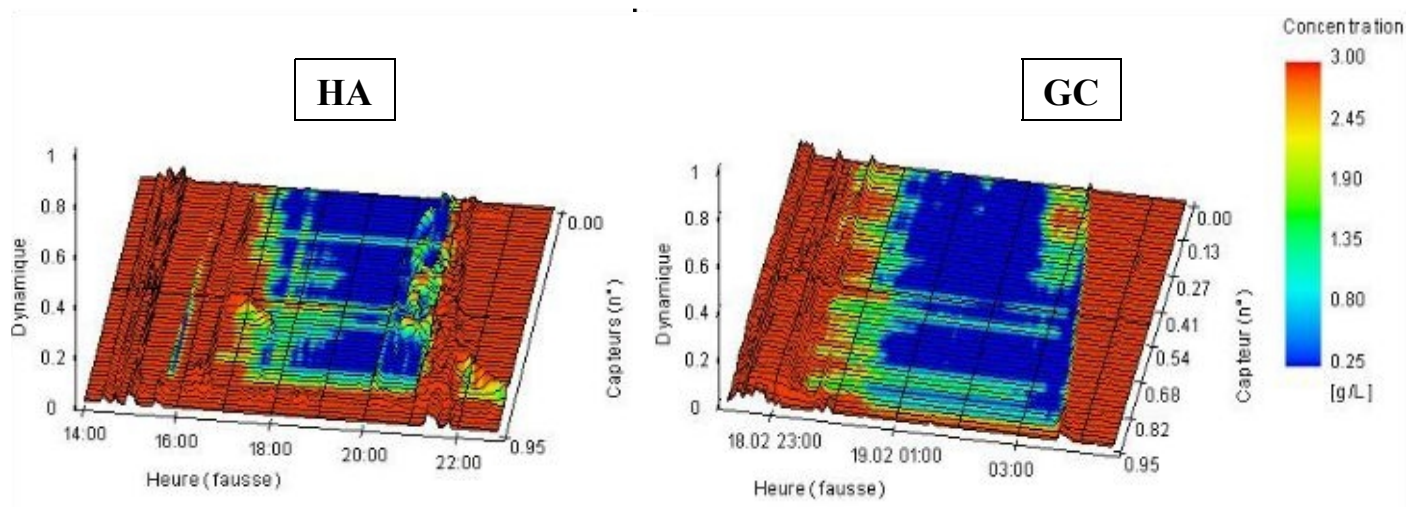


Figure IIIb-5. Mesures de turbidité sur l'interface eau-sédiment sur les site-ateliers

(Linkowski, Poulet et Rousselot, 2011).

Lors des mesures en points fixes des teneurs en MES de l'eau de surface sur les stations ateliers, GC a montré globalement 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 (Figure IIIb-6). Des pics de MES sont observés en début de montant et fin de descendant avec des valeurs dépassant les 0,6 g/l et atteignant nettement plus de 2g/l en charge de fond.

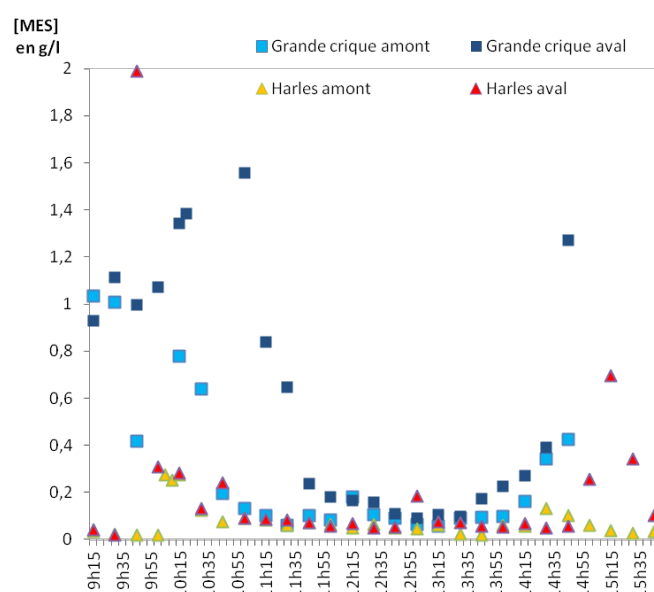


Figure IIIb-6. Mesures de la turbidité de l'eau de surface en points fixes sur les stations-atelier (Brucker, 2011).

Les valeurs extrêmes s'établissent à faible hauteur d'eau lors de l'échantillonnage et sont liées au début de flot et à la fin de jusant comme nous le montre les enregistrements courantométriques réalisés avec un RCM 9 AANDERAA (Figure IIIb-7). L'écoulement n'est pas tout à fait alternatif, des 'renverses' de courant sont observables sur le terrain sur le site GC bien que l'alternance flot/jusant soit plus marquée sur le site HA. Les vitesses sont comparables pour les deux sites (car 'GC' est en réalité proche du diverticule) hormis en fin de jusant pour HA en relation avec son encaissement plus important qui concentre les écoulements.

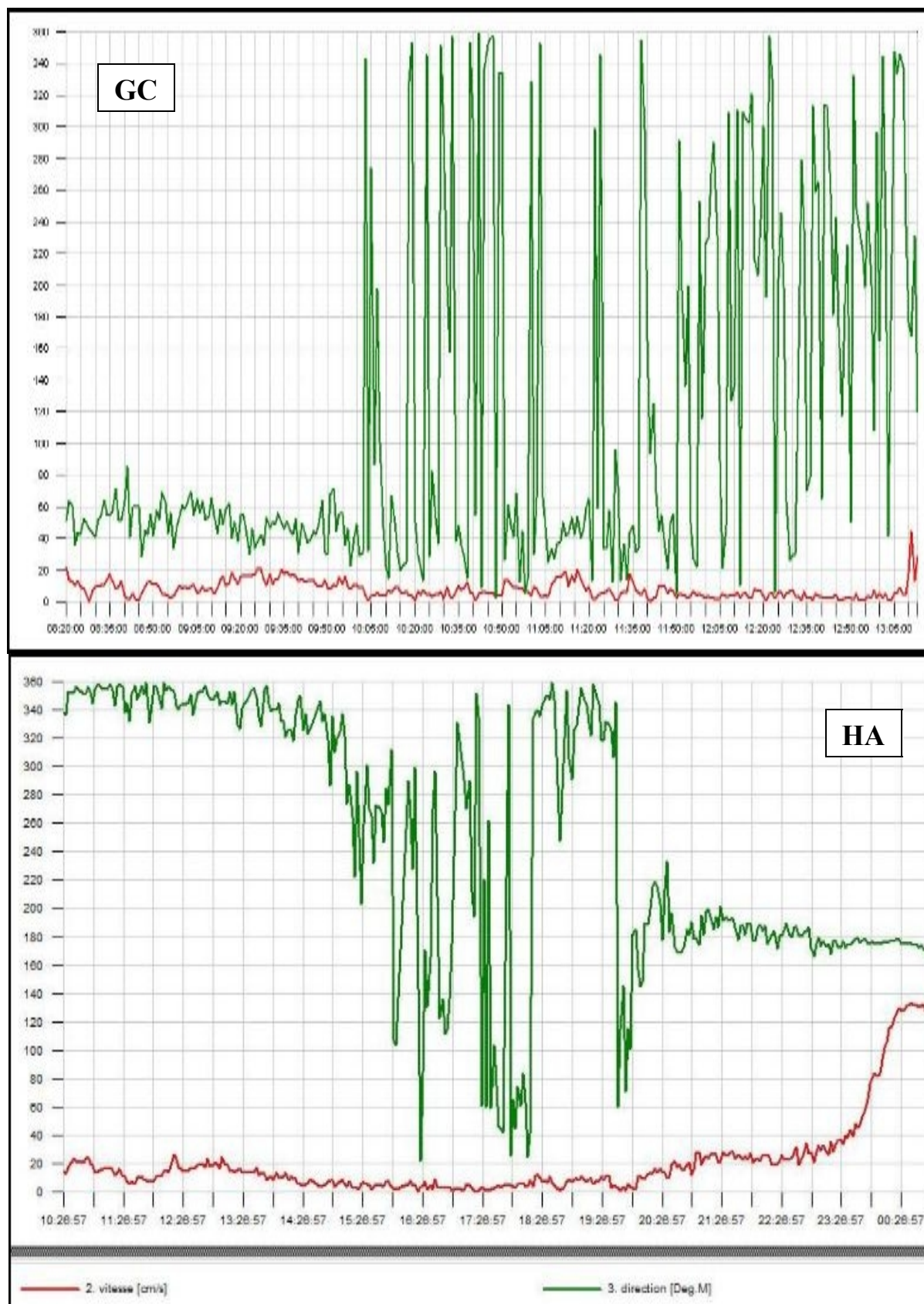


Figure IIIb-7. Enregistrements courantométriques sur les site-ateliers (Linkowski, Poulet et Rousselot, 2011).

3 Paramètres géochimiques

Les analyses du Carbone total, Carbone organique (C_{org}) et minéral (C_{min}), et Soufre (S) ont été réalisées sur filtres whatmann GF/F qui ont servis à quantifier les MES ou directement sur les sédiments superficiels grâce à un analyseur C/S LECO. Les sédiments superficiels proviennent à la fois des campagnes de typologie en ce qui concerne le fond des chenaux (en collaboration avec équipe LOG - partie IIIa) et de la campagne de prélèvement de benthos pour les prélèvements sur les berges (en collaboration avec équipe CSLN - partie VII).

Les analyses en Carbone, Soufre et le rapport C_{org}/S ont permis de placer logiquement les échantillons sous la droite normale 'marine' $2,8 \pm 1,5$ ou $\pm 0,8$ selon les auteurs (Berner et Raiswell, 1984 ; Morse et Berner, 1995 ; Borrego *et al.*, 1997) et au dessus de la droite 'non marine' (fleuve). Cette situation des différentes mesures confirme le caractère saumâtre des eaux influençant les filandres et la situation typiquement estuarienne de celles-ci (Figure IIb-8). Les données MES – fond et berges des filandres ne se répartissent pas de la même façon dans la zone délimitée par ces deux droites.

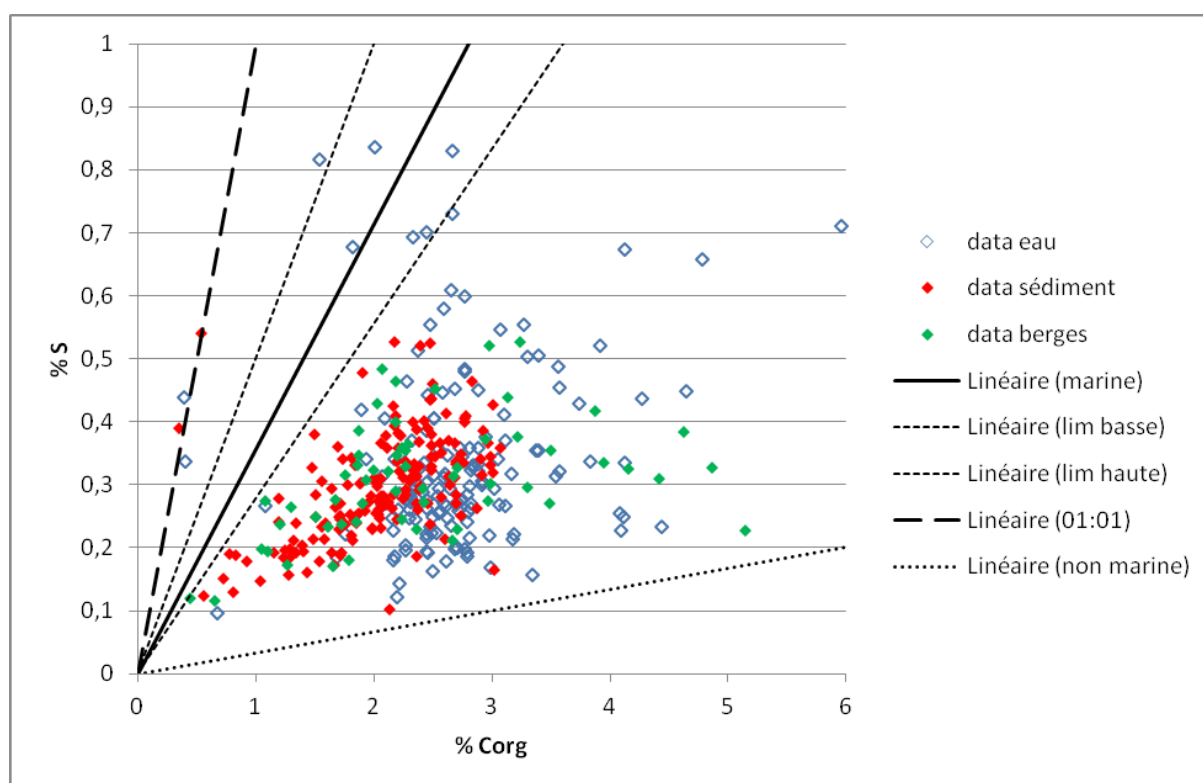


Figure IIb-8. Diagramme C/S de toutes les données :
MES (data eau), sédiments superficiels du lit (data sédiment) et des berges (data berges).

Les échantillons sont globalement plus riches en MO (C_{\min} , C_{org} , 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 C_{org} 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 C_{org} et S. Pour toutes les stations et toutes les missions, nous obtenons une variation des teneurs en S de 0,1 à 0,85% et en C_{org} de 0,3 à 6% alors que cette variation est de moindre amplitude pour les sédiments superficiels (S : 0,1-0,55 % et C_{org} : 0,3-3,5%).

3.1 Carbone organique

Les teneurs en C_{org} permettent de différencier 4 petits groupes de têtes de filandres et 2 groupes d'exutoires (C_{org} supérieur à 2% ou inférieur à 2%) (Figure IIb-9):

- filandres AM riches : HO, CO, ES (et VA)
- filandres AM pauvres : TI, HO
- grandes filandres AV : GC (et VA)
- petites filandres AV : FU, RO

Les filandres AM riches occupent la rive Nord et de la rive Sud, le taux moyen de Carbone organique diminue de la tête à l'exutoire pour toutes les filandres de ce groupe.

Les filandres AM pauvres montrent un gradient de C_{org} inverse tout comme les petites filandres avales alors que les grandes filandres AV sont caractérisées par un pourcentage de C_{org} relativement constant de la tête à l'exutoire.

L'apport de carbone organique au niveau des têtes est dû à la présence de végétaux sur les espaces intertidaux adjacents (berges). Les grandes variations du pourcentage de carbone organique entre les têtes des différentes filandres sont reliées à leur position géographique et la taille de la filandre associée: toutes les têtes ne sont pas aussi profondément ancrées dans les terres, et la végétation varie parfois largement d'une tête de filandre à l'autre.

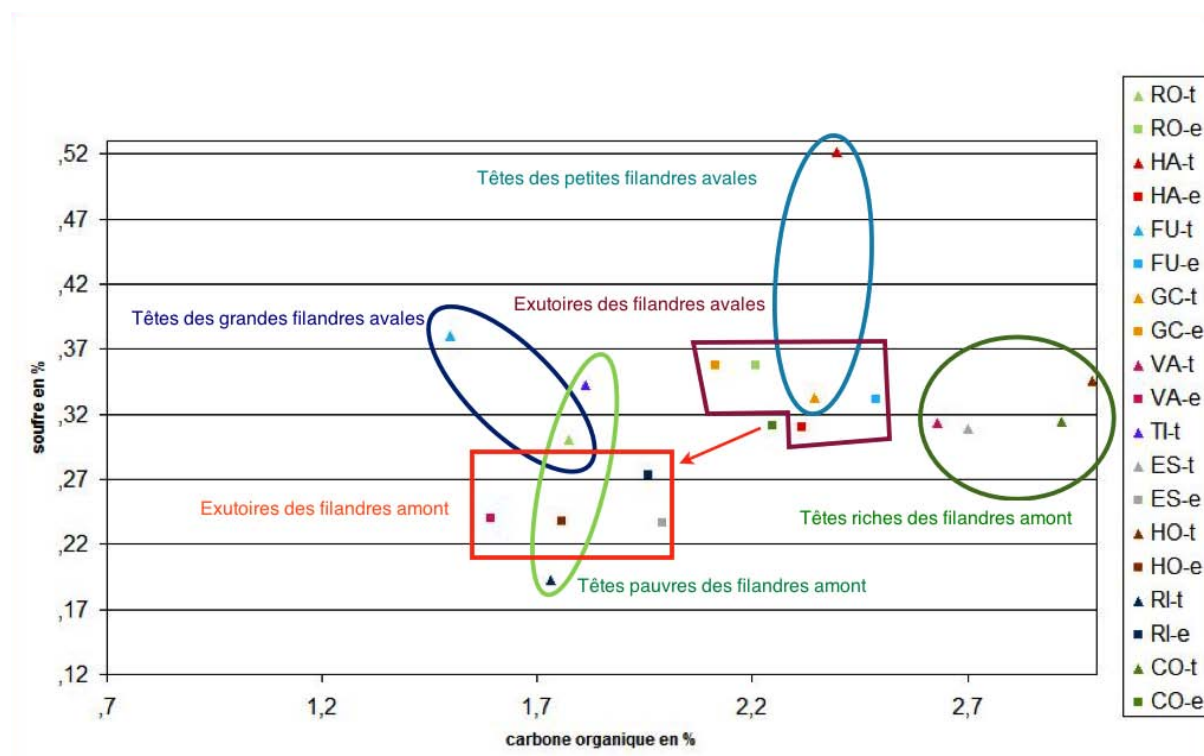


Figure IIIb-9. Rapport C/S et différences pour la mission 710 considérant les têtes et exutoires des filandres (Connes et Villedieu, 2011).

3.2 Soufre

Les teneurs en Soufre sont plus faibles à l'exutoire qu'à la tête des filandres en général et elles sont plus fortes l'été. La présence de Soufre 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 Soufre semble provenir principalement des sulfites.

3.3 Carbone minéral

Le Carbone minéral augmente de l'exutoire vers la tête des filandres. Les analyses de C_{\min} 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 plus largement entre 0,2 et 8%. 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. Ainsi, nous ne pouvons totalement relier le C_{\min} aux carbonates marins, ce paramètre n'a donc pas pu intervenir comme élément discriminant à lui seul une influence marine ou continentale.

3.4 Rapport C/S

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 C_{org} entre 2 et 3%, les sédiments ne dépassent pas 3,5% de C_{org} tandis que les MES descendent rarement sous un taux de 2% de C_{org} . Pour les sédiments, les valeurs de S sont plus grandes l'été où elles dépassent 0,2% tout comme les valeurs de C_{org} 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, nous pouvons séparer deux groupes (Figure IIb-10). Un premier groupe rassemble les filandres de la Rive Nord en aval du pont de Normandie présentant un % C_{org} faible associé à un % S fort, un deuxième les filandres de la rive Sud avec un % C_{org} fort en relation avec un % S faible. Le premier groupe montre une influence plus marine que le deuxième qui, quant à lui, semble sous influence continentale. Nous avons ensuite replacé 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 (VA et GC) se plaçant quant à elles alternativement dans un groupe ou un autre suivant les saisons. Nous avons obtenu grâce à ce rapport C/S une nouvelle typologie avec une classe de plus que celle basée sur les variations de salinité. La Risle quant à elle montre des teneurs en C_{org} 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'.

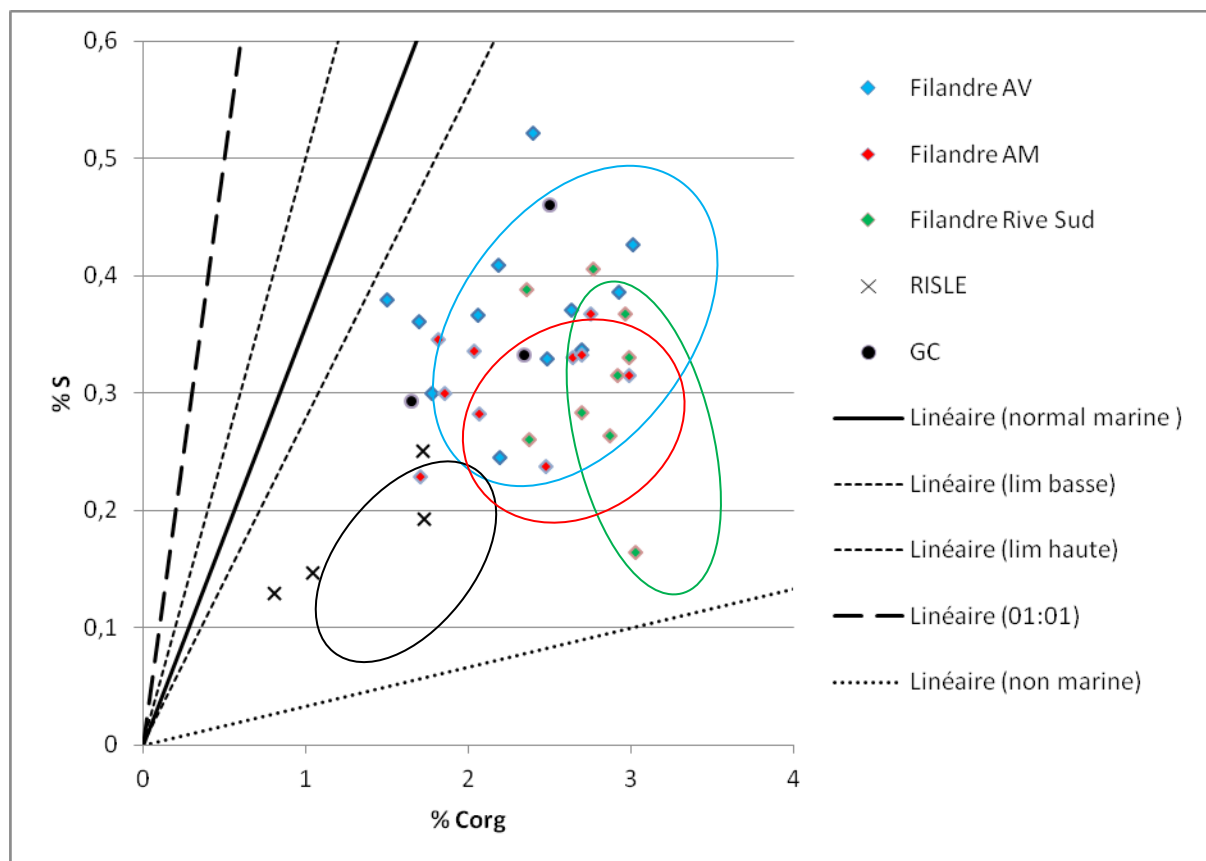


Figure IIIb-10. Rapport C/S des sédiments des têtes de filandres sur toutes les missions.

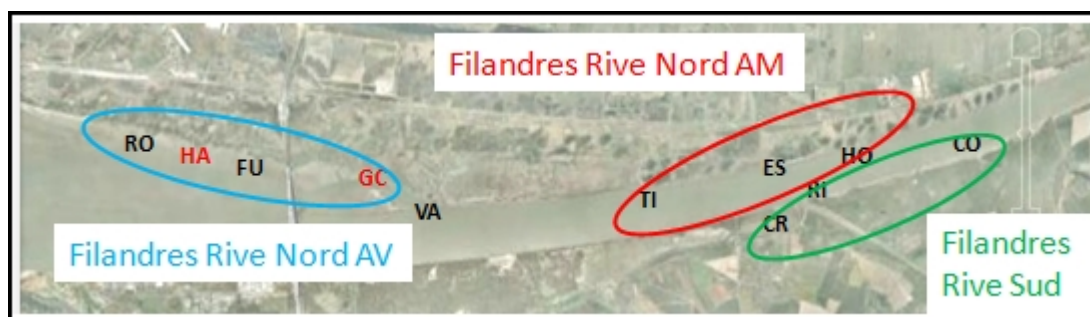


Figure IIIb-11. Typologie des filandres basée sur le rapport C/S.

Sur les sédiments échantillonnés sur les berges des différentes communautés végétales des sites ateliers, le C/S reflète bien mieux le gradient exutoire 'marin' / tête 'continental' des filandres depuis les spartines (SP, à influence plus marine) jusqu'aux phragmites (PH, à influence plus continentale) (Figure IIIb-12) en comparaison avec celui observé uniquement sur les sédiments du lit de chenal (Figure IIIb-10). Le C/S des stations à scirpe (SC) et chiendent (CH) s'établit entre ces deux pôles. Seules les stations de vasière nue (VA) et à spartine présentent des valeurs de C_{org} inférieures à 2,5%.

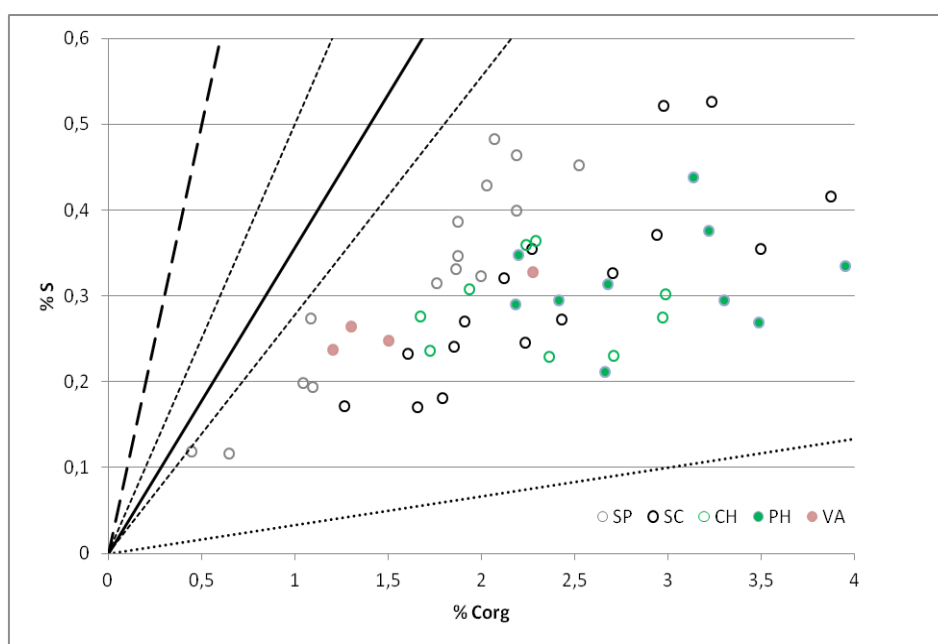


Figure IIIb-12. Diagramme C/S des données berges par ceinture végétale (SP : spartine ; SC : Scirpe ; CH chiendent ; PH : phragmites) et sur la vasière nue (VA).

Ce gradient est plus net sur la filandre HA que sur GC (Figure IIIb-13). Le C_{\min} a les valeurs les plus basses sur les stations de la ceinture monospécifique de spartines (SP), 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. Le S et C_{org} sont les paramètres les plus similaires sur chaque berge. Le C_{org} seul montre quelque différences sur HA et sur les valeurs distales de GC (-15 et +15 m).

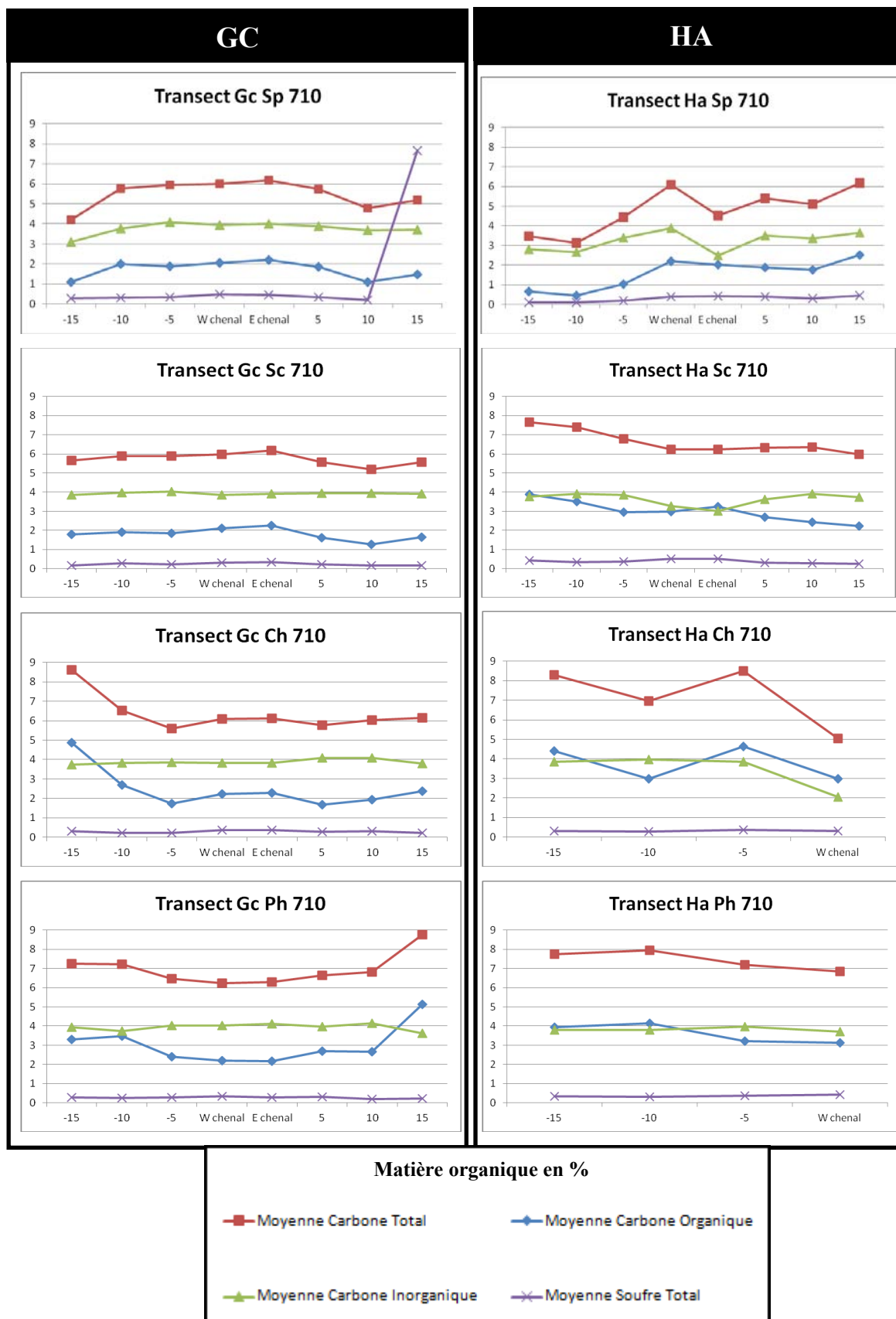


Figure IIIb-13. Moyenne de la matière organique sur les transects des berges des filandres par ceinture végétale (SP : spartine ; SC : Scirpe ; CH chiendent ; PH : phragmites) et sur la vasière nue (VA).

4 Conclusions intermédiaires et perspectives

Nous avons pu observer des gradients longitudinaux et transversaux nets pour de nombreux paramètres. Les tendances saisonnières sont également visibles même si nous n'avons pas eu de saisons très typiques lors des missions en juillet et septembre 2011. A partir des résultats nous avons pu conforter une typologie de filandres basée sur la salinité et également sur le rapport C/S qui montre un affinement des sous-ensembles de filandres.

Le rapport C/S *via* la quantité de S permet de déterminer la présence ou non de sulfato-réduction. Si ce rapport est faible, la MO est dégradée en aérobie grâce à l'oxygène dissous tandis qu'un rapport fort montre la présence d'une dégradation par voie anaérobie. Ces différences de rapport C/S ont pu être observées sur tous les échantillons - MES, sédiments du lit et des berges végétalisées – et la présence d'une sulfato-réduction peut, selon les cas, révéler des mécanismes différents. Dans le cas des sédiments, elle peut être reliée à un horizon oxygéné sur une faible épaisseur ou à un échantillon non superficiel, ces deux possibilités étant à mettre en relation avec la porosité de sols composés de sédiment de granulométrie différente ou bi-modaux et en considérant l'affinité évidente de la MO avec les particules fines. Dans le cas des MES, cette sulfato-réduction pourrait provenir d'un milieu anoxique soit d'une remise en suspension de sédiments en profondeur. Ces deux hypothèses sont étayées par les mares des gabions jouxtant certaines filandres et les aménagements hydrauliques entre ces mares et les chenaux ainsi que par les mesures des flux de MES effectués à l'interface eau-sédiment montrant de fortes remises en suspensions en début de flot et en fin de jusant.

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. On entrevoit tout de même des tendances qui révèlent en réalité plus l'influence continentale ou marine sur la MO (Berner et Raiswell, 1984 ; Borrego *et al.*, 1997): Rive Nord/ Rive Sud, Amont/Aval, tête/exutoire, MES/sédiment, sédiment berges/sédiment lit. Hormis l'obtention, tardive pour le projet, de suspensions plus amont de la Risle grâce aux chercheurs du laboratoire M2C à Rouen, il manquerait également des données sur les suspensions de la Seine ainsi que des données sur les filandres véritablement 'amont' pour tenter de signer les sources de MO. Cela permettrait de nuancer les résultats obtenus et de les replacer dans une plus large gamme de situations

afin d'éclaircir les interprétations possibles des résultats issus des filandres étudiées. Dans ce sens, nous avons également commencé à entreprendre des analyses géochimiques plus poussées sur certains échantillons et à les comparer à des données obtenues sur des environnements sédimentaires très variés (Murat et Goth, 2000) qui disposent le plus souvent de résultats complémentaires obtenues par des techniques d'analyse pointues sur l'état de la MO (Sebag *et al*, 2006). Nous pensons ainsi trouver à terme un élément plus discriminant d'un lieu de production de la MO dans l'optique de pouvoir réellement appréhender les flux de MO dans ces systèmes complexes par essence du fait à la fois de leur caractéristiques mixtes et de leur spécificités.

Bibliographie

- BERNER A. et R. RAISWELL, 1984. C/S method for distinguish freshwater from marine sedimentary rocks. *Geology* 12, 365-368.
- BORREGO J., LOPEZ M., PENDON J.G. et J. A. MORALES, 1997. C/S Ratios in estuarine sediments of the Odiel River mouth, SW Spain. *Journal of Coastal Research*, 14(4), 1276-1283.
- MARION C., ANTHONY E.J. et A. TRENTESAUX, 2005. Multi-technique surveys of sediment transport and deposition in a managed estuary: the Authie estuary, Northern France. In Herrier J.-L., J. Mees, A. Salman, J. Seys, H. Van Nieuwenhuyse and I. Dobbelaere (Eds.). *Proceedings Dunes and Estuaries 2005*, VLIZ Special Publication 19, p. 219-228
- MORSE J.W. et R.A. BERNER, 1995. What determines sedimentary C/S ratios ? *Geochimica et Cosmochimica acta*, 59 (6), 1073-1077.
- MURAT A. et H. GOT, 2000. Organic carbon variations of the Eastern Mediterranean Holocene Sapropel: a Key for understanding formation processes. *Pal. Pal. Pal.*, 158 :241-257.
- SEBAG D., DISNAR J. R., GUILLET B., DI GIOVANNI C., VERRECCHIA E.P. et A. DURAND, 2006. Soil organic matter composition and changes as revealed by programmed pyrolysis (Rock-Eval technique). *Eur. J. Soil Sci.*, 57: 344-355.

Rapports de travaux et stages encadrés par l'équipe sur le projet DEFHFIS

- BACHET C. et E. BRUNETOT, 2012. Calibration des mesures optiques de la turbidité dans différents environnements sédimentaires. Projet OP, Cnam Intechmer.
- BRUCKER M., 2011. Etude hydrologique et géochimique des filandres en Seine, comparaison saisonnière. Rapport de stage M1 Aquacaen, Cnam Intechmer.
- CONNES C. et A. VILLEDIEU, 2011. Etude Géochimique des filandres en Seine, juillet 2010. Etude technique TSM GEM, Cnam Intechmer.
- LECESNE V., 2012. Etude hydrologique et géochimique des filandres en Seine, comparaison des missions 2010-2011. Rapport de stage BTS Anabiotec, Cnam Intechmer.
- LINKOWSKI T., POULET V. et P. ROUSSELOT, 2011. Etude Hydrosédimentaire des filandres en Seine, mesures in situ sur Grande Crique et Harles. Projet OP, Cnam Intechmer.

Liste des figures

Figure IIIb-1. Comparaison des situations été-hiver des paramètres hydrologiques	5
Figure IIIb-2. Typologie des filandres basée sur la salinité	6
Figure IIIb-3. Comparaison des mesures optique et pondérale de la turbidité par mission	8
Figure IIIb-4. Calibration et courbes de réponse des capteurs optiques à différentes concentrations en MES : Référence (kaolinite) et sédiments naturels site-spécifiques (Estuaire Seine/Grande Crique/Harles) (Linkowski, Poulet et Rousselot, 2011).....	9
Figure IIIb-5. Mesures de turbidité sur l'interface eau-sédiment sur les site-ateliers (Linkowski, Poulet et Rousselot, 2011)	9
Figure IIIb-6. Mesures de la turbidité de l'eau de surface en points fixes sur les stations ateliers. (Brucker, 2011)	10
Figure IIIb-7. Enregistrements courantométriques sur les site-ateliers (Linkowski, Poulet et Rousselot, 2011)	11
Figure IIIb-8. Diagramme C/S de toutes les données : MES (data eau), sédiments superficiels du lit (data sédiment) et des berges (data berges)	12
Figure IIIb-9. Rapport C/S et différences pour la mission 710 considérant les têtes et exutoires des filandres (Connes et Villedieu, 2011)	14
Figure IIIb-10. Rapport C/S des sédiments des têtes de filandres sur toutes les missions	16
Figure IIIb-11. Typologie des filandres basée sur le rapport C/S	16
Figure IIIb-12. Diagramme C/S des données berges par ceinture végétale (SP : spartine ; SC : Scirpe ; CH chiendent ; PH : phragmites) et sur la vasière nue (VA)	17
Figure IIIb-13. Moyenne de la matière organique sur les transects des filandres berges par ceinture végétale (SP : spartine ; SC : Scirpe ; CH chiendent ; PH : phragmites) et sur la vasière nue (VA)	18

Liste des tableaux

Tableau IIIb-1. Variations des paramètres hydrologiques par mission	4
Tableau IIIb-2. Synthèse des gradients observés suivant les paramètres hydrologiques	7