



SEINE AVAL 4

COUPLAGES BIO-MORPHO-SEDIMENTAIRES ET DYNAMIQUE A LONG TERME DES HABITATS ET PEUPELEMENTS BENTHIQUES ET ICTHYOLOGIQUES EN SEINE AVAL (COLMATAGE)

Coordinateur : Jean-Claude DAUVIN

**Contribution de la Cellule de Suivi du Littoral Normand au projet
COLMATAGE**

**Etude de la variabilité spatiale et tidale des assemblages piscicoles
dans les systèmes de filandre de l'estuaire aval
- Années 2008 et 2009 -**



Cellule de Suivi du Littoral Normand (équipe 3)

Responsable scientifique : Sylvain DUHAMEL

Sylvain DUHAMEL, Gwenola DE ROTON, Céline VIGNOT, Armelle ROUYER

PREMIÈRE PARTIE : COLMATAGE 2008

I. INTRODUCTION

Les vasières intertidales de l'estuaire de la Seine sont assujetties à la dynamique générale de comblement de l'estuaire (Delsinne, 2005). Dans ce contexte, les chenaux de marée intertidaux dénommés localement « filandres » se sont formés consécutivement à la sédimentation et au développement de la végétation. Les travaux récents montrent que ces habitats sont colonisés par l'ichtyofaune, certaines espèces y étant très abondantes au stade juvénile. La variabilité de la composition du peuplement intra-filandre est à relier principalement aux gradients de salinité. Les principaux objectifs de cette action sont 1) de définir une typologie des habitats de filandres dans l'estuaire aval 2) d'affiner les connaissances sur l'organisation spatiale des poissons en abordant la variabilité intra-filandre.

Les chenaux de marée intertidaux sont des milieux difficiles à échantillonner sur le plan ichtyologique en raison des contraintes d'accès, mais aussi des techniques de pêche à mettre en œuvre pour produire des résultats qui soient aussi représentatifs que possible du peuplement. C'est pourquoi les travaux effectués jusqu'à présent se rapportent uniquement aux fonds de chenaux, généralement de moindre profondeur et largeur.

En 2008, l'objectif principal est d'étudier la variabilité spatiale des assemblages ichtyologiques pour différents systèmes de filandres selon leur localisation le long du gradient longitudinal de l'estuaire de Seine et leur morphologie, et à l'intérieur de chaque système de filandre depuis l'entrée jusqu'au fond du système. Il s'agit également de vérifier si les assemblages d'espèces dépendent du niveau de ramification des filandres.

Le rapport présenté ci-après rend compte du déroulement des opérations de prélèvements et des résultats obtenus concernant l'hydrologie et le peuplement ichtyologique.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Présentation de la zone d'étude

Les systèmes étudiés sont les chenaux secondaires perpendiculaires à l'axe du fleuve qui s'enfoncent plus ou moins profondément dans le schorre et le marais.

Trois sites ont été retenus pour un échantillonnage à deux reprises durant la même période que les campagnes à la mer effectuées par les autres équipes (Carte 1) :

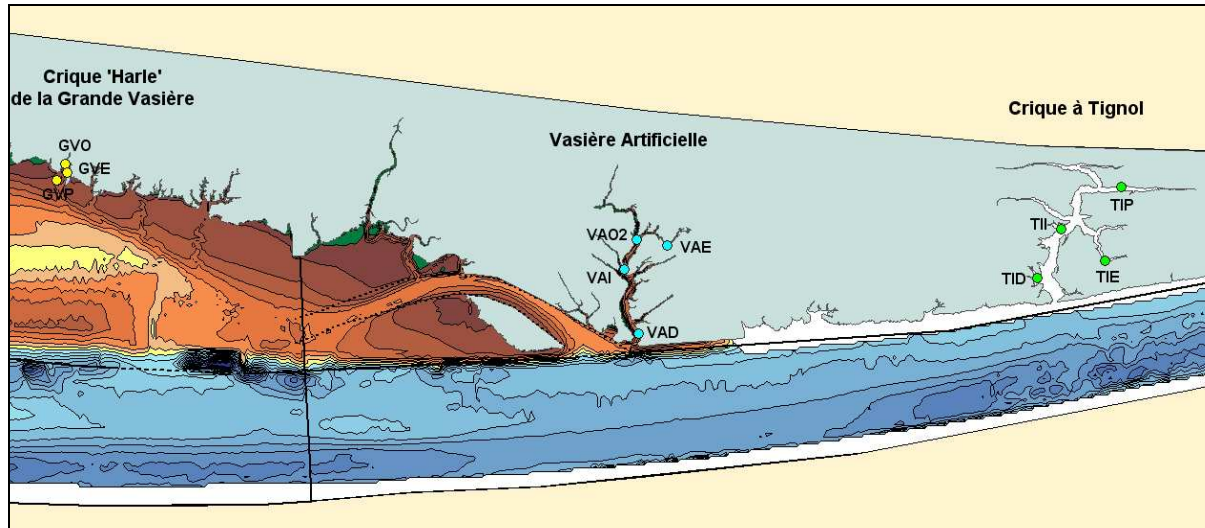
- (i) La Grande Vasière (00°15'015E, 49°26'790N) : en aval du pont de Normandie, milieu polyhalin.
- (ii) La Vasière artificielle (00°18'170E, 49°26'340N) : milieu oligohalin à mésohalin.
- (iii) La crique à Tignol (00°20'544E, 49°26'737N) : milieu oligohalin à polyhalin.

Ces filandres ont été sélectionnées du fait de leur positionnement géographique par rapport à la mesure environnementale de création d'un nouveau méandre en amont de la fosse nord et

des caractéristiques de leur peuplement (présence de bars au stade juvénile, espèces marines et estuariennes).

Chaque système de filandres se compose de trois ou quatre stations, échantillonnées de manière simultanée au moyen de verveux/trémail :

- (i) stations ‘principal’, ‘est’ et ‘ouest’ de la Grande Vasière (GVP, GVE, GVO)
- (ii) stations ‘débouché’, ‘intermédiaire’, ‘ouest’ et ‘est’ de la Vasière artificielle (VAD, VAI, VAO, VAE)
- (iii) stations ‘débouché’, ‘intermédiaire’, ‘est’ et ‘pont’ de Tignol (TID, TII, TIE, TIP)



Carte 1 : Localisation des stations de pêche prospectées à partir d’engins fixes en 2008 dans les chenaux intertidaux de la rive nord de l’estuaire de la Seine, dans le cadre du projet Colmatage

2.2. Engins et technique de pêche

Afin de minimiser la sélectivité des captures, deux engins fixes sont utilisés de manière simultanée sur chaque site :

- au moins un filet verveux de faible maillage (5 mm de côté de maille, 5m de profondeur, 1,80m de hauteur) et muni de deux ailes de 10m chacune ; il est destiné à la capture des juvéniles et des petites espèces ;
- un trémail destiné à la capture des adultes capables d’échapper au verveux (30 & 70mm de côté de maille, 2m de hauteur, 25 & 50m de long).

Le verveux et le trémail sont positionnés de manière à barrer totalement la filandre afin de filtrer le volume d’eau s’écoulant vers le débouché de la filandre au jusant ; le trémail est disposé juste en aval du verveux afin de collecter les gros individus ayant réussi à échapper au verveux (contournement, saut).

2.3. Plan d’échantillonnage

L’échantillonnage du peuplement piscicole et des crustacés s’est déroulé entre le 29 septembre 2008 et le 16 octobre 2008. Dans chacun des trois sites, les prélèvements ont été effectués à deux reprises de la pleine mer au jusant pour des coefficients de marée de vive eau compris entre 81 et 102 (Tableau 1). Le planning prévisionnel des prélèvements a du être

modifié en raison de mauvaises conditions météorologiques les 30 et 1^{er} octobre avec des vents d'ouest de 25 à 30 nœuds, rendant dangereuse la navigation dans la Seine avec un zodiac très chargé. Afin d'échantillonner dans des conditions de marée semblables, la seconde partie de la campagne s'est déroulée du 13 au 16 octobre 2008.

Une journée de prélèvement, d'une durée moyenne de 7 heures, est nécessaire pour la prospection de chaque site.

Tableau 1 : Récapitulatif des dates d'échantillonnages, des nombres d'échantillons et de relevés hydrologiques collectés par station dans les filandres de la rive nord de l'estuaire en 2008 (V : verveux, T : trémail). Les verveux et trémail vides ont été pris en compte dans les échantillons validés.

	Date de prélèvement	Coefficient de marée	Nbre de stations	Nbre d'échantillons	Nbre de relevés hydrologiques
Grande Vasière	29/09/2008	95	3	3V + 3T	6
	13/10/2008	81	3	3V + 3T	4
Vasière Artificielle	02/10/2008	87	4	4V + 4T	8
	15/10/2008	100	4	4V + 4T	6
Crique à Tignol	14/10/2008	92	3	3V + 3T	7
	16/10/2008	103	4	3V + 4T	7

Un total de 42 échantillons a été obtenu dont 41 ont été validés ; l'échantillon non validé était positionné hors zone d'étude.

La pose des engins à pleine mer est délicate dans les zones dépourvues de végétation à l'aval de certaines filandres (Grande Vasière). La principale difficulté consiste à bien localiser le chenal avant la pose des engins de pêche. Quelques mètres d'écart peuvent être déterminants pour l'efficacité du piège. Le schéma général de prélèvement est le suivant : du fait du comblement progressif des filandres prospectées et du nombre de stations dans chaque site, une seule séquence de pêche est effectuée. Les engins de pêche sont posés simultanément 1 heure avant la pleine mer afin qu'ils soient pêchants au moment de la renverse de la marée. Aucun engin n'est posé au cours du flot car le courant de marée constitue un sérieux handicap pour les manœuvres.

Chaque station fait l'objet de la pose d'au moins un verveux couplé à un trémail. Dans les sections les plus larges, deux verveux sont jumelés avec une ouverture à l'entrée similaire à celle des engins posés dans les fonds de bras (8 à 10m), le chenal n'étant pas totalement barré de façon à permettre une circulation avec le moyen nautique entre les stations de pêche. La relève des engins est donnée avant que le niveau d'eau ne permette plus la circulation du moyen nautique.

2.4. Traitement des échantillons

Les poissons de grande taille (trémail) sont déterminés, pesés et mesurés sur le terrain avant d'être remis à l'eau.

Les juvéniles et petites espèces (verveux) sont congelés pour l'analyse au laboratoire (identification, poids, mesure, comptage).

2.5. Mesures des paramètres hydrologiques

Des radiales hydrologiques sont réalisées dans chaque filandre. Au moyen d'une sonde multiparamètres, la température, la salinité, l'oxygène (mg/L et %) et la conductivité sont mesurés en surface, au fond ou à mi-colonne selon la profondeur. De l'eau est également prélevée afin de déterminer la turbidité au laboratoire.

2.6. Traitement des données

Diversité

La richesse spécifique totale (nombre total d'espèces présentes) est calculée par station ; à l'échelle du site, elle est moyennée pour les différentes stations prospectées (nombre moyen d'espèces présentes dans le peuplement).

Abondances et Biomasses

L'étude des distributions spatio-temporelles est abordée à différents niveaux :

- abondance totale des populations de poissons (ou crustacés), par espèce
- biomasse totale des populations de poissons (ou crustacés), par espèce

L'abondance et la biomasse totales sont calculées de la façon suivante (Laffaille, 2000) :

$$N_j = \frac{\left(\frac{N_i}{T_i}\right) + \left(\frac{N_{i+1}}{T_{i+1}}\right)}{2} \times T_j$$

$$CPUE = \frac{\sum N_i + \sum N_j}{\sum T_i + \sum T_j}$$

Avec :

CPUE	=	nombre ou biomasse d'individus par espèce et par minute
Ti	=	temps de chaque échantillonnage en minute
Tj	=	temps en minute entre les échantillons i et i+1
Ni	=	quantité d'individus en nombre ou en biomasse pour l'échantillon i
Nj	=	quantité d'individus en nombre ou en biomasse entre les échantillons i et i+1

Diagrammes rangs-fréquences (DRF)

La structuration du peuplement est également étudiée à partir des diagrammes rangs-fréquences afin de faire ressortir les espèces dominantes. Les espèces sont classées suivant l'ordre décroissant de leur proportion en abondance ou biomasse dans le peuplement. Seules les espèces présentes à plus de 1% ont été considérées.

Guildes écologiques

La structuration du peuplement est également étudiée d'un point de vue écologique (espèces amphihalines, marines, estuariennes et dulçaquicoles).

Analyses multivariées

La répartition spatio-temporelle du peuplement est également étudiée, avec l'appui de techniques statistiques telles que la classification ascendante.

Les analyses multivariées permettent de mieux comprendre comment chaque assemblage d'espèces varie suivant les prélèvements et les moments de capture.

(1) Transformation des données

Pour ces analyses, les espèces rares dans les prélèvements sont éliminées suivant leur pourcentage de dominance car elles peuvent biaiser les analyses. Les espèces représentant moins de 5% de l'abondance ou de la biomasse totale n'ont pas été prises en compte dans les analyses factorielles en composantes principales.

Sur les espèces restantes, les abondances subissent une transformation logarithmique :

$$\log (\text{valeur}+1).$$

Cette transformation permet de pondérer les espèces très abondantes par rapport aux espèces les plus rares.

(2) Similarités

Les données biologiques ont été résumées dans des tableaux (matrices) espèces-prélèvement contenant soit les abondances soit les biomasses de chaque espèce.

Dans un premier type d'analyse, la similarité entre les échantillons deux par deux est calculée pour analyser s'il existe des ressemblances dans les assemblages d'espèces en fonction des zones et saisons d'échantillonnage. Une matrice de similarités entre échantillons est obtenue avec un nombre de ligne et de colonne correspondant au nombre d'échantillons. Pour calculer cette matrice, l'indice de Bray-Curtis est utilisé. Cet indice favorise les espèces présentes dans les deux échantillons comparés. Il ne considère pas les espèces absentes de ces deux échantillons même si elles sont présentes dans les autres échantillons des campagnes de prélèvements. L'indice de similarité varie de 0 quand les deux échantillons n'ont aucune espèce en commun, à 100% quand ils possèdent les mêmes espèces avec les mêmes valeurs.

Pour la similarité entre espèces, une standardisation des données est effectuée afin de comparer les proportions plutôt que les niveaux d'abondances totales.

Ces indices sont en général une première étape pour discriminer les prélèvements suivant les zones ou dans le temps. Suite à cette étape, des méthodes d'analyse graphique permettent de visualiser les espèces ou les zones qui ont de fortes similarités. Il s'agit soit de classifications (dendrogrammes ou arbres) ou d'ordinations (Non Metric Multidimensional Scaling).

(3) Classifications

Les classifications tendent à former des groupes au sein des échantillons tels que des groupes d'espèces ayant les mêmes affinités (sensiblement les mêmes distributions). A partir d'une matrice de similarité, les observations ou les espèces sont regroupées selon les plus forts liens de ressemblance aux plus faibles. Ce regroupement est visualisé sur un dendrogramme (arbre) où l'un des axes représente les espèces et l'autre les similarités. Il existe plusieurs types de groupement:

- le groupement à lien simple qui prend le maximum des similarités de deux prélèvements que l'on a regroupé

- le groupement à lien complet qui prend le minimum

- le groupement à lien moyen qui correspond à la moyenne des deux similarités.

Le groupement à lien moyen sera utilisé dans cette étude.

III. RÉSULTATS

3.1. Paramètres hydrologiques

Dans leur globalité, les trois sites étudiés sont différents en terme de paramètres hydrologiques (test de Kruskal-Wallis ; $p < 0.005$).

3.1.1. Température

La température dans la Grande Vasière (Figure 1) fluctue très peu entre les stations de pêche et avoisine les 15°C ou 16°C selon le jour de l'étude.

Au sein de la Vasière Artificielle les fluctuations spatiales sont du même ordre de grandeur que sur la Grande Vasière. Les températures présentent des valeurs plus faibles ; elles varient de 14,5°C à 15,3°C de l'embouchure vers le fond de la filandre.

Les écarts thermiques constatés entre les 2 jours d'échantillonnage (0,4 à 1°C) sur ces 2 sites s'expliquent par un écart de 15 jours entre les 2 opérations de pêche à une période de l'année où le refroidissement de température est particulièrement marqué.

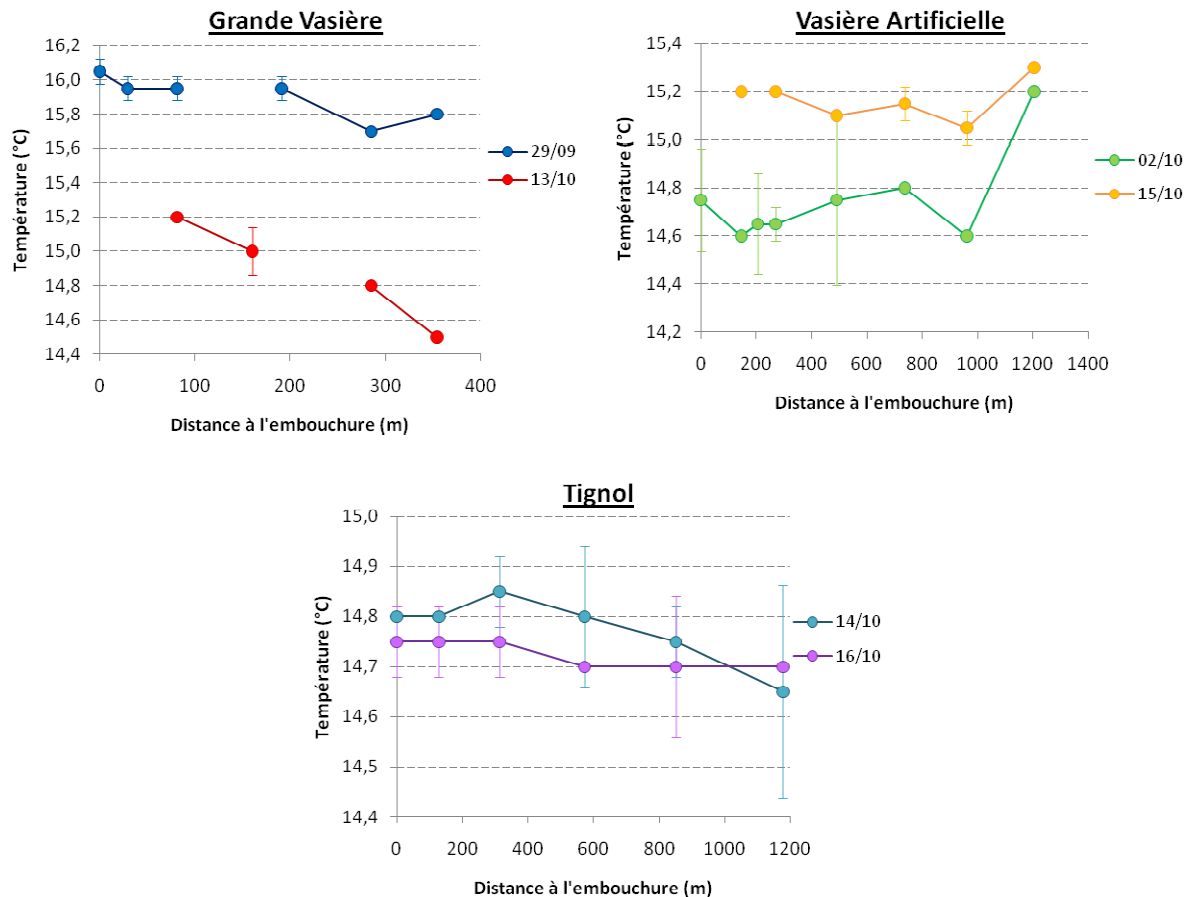


Figure 1 : Evolution spatiale de la température moyenne par secteur au cours de la campagne colmatage 2008.

Dans la crique à Tignol, la température apparaît relativement homogène (environ 14,7°C) à la fois le long de la radiale aval/amont et d'une campagne à l'autre, ce qui s'explique par un écart temporel de seulement 2 jours entre les 2 prélèvements alors qu'il atteignait près de 2 semaines sur les 2 autres filandres.

3.1.2. Salinité

Dans la Grande Vasière (Figure 2), la salinité fluctue très peu entre les stations de pêche : de 22,9 à 26,0 ; ces valeurs sont caractéristiques d'un milieu polyhalin. L'absence de gradient fond/surface témoigne d'une masse d'eau peu stratifiée.

Dans la Vasière Artificielle, il existe une stratification longitudinale et verticale. En effet, le gradient halin entre l'aval et l'amont de la filandre dépasse 17 unités (aval : 20,7 à 24,5 PSU ; amont : 3,1 à 6,7 PSU). L'amplitude de variation entre le fond et la surface devient marquée à partir de la station de pêche la plus aval (VAD), fluctuant entre 5 et 17 unités jusqu'à la station VAO2 (Annexe 2) ; la stratification apparaît plus marquée lorsque les vives-eaux sont plus marquées (coef. de 100 le 15/10). Ces valeurs sont caractéristiques d'un milieu oligohalin en fond de filandre à polyhalin à son entrée à pleine mer.

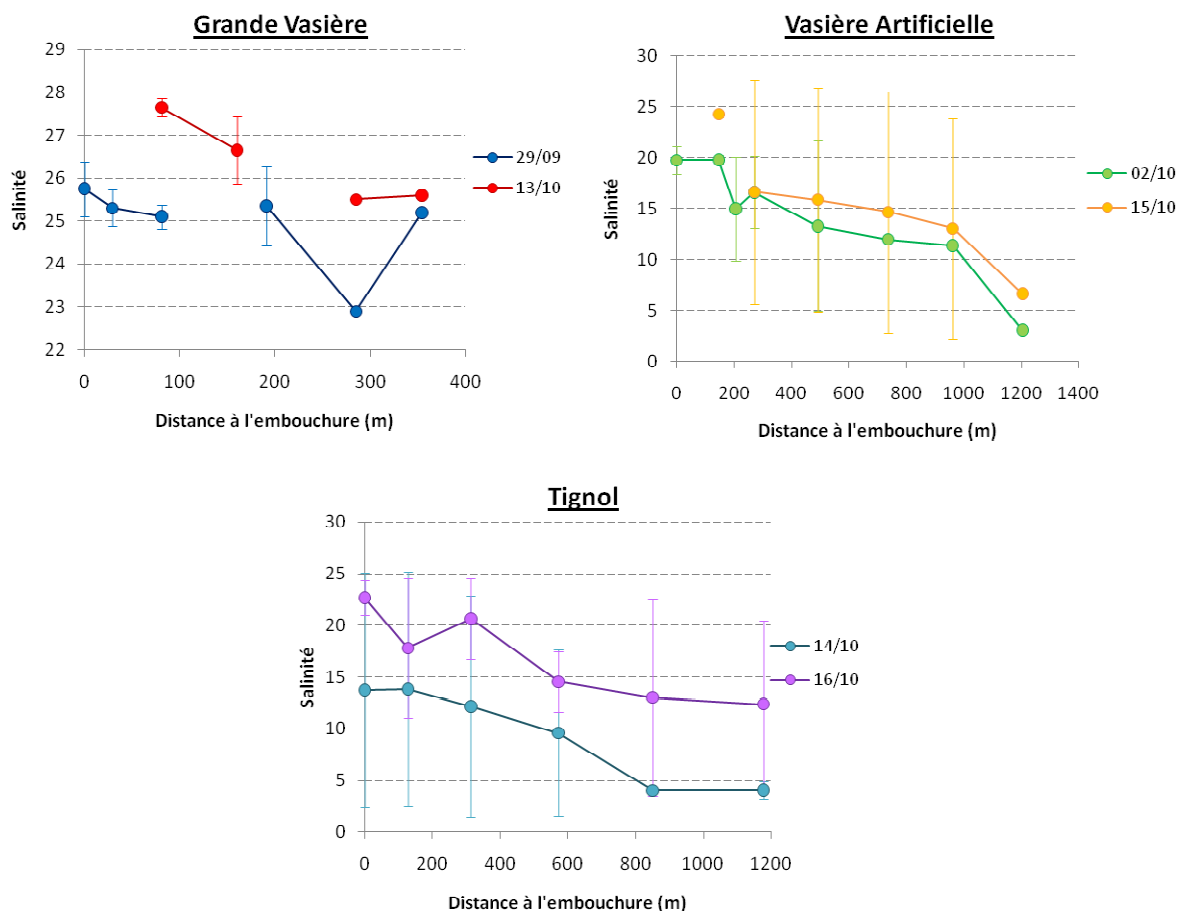


Figure 2 : Evolution spatiale de la salinité moyenne par secteur au cours de la campagne colmatage 2008.

De même que sur la Vasière Artificielle, il existe une stratification longitudinale et verticale sur le site de la crique à Tignol. En effet, la salinité moyenne varie, de l'embouchure jusqu'au fond de la filandre, de 23,9 à 3,9 (gradient halin de 16 à 18 unités) et présente une amplitude maximale de 16 unités entre la surface et le fond de la colonne d'eau. Ces valeurs sont caractéristiques d'un milieu oligo à polyhalin.

Sur les 3 systèmes de filandre, il apparaît un renforcement du caractère marin de la masse d'eau lors que les vives-eaux sont plus marquées. Cela est vérifié sur la totale de la radiale hydrologique sur la Crique à Tignol, avec des conditions proches de l'oligohalin rencontrées en fond de filandre le 16/10/08.

3.1.3. Oxygène

Dans la Grande Vasière, il apparaît une homogénéité spatiale de l'oxygène avec des valeurs variant de 14,9 à 16,5 mg/L ou de 6,5 à 6,9 mg/L (Figure 3). En revanche, les teneurs sont particulièrement contrastées d'une campagne à l'autre (d'un facteur 2) ; un dysfonctionnement de la sonde à oxygène lors d'une des séries de prélèvements pourrait expliquer l'écart constaté.

La Vasière Artificielle présente, une variation importante de l'oxygène lors du 1^{er} jour de campagne. Les valeurs varient de 11,5 à 8,3 mg/L de l'embouchure vers le fond de la filandre. Avec des valeurs moindres le second jour, l'oxygène est relativement stable de l'embouchure vers le fond de la filandre (6,7 mg/L à 6,4 mg/L).

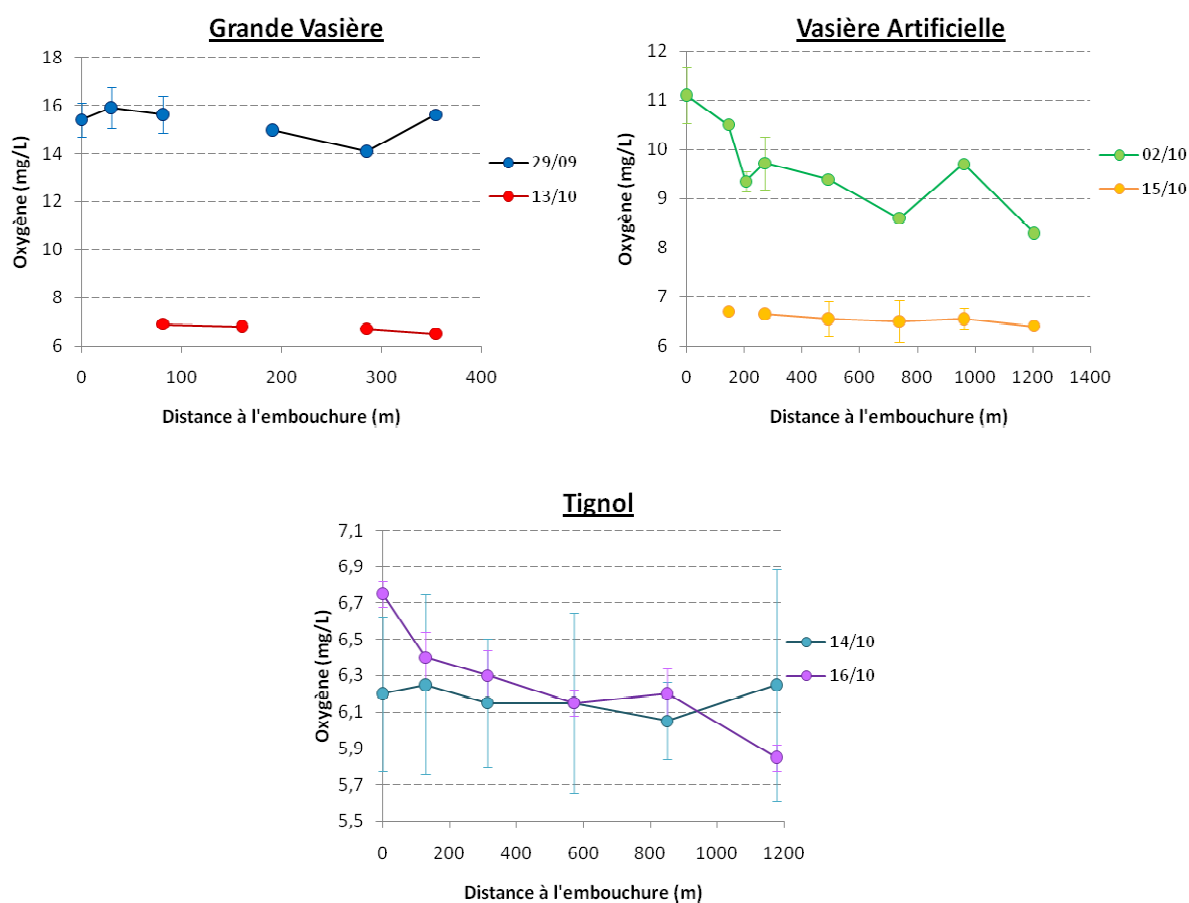


Figure 3 : Evolution spatiale de l'oxygène moyen par secteur au cours de la campagne colmatage 2008.

Dans la crique à Tignol, l'oxygène apparaît homogène entre les stations ; il varie de 5,9 à 6,8 mg/L.

3.1.4. Turbidité

Pour la Grande Vasière, il n'y a eu de mesures de turbidité que pour une seule date (Figure 4). La turbidité varie de 42,1 à 62,6 NTU et aucun gradient spatial n'apparaît.

Le site de la Vasière Artificielle présente une variabilité nettement plus forte, avec des valeurs allant de 36 NTU à 342 NTU (Annexe 2). Les valeurs apparaissent plus homogènes le 15 octobre, la station TID présentant un maximum (134 NTU au fond) ; un double gradient

apparaît le 02 octobre, avec des valeurs plus fortes au niveau de l'entrée et en fond de filandre.

La turbidité est également très hétérogène sur le plan spatial dans la crique à Tignol : elle tend à diminuer lorsque que l'on s'éloigne de l'embouchure, hormis une valeur exceptionnellement élevée le 16/10 à 900m de l'entrée de la filandre. Ce paramètre présente des valeurs du même ordre de grandeur que la Vasière artificielle.

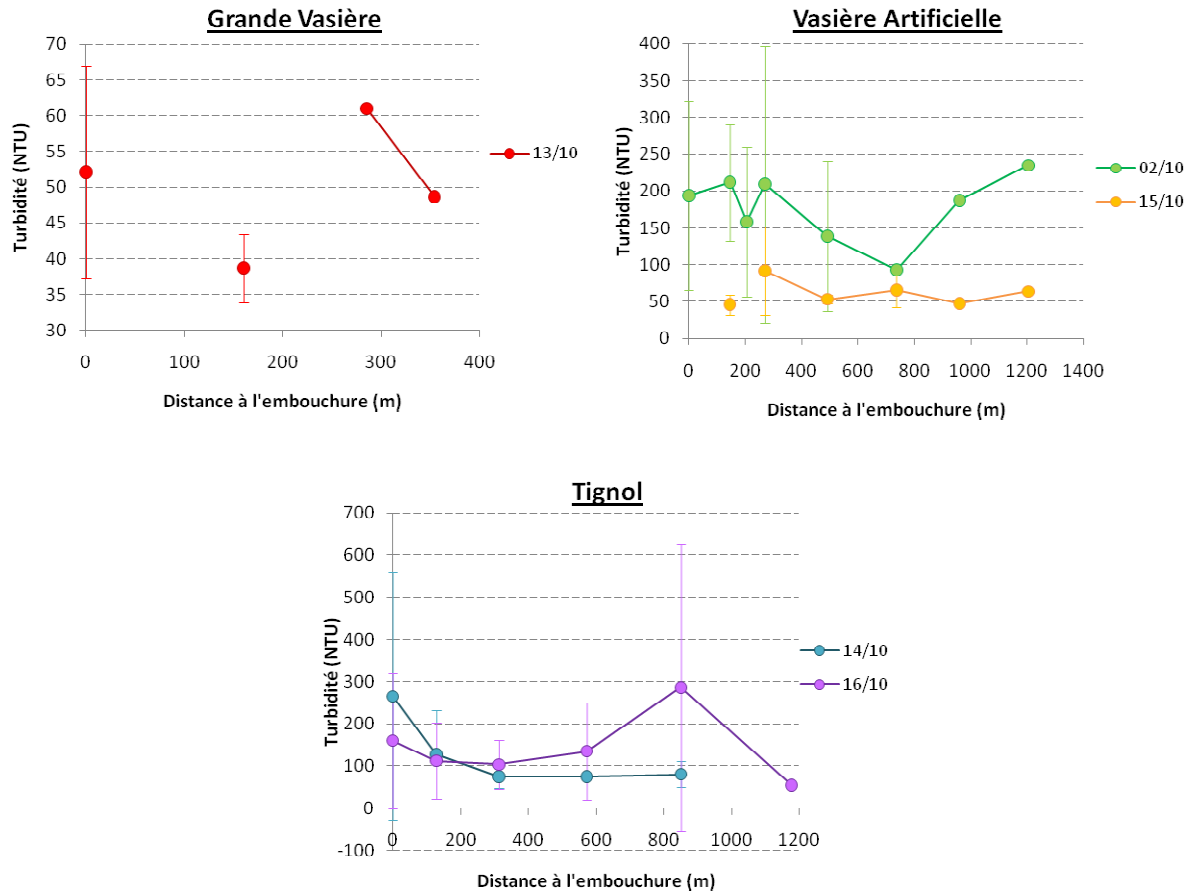


Figure 4 : Evolution spatiale de la turbidité moyenne par secteur au cours de la campagne colmatage 2008.

3.2. Organisation du peuplement

3.2.1. Richesse spécifique

Tableau 2 : Composition des poissons échantillonnés dans les trois filandres lors des deux dates de prélèvement (espèces marines, espèces estuariennes, espèces amphihalines, espèces dulçaquicoles, espèces non classées, macrocrustacés).

Taxon (nom latin / auteur / nom vernaculaire)	Grande Vasière	Vasière Artificielle	Tignol
	3 stations	4 stations	4 stations
<i>Dicentrarchus labrax</i> (L.) / Bar européen	⊕	⊕	⊕
Clupeidae / Clupéidé juvénile	⊕	⊕	⊕
<i>Pomatoschistus minutus</i> (Pallas) / Gobie buhotte		⊕	⊕
<i>Aphia minuta</i> (Risso) / Gobie nonnat	⊕	⊕	
<i>Clupea harengus</i> (L.) / Hareng de l'Atlantique	⊕	⊕	⊕
<i>Pollachius pollachius</i> (L.) / Lieu jaune		⊕	
<i>Limanda limanda</i> (L.) / Limande		⊕	
<i>Ciliata mustela</i> (L.) / Motelle à cinq barbillons		⊕	⊕
<i>Atherina presbyter</i> (Cuvier) / Prêtre	⊕	⊕	⊕
<i>Sprattus sprattus</i> (L.) / Sprat	⊕	⊕	⊕
<i>Gasterosteus aculeatus</i> (L.) / Epinoche à trois épines	⊕	⊕	⊕
<i>Pomatoschistus microps</i> (Kröyer) / Gobie tacheté	⊕	⊕	⊕
<i>Syngnathus rostellatus</i> (Nilsson) / Syngnathe perçat			⊕
<i>Anguilla anguilla</i> (L.) / Anguille européenne	⊕	⊕	⊕
<i>Osmerus eperlanus</i> (L.) / Eperlan européen	⊕	⊕	⊕
<i>Pleuronectes flesus</i> (L.) / Flet d'Europe	⊕	⊕	⊕
<i>Liza ramada</i> (Risso) / Mulet porc	⊕	⊕	⊕
<i>Liza</i> sp. (Risso) / Mugilidé juvénile	⊕	⊕	⊕
<i>Pungitius pungitius</i> (L.) / Epinochette			⊕
<i>Rutilus rutilus</i> (L.) / Gardon			⊕
<i>Perca fluviatilis</i> (L.) / Perche		⊕	
<i>Pomatoschistus</i> sp. / Gobiidé juvénile	⊕	⊕	⊕
TOTAL ICTHYOFAUNE	12	17	16
<i>Palaemonetes varians</i> (Leach) / Bouquet de l'Atlantique des canaux	⊕	⊕	
<i>Palaemon longirostris</i> (Milne-Edwards) / Crevette blanche		⊕	⊕
<i>Crangon crangon</i> (L.) / Crevette grise	⊕	⊕	⊕
<i>Carcinus maenas</i> (L.) / Crabe vert	⊕		⊕
TOTAL MACROCRUSTACES	3	3	3

La richesse taxonomique globale (stations et dates confondues) entre les trois sites n'est pas très différente (test de Kruskal-Wallis ; $p > 0,05$). Toutefois elle apparaît plus faible dans la Grande Vasière (15 taxons) que dans la Vasière Artificielle (20 taxons) et la crique à Tignol (19 taxons) (Tableau 2).

Par ailleurs, 12 taxons sont présents dans les trois sites (11 poissons et 1 macrocrustacé).

Aucune guildes écologiques ne domine réellement au sein du peuplement : espèces amphihalines (4 espèces), marines (5 à 9 espèces), estuariennes (3 à 4 taxons), dulçaquicoles (0 à 2 espèces), macrocrustacés (3 espèces). Tous les poissons amphihalins sont représentés dans chaque site. Les espèces dulçaquicoles n'apparaissent pas sur la Grande Vasière, le milieu étant polyhalin.

Il faut également noter la présence de la limande et du lieu jaune dans la Vasière Artificielle. Ces espèces ne sont habituellement pas présentes dans les chenaux intertidaux. En effet, sur l'ensemble des campagnes effectuées dans cette zone depuis 2002, un seul lieu jaune a été capturé en juillet 2003 dans la Grande Vasière (De Roton *et al.*, 2009).

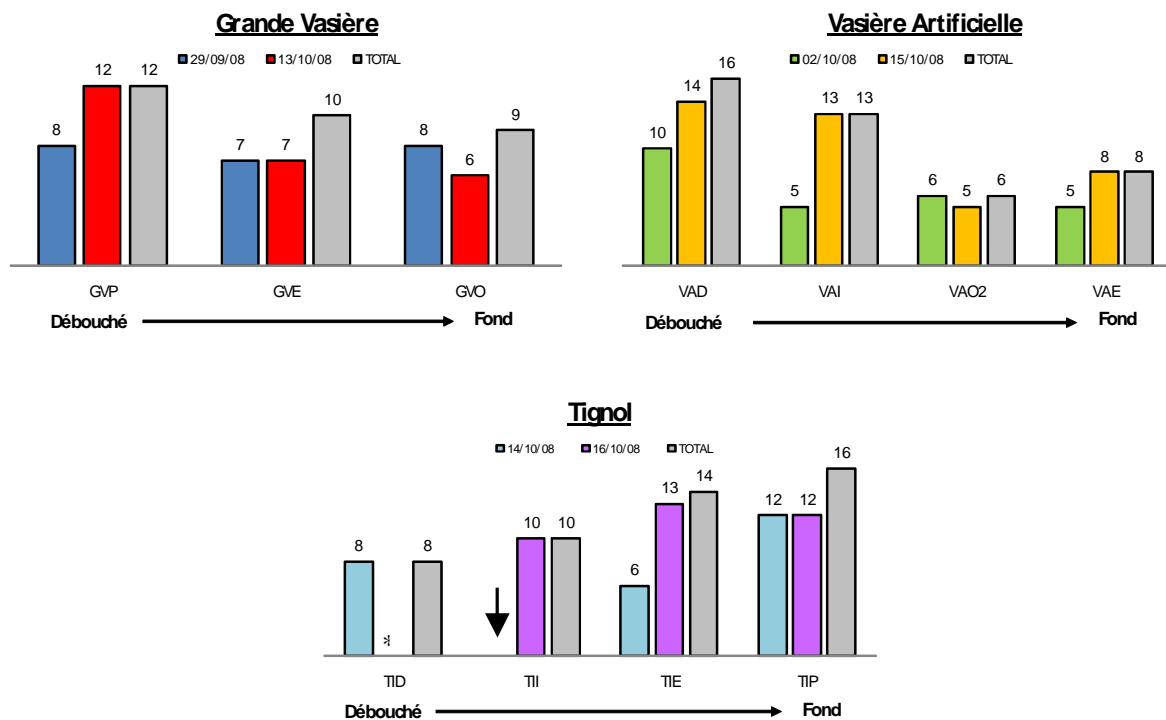


Figure 5 : Richesse taxonomique du peuplement piscicole dans les stations des trois sites étudiés (GVP : GV Principale, GVE : GV Est, GVO : GV Ouest, VAD : VA Débouché, VAI : VA Intermédiaire, VAE : VA Est, VAO2 : VA Ouest, TID : TI Débouché, TII : TI Intermédiaire, TIE : TI Est, TIP : TI Pont). ▼ Station non échantillonnée. * Station non validée car verveux non validé.

Dans la Grande Vasière, la richesse taxonomique diminue légèrement de l'entrée (8 à 12 taxons) vers le fond (6 à 9 taxons) de la filandre (Figure 5). La Vasière Artificielle montre une variation plus marquée : le nombre de taxons est maximal à proximité du débouché (10 à 16 taxons) et minimal dans le fond des chenaux (5 à 8 taxons), avec un gradient longitudinal globalement décroissant de l'aval vers l'amont comme sur la Grande Vasière. Malgré le gradient topographique qui caractérise la crique à Tignol, les fonds de chenaux peu profonds correspondent à la plus forte richesse taxonomique (12 à 16 taxons, contre 8 taxons à l'entrée), contrairement à ce qui est observé sur les 2 filandres précédentes (Annexes 3 à 5).

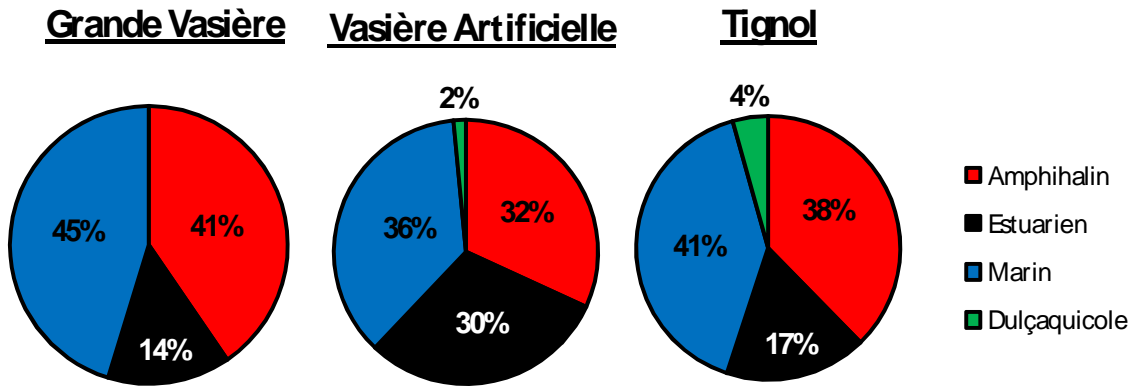


Figure 6 : Pourcentage du nombre d'espèces par guildes écologiques dans les 3 sites étudiés.

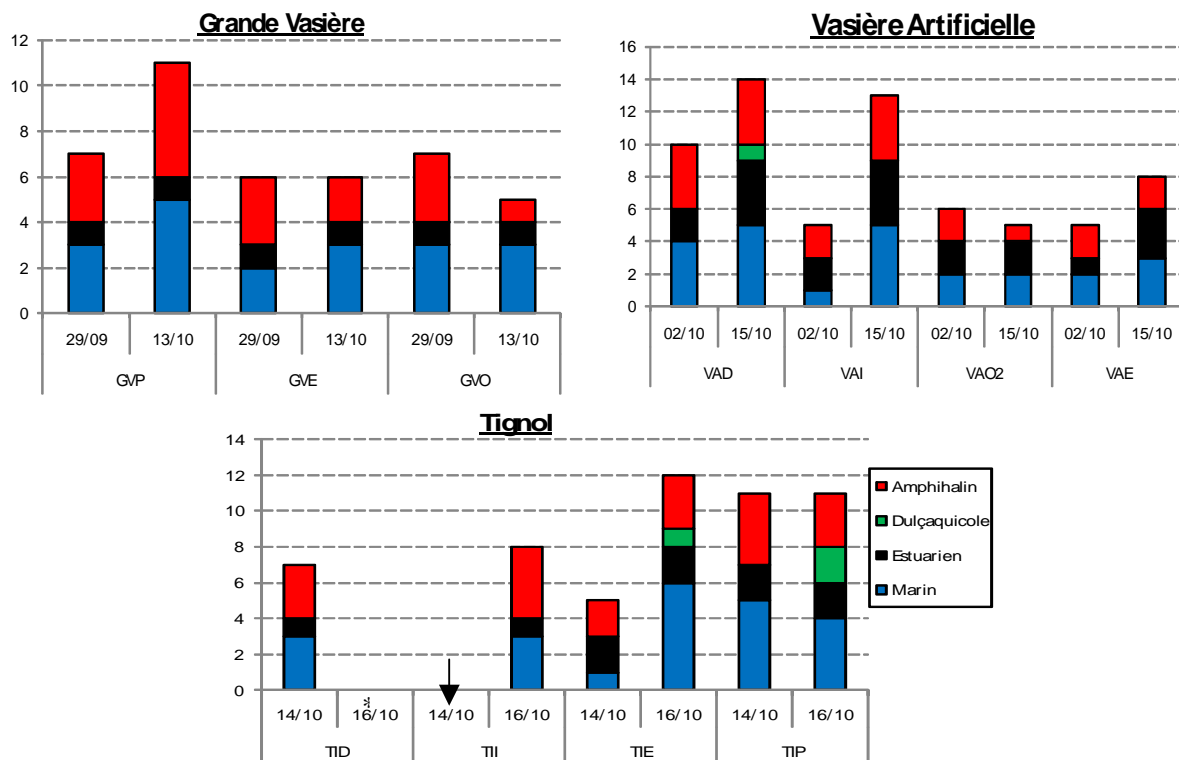


Figure 7 : Répartition par guildes écologiques dans les stations des trois sites étudiés (GVP : GV Principale, GVE : GV Est, GVO : GV Ouest, VAD : VA Débouché, VAI : VA Intermédiaire, VAE : VA Est, VAO2 : VA Ouest, TID : TI Débouché, TII : TI Intermédiaire, TIE : TI Est, TIP : TI Pont).

▼ : Station non échantillonnée, * : Station non validée car le verveux n'a pas été validé.

Dans la Grande Vasière, le nombre de poissons amphihalins diminue de l'embouchure vers le fond du chenal (de 5 à 1) alors qu'aucune tendance n'apparaît sur le plan longitudinal pour les autres guildes écologiques. Aucun poisson d'eau douce n'occupe ce site (Figure 7).

Dans la Vasière Artificielle le nombre d'espèces par guildes diminue de moitié de l'embouchure de la filandre vers le fond : de 4 à 2 espèces amphihalines, estuariennes ou marines et de 2 à 1 crustacés. Seule une espèce dulçaquicole, la perche, est présente au débouché.

Dans la crique à Tignol, la contribution des différentes guildes à la richesse taxonomique globale évolue peu suivant la distance à l'embouchure, hormis pour les espèces dulçaquicoles capturées seulement en fond de filandre : l'épinchette se retrouve en TII et TIP et le gardon en TIP (Annexes 3 à 5). Ainsi les richesses plus élevées observées en fond de filandre

s'expliquent au travers des 4 guildes écologiques (hareng, prêtre, sprat, syngnathe, anguille, épinochette, gardon).

3.2.2. Abondances et Biomasses

Abondances

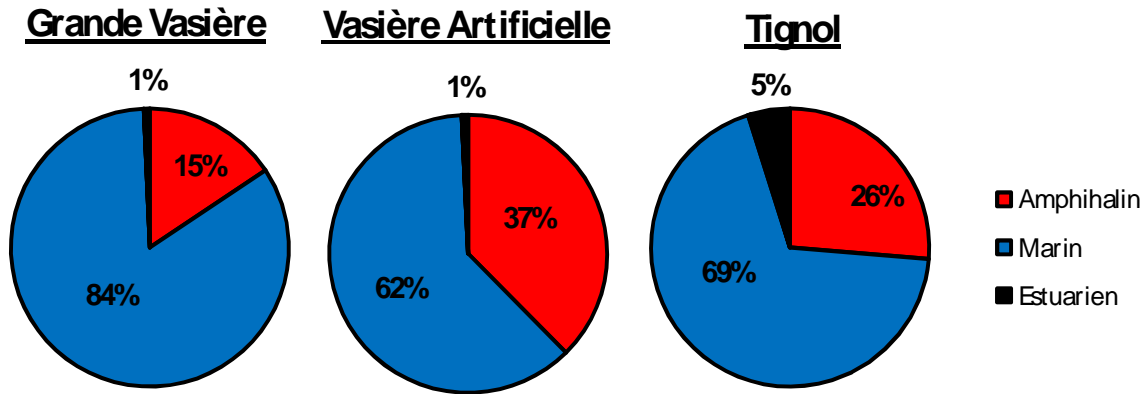


Figure 8 : Pourcentage des abondances par guildes écologiques dans les 3 sites étudiés.

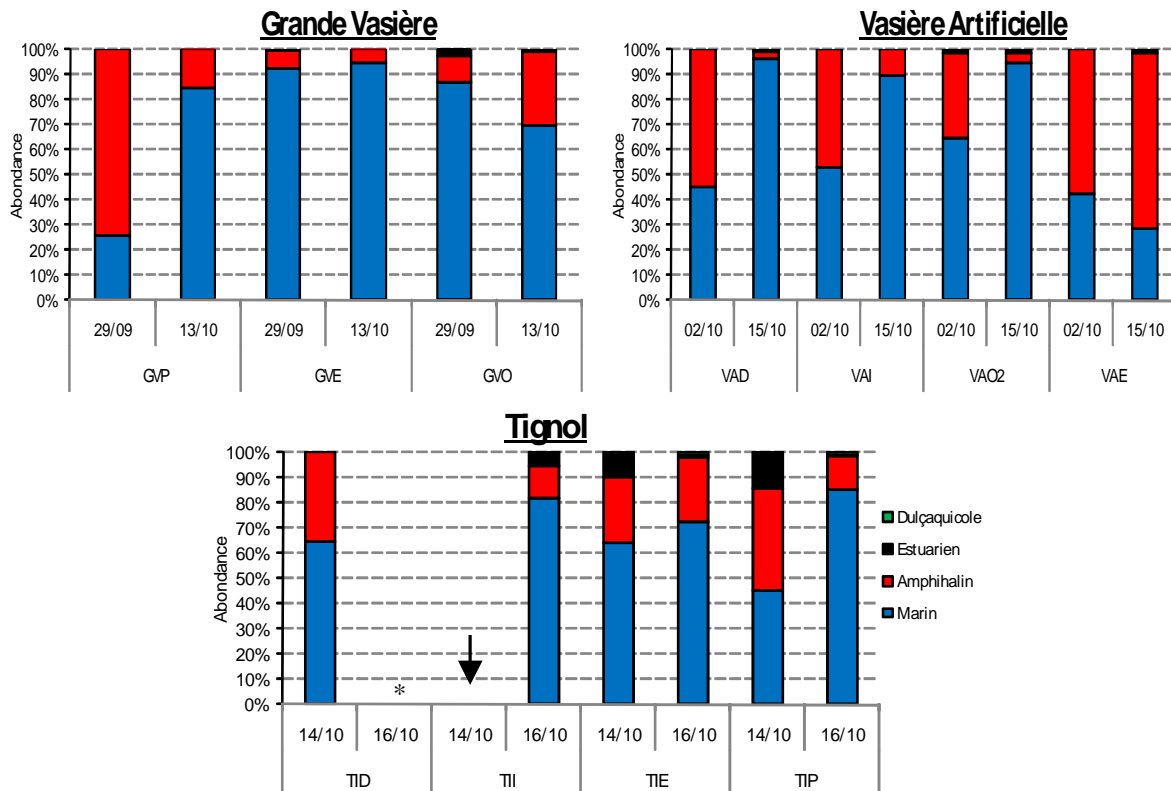


Figure 9 : Répartition des abondances par guildes écologiques dans les stations des trois sites étudiés. Station non échantillonnée, * Station non validée car le verveux n'a pas été validé.

Au sein de la Grande Vasière (Figure 10), les abondances diffèrent entre les stations. En effet les plus fortes abondances apparaissent sur la station Est (307 et 286 ind./h les 29/09 et 13/10) et les plus faibles sur les stations de l'axe Principal (respectivement 75 et 182 ind./h) et de l'Ouest (respectivement 71 et 51 ind./h). Ces fortes abondances s'expliquent

principalement par la présence du bar et par celle des juvéniles de gobiidés dans une moindre mesure (Annexe 6).

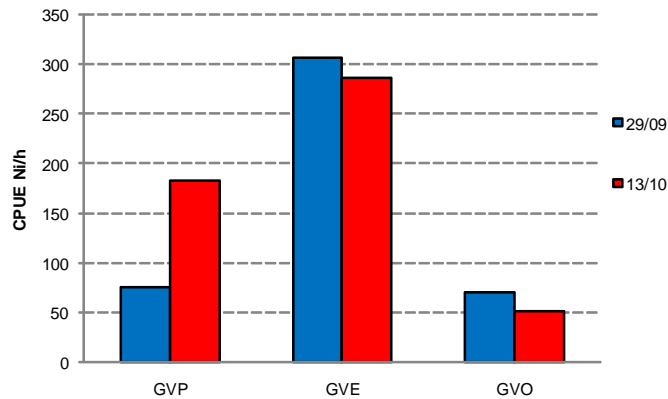


Figure 10 : Abondance en nombre d'individus / heure du peuplement piscicole dans la Grande Vasière GV (GVP : GV Principale, GVE : GV Est, GVO : GV Ouest).

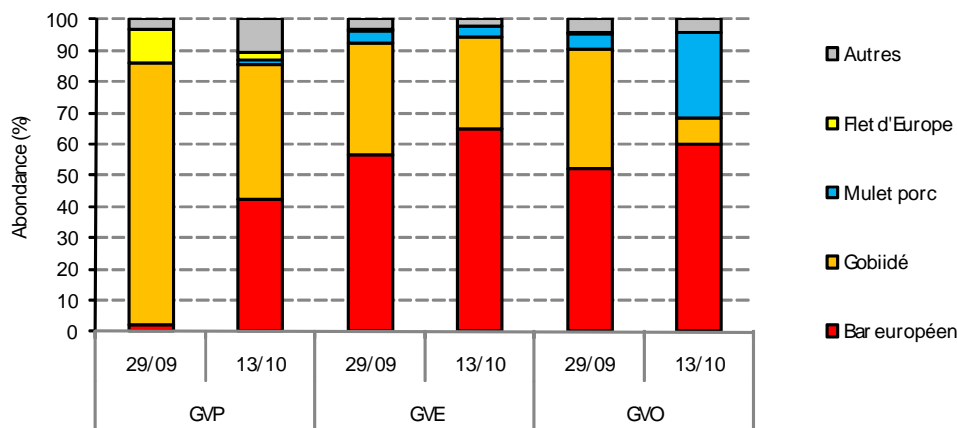


Figure 11 : Abondance en nombre d'individus / heure en pourcentage du peuplement piscicole dans la Grande Vasière GV (GVP : GV Principale, GVE : GV Est, GVO : GV Ouest). Le taxon Gobiidé regroupe le gobiidé juvénile et le gobie tacheté.

En effet, le bar est le taxon le plus structurant dans les stations de fond de filandre (GVE et GVO) avec plus de 50% de l'abondance totale et sa contribution diminue dans l'axe principal (2 à 40% sur GVP). Au contraire, la contribution des juvéniles de gobiidés apparaît plus forte au niveau du débouché où ce taxon domine ; il laisse progressivement place au bar en fond de filandre. Le mulet porc est très peu présent à l'embouchure (1%) mais occupe jusqu'à 30% du peuplement dans le fond du chenal. Le flet est essentiellement présent dans l'axe principal (11%) puis disparaît. Enfin le gobie tacheté représente 20% de l'abondance totale en GVP puis diminue de moitié en GVE pour devenir absent en GVO.

Les espèces marines et amphihalines dominent donc sur ce site (Figures 8 et 9).

Dans la Vasière Artificielle, l'abondance est maximale à l'embouchure (2616 ind./h le 15/10/08) puis diminue brutalement vers le fond du chenal (127 à 22 ind./h). Ce pic est dû à l'importance des *Pomatoschistus* retrouvés dans cette station (Figure 12).

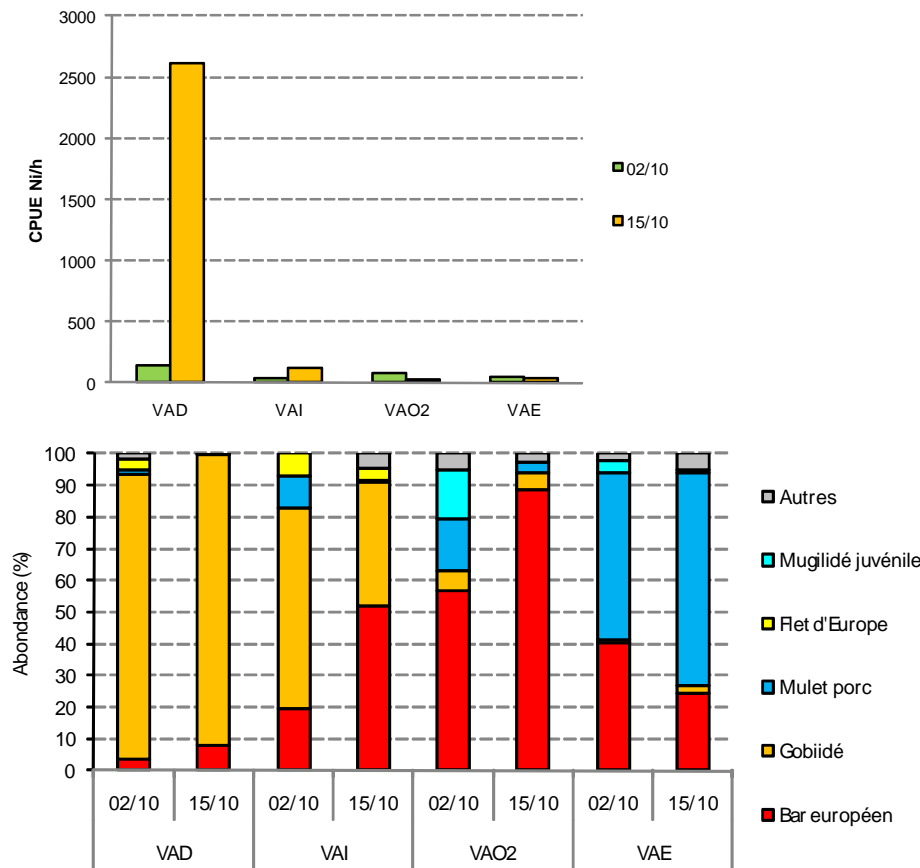


Figure 12 : Abondance en nombre d'individus / heure (en haut) et en pourcentage (en bas) du peuplement piscicole dans la Vasière Artificielle VA (VAD : VA Débouché, VAI : VA Intermédiaire, VAE : VA Est, VAO2 : VA Ouest). Le taxon Gobiidé regroupe le gobiidé juvénile, le gobie tacheté et le gobie buhotte.

Les juvéniles de gobiidés structurent près de 90% du peuplement au débouché de la vasière artificielle (VAD) puis laissent place progressivement au bar et au mulet porc dans le fond de la filandre (VAO2 et VAE) en ne contribuant plus qu'à 1% du peuplement (Annexe 7). En effet, contrairement au gobiidé juvénile, le mulet porc est très peu présent au débouché (1%) pour être l'espèce prédominante en fond de filandre (53 à 67%). Le bar, quant à lui, occupe moins de 10% du peuplement au débouché, augmente ensuite progressivement pour atteindre son maximum en VAO2 (57 et 79%) et diminuer à nouveau en VAE. Au débouché et en zone intermédiaire, le flet (environ 5%) et le gobie buhotte (jusqu'à 8%) apparaissent et en VAO2 et VAE, le mugilidé juvénile participe respectivement à 15 et 4% de l'abondance totale. En résumé il se dessine une contribution décroissante des gobiidés juvéniles et une contribution croissante du bar et du mulet porc du débouché vers le fond de la vasière artificielle.

Ce sont donc encore les espèces marines et amphihalines qui dominent dans ce site (Figures 8 et 9).

Au regard des années précédentes, il s'avère que les résultats obtenus ici diffèrent grandement. Ni l'épinoche, ni l'éperlan ni les mugilidés juvéniles ne sont dans les espèces dominantes du peuplement, comme en 2002, 2003, 2004, 2006 et 2007 (De Roton *et al.*, 2008).

Dans la crique à Tignol (Figure 1313), les valeurs s'étalent de 51 à 215 ind./h avec un pic en zone intermédiaire (TII) puis une diminution progressive vers le fond du chenal ; la station à l'embouchure de la crique de Tignol ne pouvant être considérée car seul le trémail est pris en compte le 16/10/08 (avec 3 ind./h). Les fortes abondances observées en TIE et TII sont dues au gobiidé juvénile représentant 40% du peuplement.

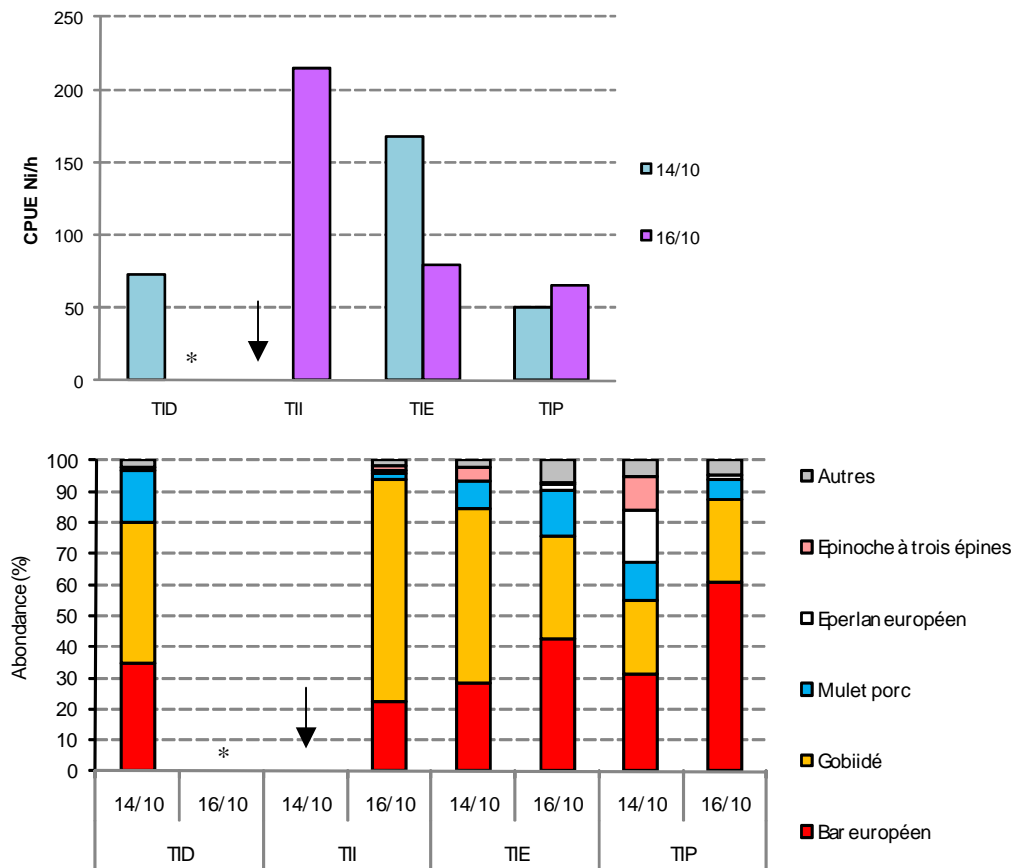


Figure 13 : Abondance en nombre d'individus / heure (en haut) et en pourcentage (en bas) du peuplement piscicole dans la crique à Tignol TI (TID : TI Débouché, TII : TI Intermédiaire, TIE : TI Est, TIP : TI Pont).
 ↓ Station non échantillonnée. * : Station non validée car le verveux n'a pas été validé. Le taxon Gobiidé regroupe le gobiidé juvénile, le gobie tacheté et le gobie buhotte.

Plus précisément la structure du peuplement se définit comme suit : la participation du bar au peuplement augmente (de 30% à 60%) du débouché vers le fond de la crique à Tignol alors que celle du gobiidé juvénile diminue (de 45% à 10%). Le mulet porc est toujours présent et contribue dans toutes les stations à environ 10% du peuplement ; excepté en TID le 16 octobre (89%) mais ceci n'est pas représentatif du peuplement car seul le trémail a été validé. Les gobies tacheté et buhotte sont également présents dans toutes les stations (de 5 à 25% de l'abondance totale). Enfin l'épinoche et l'éperlan occupent plus de 11% du peuplement dans le fond de la filandre (Annexe 8).

Comme dans la vasière artificielle, il apparaît un gradient (moins marqué tout de même) du débouché vers le fond de la filandre : croissance de la contribution du bar et décroissance de celle du gobiidé juvénile.

Ce sont encore le bar, les gobies (buhotte, tacheté et juvéniles) et le mulet porc qui dominent sur ce site.

L'Analyse factorielle des Correspondances réalisée sur les CPUE numériques des principales espèces de poissons constitutives du peuplement (Figure 14) fait ressortir la plus grande variabilité spatiale intra-filandre relevée sur la Vasière Artificielle, structurée notamment par les captures exceptionnelles de juvéniles de gobiidés à l'entrée de cette filandre. Les stations situées en fond de filandre et présentant les plus faibles salinités se démarquent par un peuplement dominé par les mugilidés, le stade juvénile étant mieux représenté sur le bras de filandre le moins profond (VAO2). Le gradient décroissant d'abondance observé depuis l'entrée vers le fond de filandre pour le flet et les gobiidés est ici clairement mis en évidence.

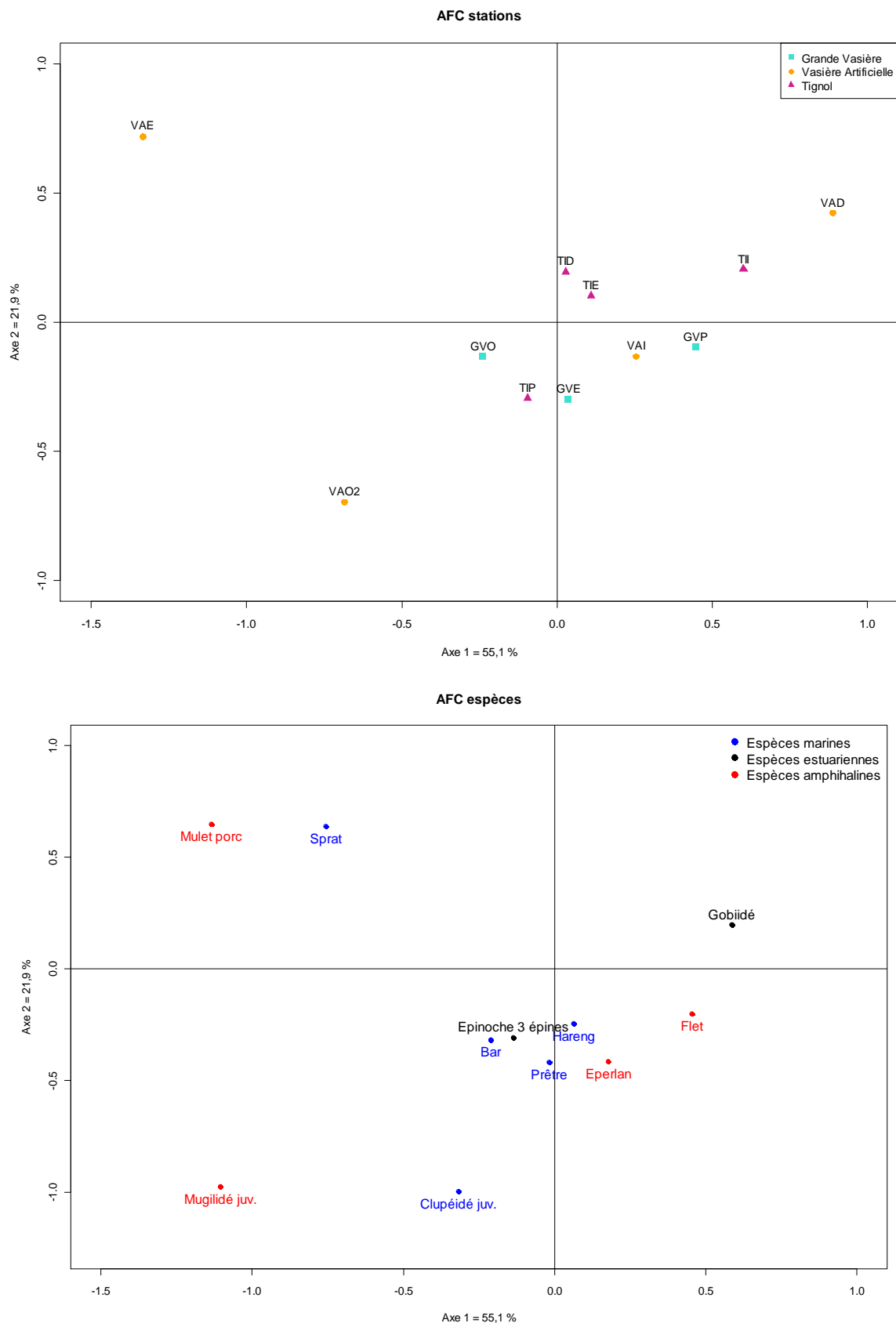


Figure 14 : Représentation du plan 1-2 de l'Analyse Factorielle des correspondances réalisée sur les DRF moyens des 11 stations (en haut) et les DRF moyens des 11 espèces de poissons présentes à plus de 1% (en bas). Ont été enlevés : anguille, épinochette, gardon, lieu jaune, limande, motelle à cinq barbillons, gobie nonnat, perche et syngnathe perçat.

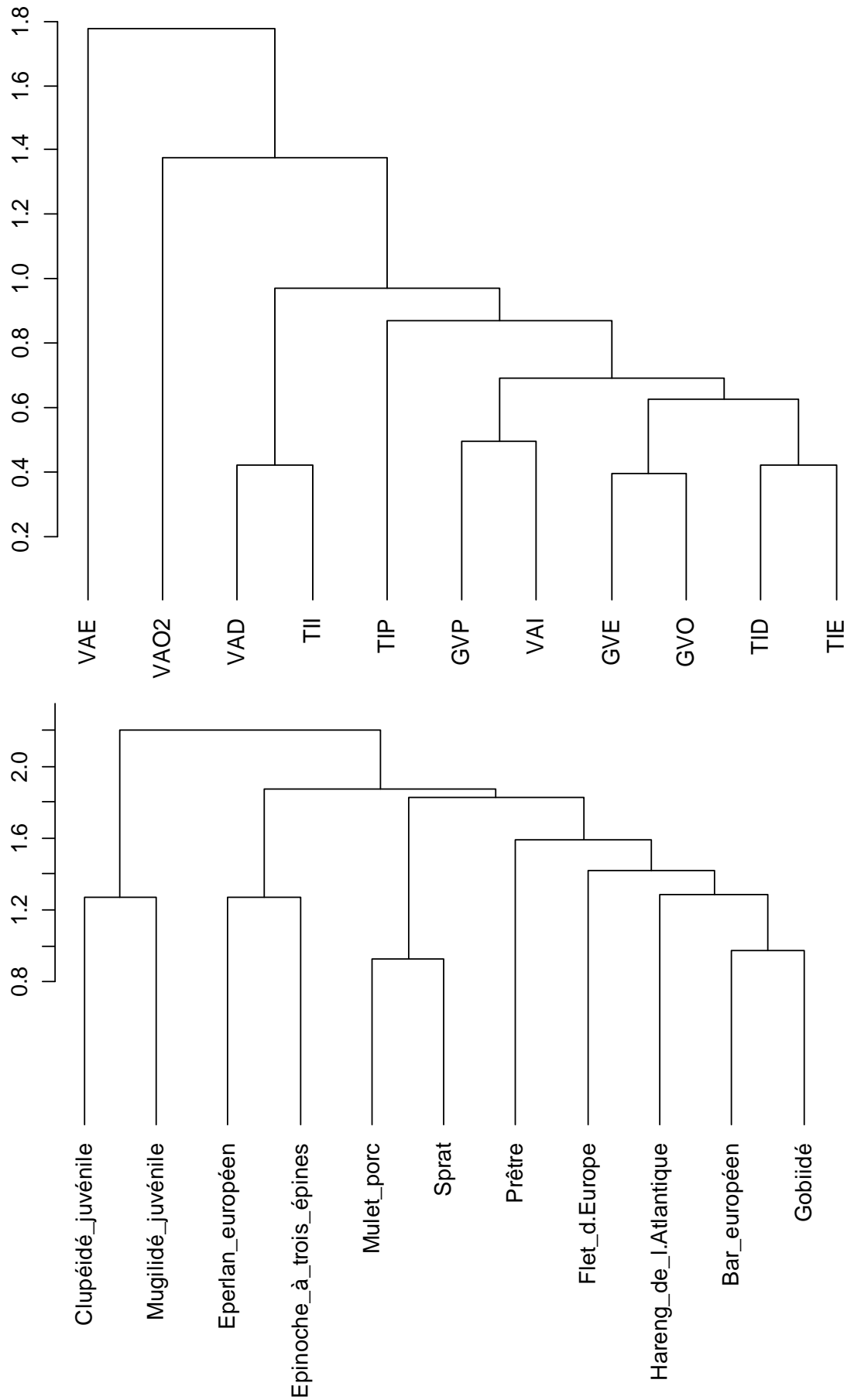


Figure 15 : Dendrogramme en liens moyens sur l'AFC des stations (en haut) et l'AFC des espèces (en bas)

Biomasses

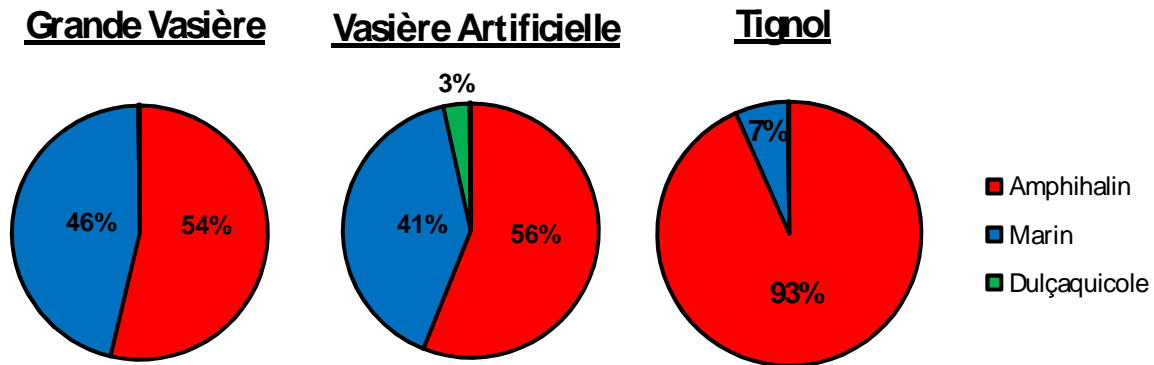


Figure 16 : Pourcentage des biomasses par guildes écologiques dans les 3 sites étudiés.

Au sein de la Grande Vasière (Figure 17), il apparaît un gradient décroissant des biomasses de l'axe principal vers le fond de la filandre (Annexe 6). Ces fortes biomasses s'expliquent par quelques captures de flet et de bar au stade adulte dans le trémail et le verveux à l'entrée du système et par des juvéniles de bar nés dans l'année légèrement plus âgés sur GVP qu'en fond de filandre.

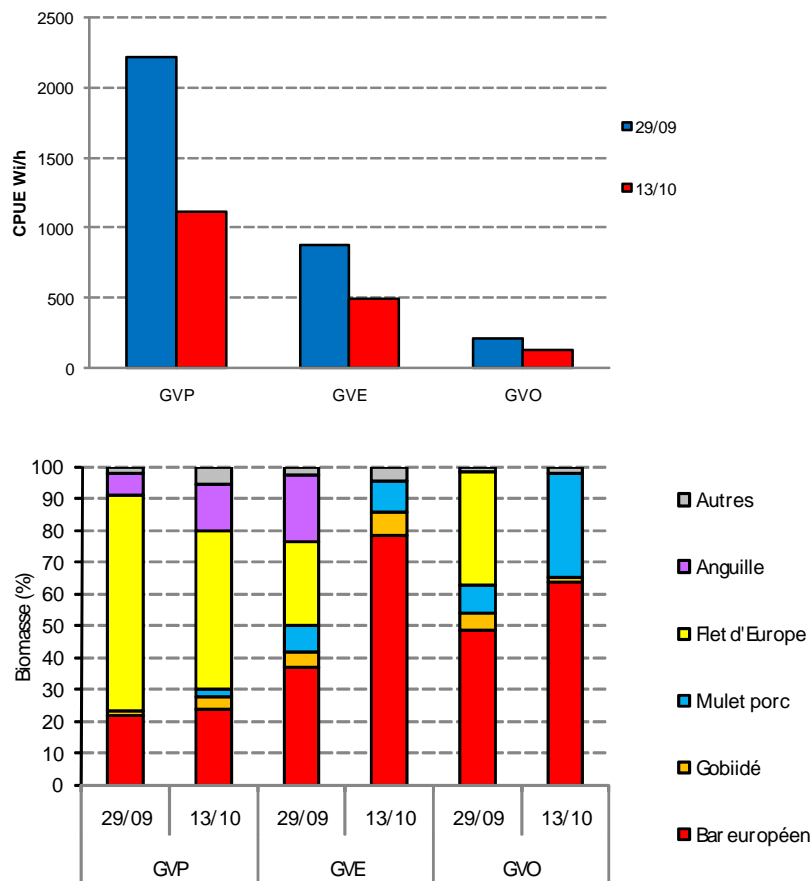


Figure 17 : Biomasse en grammes de poids frais / heure (en haut) et en pourcentage (en bas) du peuplement piscicole dans la Grande Vasière GV (GVP : GV Principale, GVE : GV Est, GVO : GV Ouest). Le taxon Gobiidé regroupe le gobiidé juvénile, le gobie tacheté et le gobie buhotte.

L'analyse de la contribution des espèces en biomasse montre pour le flet un gradient décroissant depuis les zones les plus profondes situées en débouché de chenal (68%) vers le fond de la grande vasière (36%) ; l'inverse est constaté pour le bar (de 22 à 65% du débouché

vers le fond) alors que les CPUE pondérales de bar restent maximales à l'entrée du système. Le flet est certes peu présent en termes d'abondance mais il domine le peuplement de par son poids du fait de captures principalement d'adultes (annexe 6). L'anguille, le mulot porc et les juvéniles de gobiidés participent à la biomasse totale, mais dans une moindre mesure. La contribution de l'anguille reste importante en raison de la taille des individus capturés ; elle diminue de l'axe principal vers le fond de la filandre (de 7 à 21%) tandis que celle du mulot porc augmente (de 2 à 32%).

Dans la Vasière Artificielle (Figure 18), un schéma se révèle : il existe de fortes biomasses en débouché et en zone intermédiaire (2448 g/h à 5369 g/h) puis elles diminuent brutalement sur les 2 stations situées en fond de la filandre (89 g/h à 293 g/h).

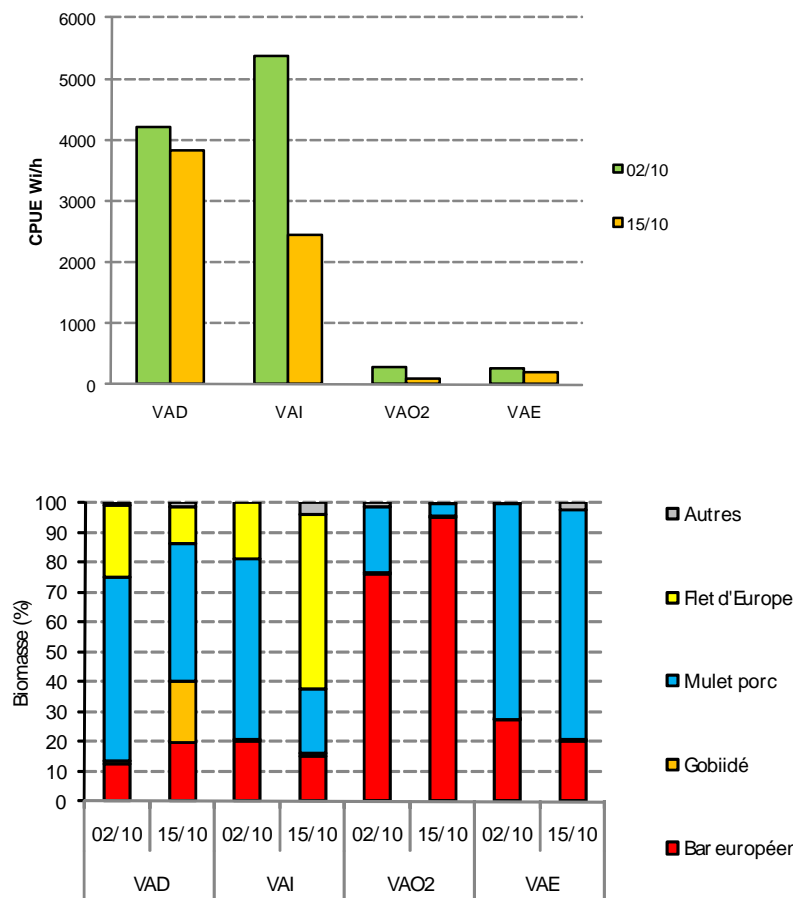


Figure 18 : Biomasse en grammes de poids frais / heure (en haut) et en pourcentage (en bas) du peuplement piscicole dans la Vasière Artificielle VA (VAD : VA Débouché, VAI : VA Intermédiaire, VAE : VA Est, VAO2 : VA Ouest). Le taxon Gobiidé regroupe le gobiidé juvénile, le gobie tacheté et le gobie buhotte.

Au niveau de la contribution de la biomasse, le mulot porc participe grandement dans toutes les stations (plus de 45%) excepté en VAO2 (moins de 20%) où il est accompagné du bar (plus de 85%). C'est en VAO2 que le bar contribue le plus au peuplement ; dans le reste de la vasière artificielle, il ne pèse que 20% de la biomasse totale. Le flet est également présent à l'embouchure de la filandre avec une contribution de 20%, voire de 60% en zone intermédiaire. Enfin le juvénile de gobiidé n'est présent qu'au débouché avec 18% (Annexe 7).

En termes de biomasse ce sont le mulot porc, le flet et le bar qui dominent au sein de la Vasière Artificielle. Notamment la capture d'individus plus âgés (voire au stade adulte) de

bar, de flet et de mullet porc sur les stations VAD et VAI, explique les biomasses plus élevées sur ces stations.

Aucun gradient longitudinal clair n'apparaît au travers des CPUE pondérales sur la crique à Tignol (Figure 19). Les valeurs maximales sont relevées à l'entrée de la filandre (15961 g/h sur TID), à relier aux captures importantes de mullet porc au stade adulte (30 à 50cm) dans le trémail. Les stations TII et TIP (le 14/10/08) présentent des CPUE intermédiaires, qui sont elles-aussi structurées par la capture de mullets porc de plus de 30cm. Les mullets les plus âgés apparaissent moins fréquents en fond de filandre, même si le mullet porc (juvéniles et adulte) est de loin l'espèce prépondérante (>80%) sur l'ensemble de la filandre en octobre 2008.

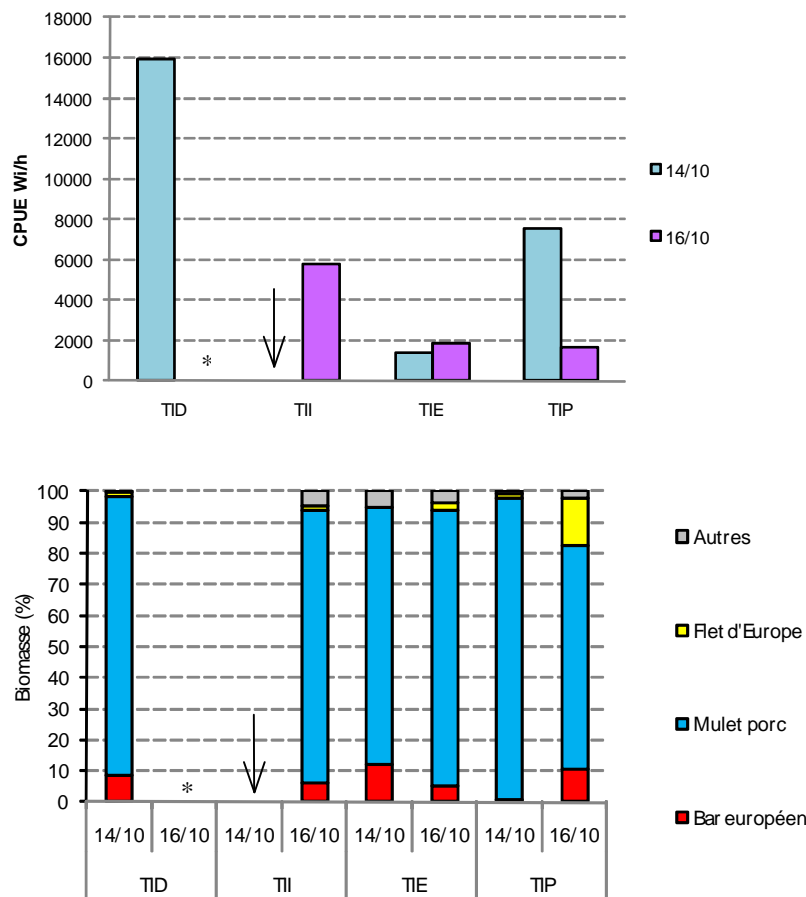


Figure 19 : Biomasse en grammes de poids frais / heure (en haut) et en pourcentage (en bas) du peuplement piscicole dans la crique à Tignol TI (TID : TI Débouché, TII : TI Intermédiaire, TIE : TI Est, TIP : TI Pont).
 √ Station non échantillonnée. * Station non validée car le verveux n'a pas été validé.

En conclusion, il existe un découplage entre l'abondance et la biomasse au sein des trois systèmes de filandres. Si les juvéniles de gobiidés, le bar et le mullet porc dominent le peuplement en termes d'abondance numérique, ce sont le mullet porc, le flet et le bar qui participent le plus à la biomasse totale.

De plus au regard de l'abondance, aucun schéma général ne se dessine au sein d'une filandre alors qu'il en existe si on considère la biomasse. Un gradient décroissant apparaît de l'embouchure jusqu'au fond de la filandre dans la Grande Vasière et la Vasière Artificielle.

L'analyse Factorielle des Correspondances (AFC) réalisée sur les CPUE pondérales pour les principales espèces structurantes (Figure 20) montre la moindre variabilité intrafilandre observée sur la Crique à Tignol comparativement à la Grande Vasière et à la Vasière Artificielle ; elle s'explique par une dominance pondérale du mulot porc sur l'ensemble de cette filandre. Au contraire, les stations situées en fond de filandre sur la Grande Vasière (GVE, GVO) et sur la Vasière Artificielle (VAE, VAO2) sont regroupées en raison des biomasses plus importantes de bar, alors que l'anguille et le flet sont associés au débouché des filandres (GVP, VAI, VAD).

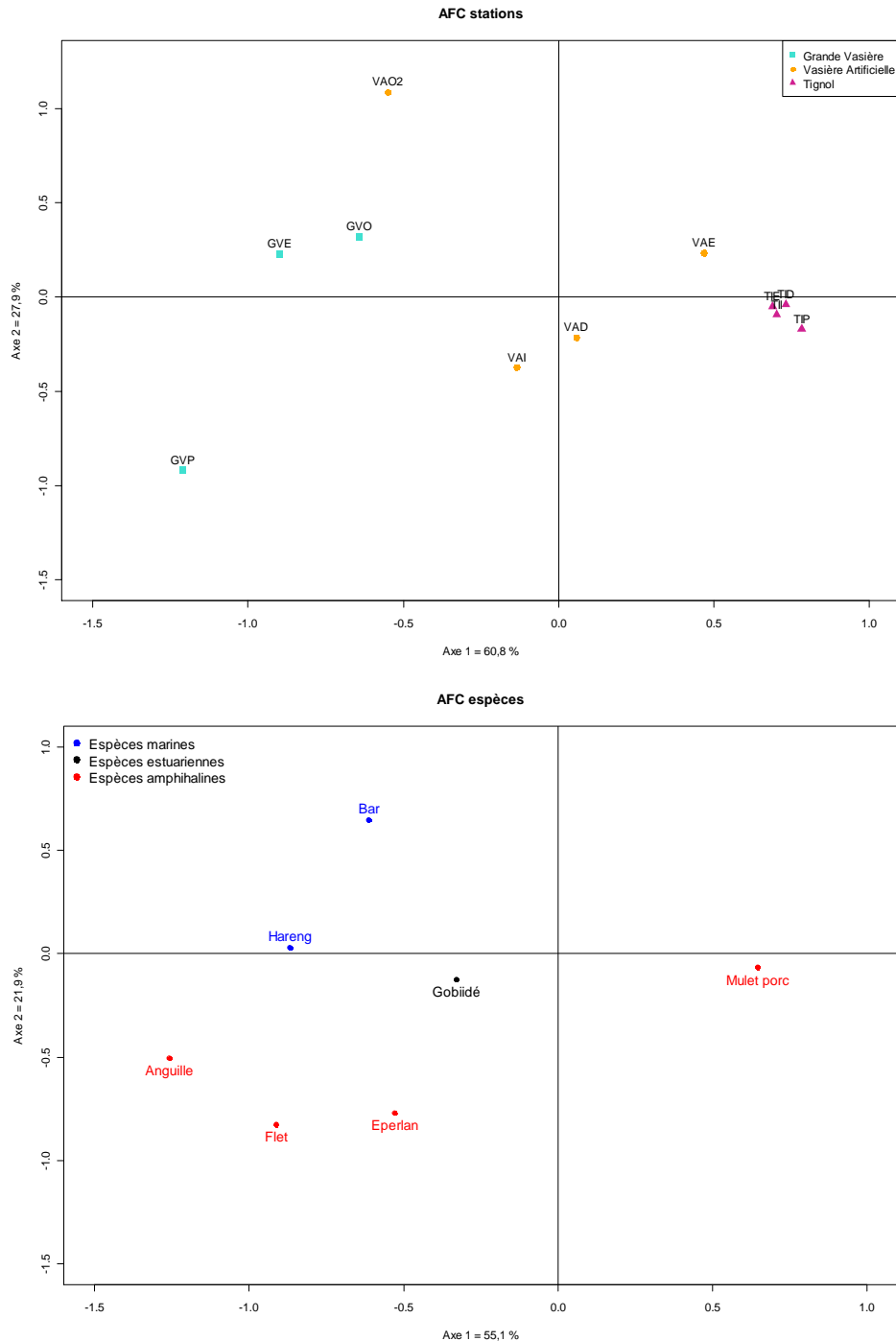


Figure 20 : Représentation du plan 1-2 de l'Analyse Factorielle des correspondances réalisée sur les DRF moyens des 11 stations (en haut) et les DRF moyens des 7 espèces de poissons présentes à plus de 1% (en bas). Ont été enlevés : clupéidé juvénile, épinoche à trois épines, épinochette, gardon, lieu jaune, limande, motelle à cinq barbillons, mugilidé juvénile, gobie nonnat, perche, prêtre, sprat et syngnathe perçat.

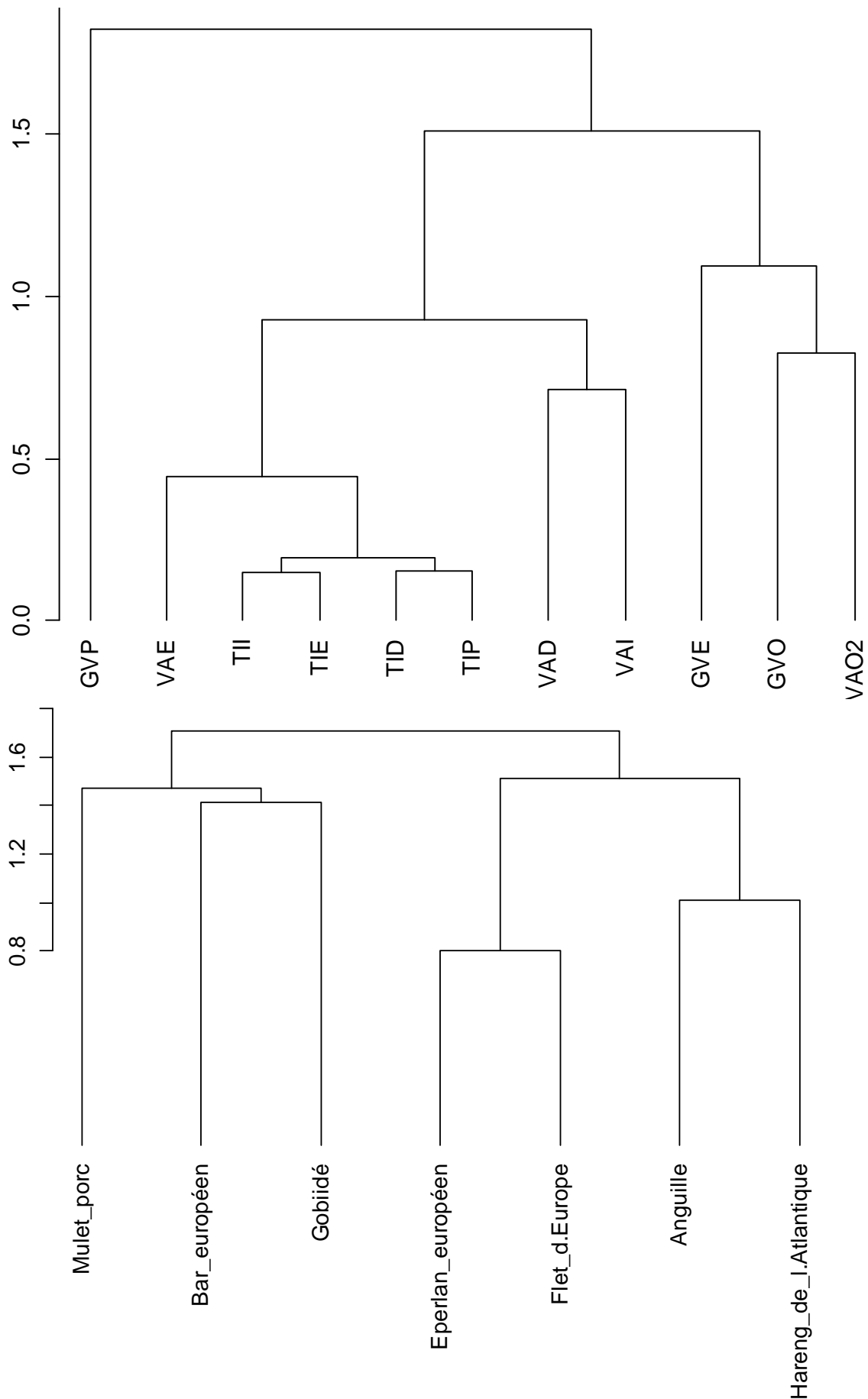


Figure 21 : Dendrogramme en liens moyens sur l’AFC des stations (en haut) et l’AFC des espèces (en bas)

IV. CONCLUSION

L'année 2008 du projet COLMATAGE a été consacrée à l'étude de l'organisation spatiale des assemblages piscicoles en condition automnale lors des vives-eaux afin d'étudier l'existence d'une variabilité à l'intérieur des principaux types de filandres présentes dans l'estuaire de la Seine.

A l'échelle intra-site, l'échantillonnage simultané sur plusieurs stations (3 à 4) réparties depuis le débouché jusqu'au fond de filandre de chaque site a permis d'étudier l'organisation spatiale des assemblages piscicoles selon le double gradient halin et bathymétrique interne à chaque site.

Les levés hydrologiques réalisés depuis le débouché jusqu'au fond de la filandre à pleine mer montrent l'existence d'une stratification haline et d'un gradient halin aval/amont marqués sur la Vasière Artificielle et la Crique à Tignol ; en effet, ces systèmes passent du domaine polyhalin (voire mésohalin sur la Crique à Tignol) au débouché au domaine oligohalin en fond de filandre, alors que la totalité de la filandre est classée en domaine polyhalin sur la filandre Harle en vive-eau.

Sur le plan piscicole, une organisation des assemblages faunistiques est observée depuis l'aval du système vers son pôle amont.

Au travers de la richesse taxonomique, elle s'exprime de manière différenciée sur la Crique à Tignol. Alors qu'un gradient croissant de richesse taxonomique est relevé d'amont en aval sur les 2 sites les plus aval, ce gradient tend à s'inverser sur la Crique à Tignol, les petits fonds de cette filandre présentant les valeurs les plus fortes.

Au travers des abondances numériques, les espèces tendent à s'organiser de manière différenciée le long du gradient entrée/fond de filandre ; ce schéma se retrouve de manière similaire sur les 3 sites étudiés malgré des configurations et des caractéristiques halines différentes. Ainsi les gobiidés restent concentrés au débouché du système et présentent un gradient décroissant vers le fond de filandre ; une répartition inverse est observée pour le bar et le mulot porc. Il est possible que cette organisation différenciée du peuplement soit liée aux capacités natatoires des juvéniles de poissons, c'est-à-dire à leur vitesse de nage ; le bar et le mulot porc pourraient alors gagner les secteurs de fond de filandre tandis que les gobies resteraient au niveau du débouché. Le flet et l'anguille sont essentiellement capturés au débouché de la filandre ; cela correspond en fait à des individus de grande taille, souvent au stade adulte.

Les niveaux de CPUE les plus élevés sont relevés tantôt sur l'aval de la filandre (station VAD de la Vasière Artificielle), tantôt au niveau de l'axe central (station TII de la Crique à Tignol), tantôt sur un bras secondaire de la filandre (station GVE de la filandre Harle). Ce constat reste à nuancer, notamment sur la Crique à Tignol, en raison de la configuration des filandres, dont l'entrée plus large et plus basse (schorre inondé à PM) ne permet souvent qu'un échantillonnage partiel à partir du verveux, ce qui biaise l'analyse sur le plan quantitatif par rapport aux chenaux secondaires dont la masse d'eau est totalement filtrée au jusant. Les résultats obtenus sur les différents sites amènent à penser que les niveaux d'abondance ne sont pas proportionnels avec l'ampleur du bassin versant de la filandre ou de la ramification de la filandre étudiée. En attestent les CPUE plus fortes sur GVE comparativement à GVP dont le bassin versant est plus grand.

En analysant la structuration en taille des espèces principales capturées (bar, mulot porc), il apparaît que les captures des plus gros individus se rapportent aux stations les plus profondes de l'entrée de la filandre, tandis que les pôles amont sont principalement colonisés par les stades les plus jeunes pour le bar et le mulot porc. La configuration de la filandre, et notamment sa topographie, structure donc fortement la répartition spatiale en taille des espèces.

A l'échelle inter-site, l'étude de 3 systèmes de filandres situés en rive droite le long du gradient longitudinal de salinité de l'estuaire de la Seine a montré que la salinité était un paramètre extrêmement structurant des assemblages piscicoles, même si ce sont généralement les 3 mêmes taxons (gobiidés, bar, mulot porc) qui dominent en effectifs sur les 3 sites.

Le peuplement piscicole de la filandre Harle de la Grande Vasière située intégralement en domaine polyhalin s'oppose à celui de la Vasière Artificielle et de la Crique à Tignol situées plus en amont en connexion directe avec le chenal de la Seine ; il est largement dominé par le bar (contribution moyenne de 52%), alors que ce sont les gobiidés (contributions respectives de 84 et 52%) sur les 2 filandres plus amont, le mulot porc apparaissant en 3^{ème} position sur les 3 sites (2 à 8%).

Certaines espèces se révèlent caractéristiques de systèmes de filandre en situation automnale lors des vives-eaux : ce sont le hareng et le prêtre pour la Grande Vasière, et l'éperlan et l'épinoche pour la Crique à Tignol. Le bar et le flet présentent des CPUE numériques moyennes décroissantes depuis le site aval vers le site amont, tandis que les gobiidés sont nettement plus abondants sur la Vasière Artificielle et que le mulot porc présente une répartition indifférenciée entre les 3 sites. Les espèces dulçaquicoles contribuent de manière plus importante à la richesse taxonomique sur le site le plus amont (Crique à Tignol).

L'analyse de l'organisation spatiale des assemblages piscicoles réalisée à l'automne 2008 met donc en évidence l'existence de deux paramètres majeurs dans la structuration spatiale : la salinité et la morphologie indicatrice de la colonne d'eau disponible. Néanmoins le schéma observé ne reflète que des conditions automnales de vive-eau ; il reste à préciser si cette organisation est transposable dans d'autres conditions de marée, qui vont influencer sur les caractéristiques halines et la hauteur d'eau disponible au sein de ces habitats.

DEUXIÈME PARTIE : COLMATAGE 2009

I. INTRODUCTION

Les vasières intertidales de l'estuaire de la Seine sont assujetties à la dynamique générale de comblement de l'estuaire (Delsinne, 2005). Dans ce contexte, les chenaux de marée intertidaux dénommés localement « filandres » se sont formés consécutivement à la sédimentation et au développement de la végétation. Les travaux récents montrent que ces habitats sont colonisés par l'ichtyofaune, certaines espèces y étant très abondantes au stade juvénile. La variabilité de la composition du peuplement intra-filandre est à relier principalement aux gradients de salinité. Les principaux objectifs de cette action sont 1) de définir une typologie des habitats de filandres dans l'estuaire aval 2) d'affiner les connaissances sur l'organisation spatiale des poissons en abordant la variabilité intra-filandre.

Les chenaux de marée intertidaux sont des milieux difficiles à échantillonner sur le plan ichtyologique en raison des contraintes d'accès, mais aussi des techniques de pêche à mettre en œuvre pour produire des résultats qui soient aussi représentatifs que possible du peuplement. C'est pourquoi les travaux effectués jusqu'à présent se rapportent uniquement aux fonds de chenaux, généralement de moindre profondeur et largeur.

L'année 2008 a été consacrée à la caractérisation du peuplement piscicole de 3 systèmes de filandres (Filandre Harle de la Grande Vasière, Vasière Artificielle, Crique à Tignol) en marées de vive-eau en abordant la variabilité spatiale au travers de l'échantillonnage simultané sur plusieurs stations situées depuis l'entrée jusqu'en fond de filandre. L'année 2009 se base sur les acquis de cette étude ciblée sur la variabilité spatiale, pour préciser la variabilité temporelle du peuplement piscicole liée à la marée, et plus particulièrement aux coefficients de marée, sur 2 stations de la filandre Harle de la Grande Vasière et de la Grande Filandre.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.7. Présentation de la zone d'étude

Les systèmes étudiés sont les chenaux secondaires perpendiculaires à l'axe du fleuve qui s'enfoncent plus ou moins profondément dans le schorre et le marais.

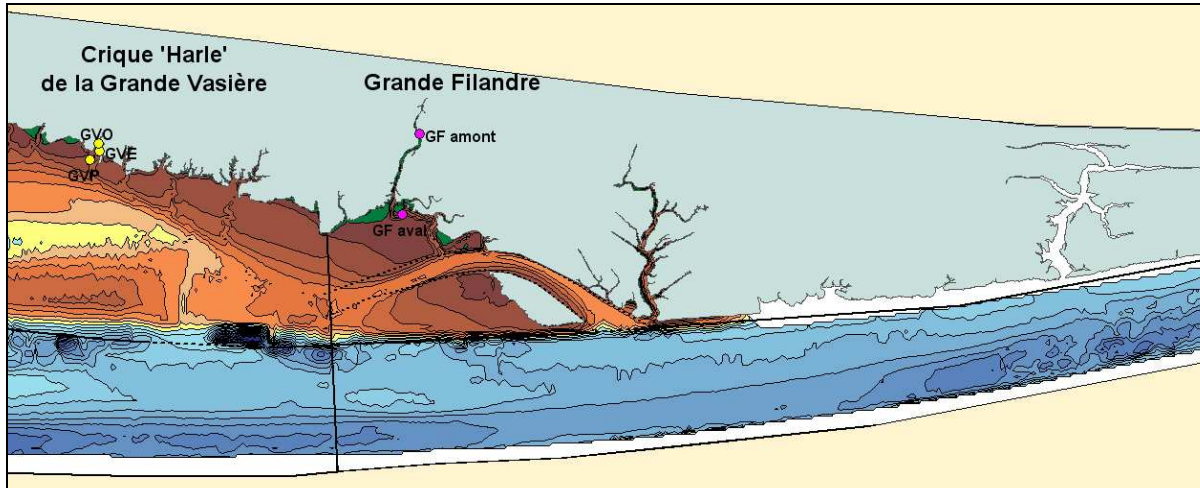
Deux sites ont été retenus pour un échantillonnage à cinq ou six reprises (Carte 2) :

- (i) La Grande Vasière (00°15'015E, 49°26'790N) : en aval du pont de Normandie, milieu polyhalin.
- (ii) La Grande Filandre (00°18'170E, 49°26'340N) : milieu mésohalin à polyhalin.

Ces filandres ont été sélectionnées du fait de leur positionnement géographique par rapport à la mesure environnementale de création d'un nouveau méandre en amont de la fosse nord et des caractéristiques de leur peuplement (présence de bars au stade juvénile, espèces marines et estuariennes). De plus, en raison des difficultés d'échantillonnage rencontrées dans l'axe central de la Vasière Artificielle et de la Crique à Tignol, ces sites n'ont pas été retenus pour l'analyse réalisée en 2009.

Chaque système de filandre se compose de trois ou quatre stations, échantillonnées de manière simultanée au moyen de verveux/trémail :

- (i) stations 'principal', 'est' et 'ouest' de la Grande Vasière
- (ii) stations 'aval' et 'amont' de la Grande Filandre



Carte 2 : Localisation des stations de pêche prospectées à partir d'engins fixes en 2009 dans les chenaux intertidaux de la rive nord de l'estuaire de la Seine, dans le cadre du projet Colmatage

2.8. Engins et technique de pêche

Afin de minimiser la sélectivité des captures, deux engins fixes sont utilisés de manière simultanée sur chaque site :

- au moins un filet verveux de faible maillage (5 mm de côté de maille, 5m de profondeur, 1,80m de hauteur) et muni de deux ailes de 10m chacune ; il est destiné à la capture des juvéniles et des petites espèces ;
- un trémail destiné à la capture des adultes capables d'échapper au verveux (30 & 70mm de côté de maille, 2m de hauteur, 25 & 50m de long).

Le verveux et le trémail sont positionnés de manière à barrer totalement la filandre afin de filtrer le volume d'eau s'écoulant vers le débouché de la filandre au jusant ; le trémail est disposé juste en aval du verveux afin de collecter les gros individus ayant réussi à sauter par dessus le verveux.

2.9. Plan d'échantillonnage

L'échantillonnage du peuplement piscicole et des crustacés s'est déroulé entre le 22 septembre et le 5 octobre 2009 afin de pouvoir suivre un cycle morte eau / vive eau. Dans chacun des deux sites, les prélèvements ont été effectués à cinq ou six reprises de la pleine mer au jusant pour des coefficients de marée compris entre 34 et 93 (Tableau 13). Le planning prévisionnel des prélèvements a dû être modifié en raison de trop faibles coefficients de marée du 27 au 29 septembre rendant impossible l'accès aux filandres et l'échantillonnage. Une journée de prélèvement, d'une durée moyenne de 7 heures, est nécessaire pour la prospection de chaque site.

Tableau 3 : Récapitulatif des dates d'échantillonnages, des nombres d'échantillons et de relevés hydrologiques collectés par station dans les filandres de la rive nord de l'estuaire en 2009 (V : verveux, T : trémail). Les verveux et trémail vides ont été pris en compte dans les échantillons validés.

	Date de prélèvement	Coefficient de marée	Nbre de stations	Nbre d'échantillons	Nbre de relevés hydrologiques
Grande Vasière	22/09/2009	93	2	2V + 2T	8
	24/09/2009	64	3	3V + 3T	7
	26/09/2009	34	3	1V + 1T	0
	01/10/2009	60	3	3V + 3T	9
	03/10/2009	81	3	3V + 3T	9
	05/10/2009	92	3	2V + 3T	8
Grande Filandre	23/09/2009	80	2	2V + 2T	9
	25/09/2009	48	2	2V + 2T	5
	30/09/2009	47	2	1V + 2T	6
	02/10/2009	72	2	2V + 2T	8
	04/10/2009	88	2	2V + 2T	10

Un total de 54 échantillons a été obtenu, dont 50 ont été validés ; les quatre échantillons non validés n'ont pas été posés du fait d'une hauteur d'eau insuffisante, dû à un faible coefficient de marée.

La pose des engins à pleine mer est délicate dans les zones dépourvues de végétation à l'aval de certaines filandres (Grande Vasière). La principale difficulté consiste à bien localiser le chenal avant la pose des engins de pêche. Quelques mètres d'écart peuvent être déterminants pour l'efficacité du piège. Le schéma général de prélèvement est le suivant : du fait du comblement progressif des filandres prospectées et du nombre de stations dans chaque site, une seule séquence de pêche est effectuée, hormis sur la station Est de la Grande Vasière. Sur cette dernière, certaines séquences de pêche durent 20 min, à l'issue desquelles le verveux est remonté sur le bord pour échantillonnage. L'engin est ensuite remis en pêche au bout de 5 à 10 minutes. Le trémail n'est en revanche relevé qu'au terme de la campagne.

Les engins de pêche sont posés simultanément 1 heure avant la pleine mer afin qu'ils soient pêchants au moment de la renverse de la marée. Aucun engin n'est posé au cours du flot car le courant de marée constitue un sérieux handicap pour les manœuvres.

Chaque station fait l'objet de la pose d'au moins un verveux couplé à un trémail.

La relève des engins est réalisée avant que le niveau d'eau ne permette plus la circulation du moyen nautique.

2.10. Traitement des échantillons

Les poissons de grande taille (trémail) sont déterminés, pesés et mesurés sur le terrain avant d'être remis à l'eau. Les juvéniles et petites espèces (verveux) sont congelés pour l'analyse au laboratoire (identification, poids, mesure, comptage).

2.11. Mesures des paramètres hydrologiques

Des radiales hydrologiques sont réalisées dans chaque filandre. Au moyen d'une sonde multiparamètres, la température, la salinité, l'oxygène (mg/L et %) et la conductivité sont mesurés en surface, au fond ou à mi-colonne selon la profondeur. De l'eau est également prélevée afin de déterminer la turbidité au laboratoire.

2.12. Traitement des données

Diversité

La richesse spécifique totale (nombre total d'espèces présentes) est calculée par station. Alors que par site il sera représenté la richesse spécifique moyenne (nombre moyen d'espèces présentes dans le peuplement).

Abondances et Biomasses

L'étude des distributions spatio-temporelles est abordée à différents niveaux :

- abondance totale des populations de poissons (ou crustacés), par espèce
- biomasse totale des populations de poissons (ou crustacés), par espèce

L'abondance et la biomasse totales sont calculées de la façon suivante (Laffaille, 2000) :

$$N_j = \frac{\left(\frac{N_i}{T_i}\right) + \left(\frac{N_{i+1}}{T_{i+1}}\right)}{2} \times T_j$$

$$CPUE = \frac{\sum N_i + \sum N_j}{\sum T_i + \sum T_j}$$

Avec :

CPUE	=	nombre ou biomasse d'individus par espèce et par minute
Ti	=	temps de chaque échantillonnage en minute
Tj	=	temps en minute entre les échantillons i et i+1
Ni	=	quantité d'individus en nombre ou en biomasse pour l'échantillon i
Nj	=	quantité d'individus en nombre ou en biomasse entre les échantillons i et i+1

Diagrammes rangs-fréquences (DRF)

La structuration du peuplement est également étudiée à partir des diagrammes rangs-fréquences afin de faire ressortir les espèces dominantes. Les espèces sont classées suivant l'ordre décroissant de leur proportion en abondance ou biomasse dans le peuplement. Seules les espèces présentes à plus de 1% ont été considérées.

Guildes écologiques

La structuration du peuplement est également étudiée d'un point de vue écologique (espèces amphihalines, marines, estuariennes et dulçaquicoles).

Analyses multivariées

La répartition spatio-temporelle du peuplement est également étudiée, avec l'appui de techniques statistiques telles que la classification ascendante.

Les analyses multivariées permettent de mieux comprendre comment chaque assemblage d'espèces varie suivant les prélèvements et les moments de capture.

Transformation des données

Pour ces analyses, les espèces rares dans les prélèvements sont éliminées suivant leur pourcentage de dominance car elles peuvent biaiser les analyses. Les espèces représentant moins de 5% de l'abondance ou de la biomasse totale n'ont pas été prises en compte dans les analyses factorielles en composantes principales.

Sur les espèces restantes, les abondances subissent une transformation logarithmique :

$$\log (\text{valeur}+1).$$

Cette transformation permet de pondérer les espèces très abondantes par rapport aux espèces les plus rares.

Similarités

Les données biologiques ont été résumées dans des tableaux (matrices) espèces-prélèvement contenant soit les abondances soit les biomasses de chaque espèce.

Dans un premier type d'analyse, la similarité entre les échantillons deux par deux est calculée pour analyser s'il existe des ressemblances dans les assemblages d'espèces en fonction des zones et saisons d'échantillonnage. Une matrice de similarités entre échantillons est obtenue avec un nombre de ligne et de colonne correspondant au nombre d'échantillons. Pour calculer cette matrice, l'indice de Bray-Curtis est utilisé. Cet indice favorise les espèces présentes dans les deux échantillons comparés. Il ne considère pas les espèces absentes de ces deux échantillons même si elles sont présentes dans les autres échantillons des campagnes de prélèvements. L'indice de similarité varie de 0 quand les deux échantillons n'ont aucune espèce en commun, à 100% quand ils possèdent les mêmes espèces avec les mêmes valeurs.

Pour la similarité entre espèces, une standardisation des données est effectuée afin de comparer les proportions plutôt que les niveaux d'abondances totales.

Ces indices sont en général une première étape pour discriminer les prélèvements suivant les zones ou dans le temps. Suite à cette étape, des méthodes d'analyse graphique permettent de visualiser les espèces ou les zones qui ont de fortes similarités. Il s'agit soit de classifications (dendrogrammes ou arbres) ou d'ordinations (Non Metric Multidimensional Scaling).

Classifications

Les classifications tendent à former des groupes au sein des échantillons tels que des groupes d'espèces ayant les mêmes affinités (sensiblement les mêmes distributions). A partir d'une matrice de similarité, les observations ou les espèces sont regroupés selon les plus forts liens de ressemblance aux plus faibles. Ce regroupement est visualisé sur un dendrogramme (arbre) où l'un des axes représente les espèces et l'autre les similarités. Il existe plusieurs types de groupement:

- le groupement à lien simple qui prend le maximum des similarités de deux prélèvements que l'on a regroupé

- le groupement à lien complet qui prend le minimum

- le groupement à lien moyen qui correspond à la moyenne des deux similarités.

Le groupement à lien moyen sera utilisé dans cette étude.

III. RESULTATS

3.1. Paramètres hydrologiques

3.1.1. Température

La température de l'eau présente des schémas très différents sur les 2 systèmes de filandres (Figure 22).

Elle montre une faible variabilité spatiale le long du gradient longitudinal sur les 2 sites en marée de vive-eau (coef. de 64 à 93 du 22/09 au 24/09 ; 72 à 92 du 02/10 au 05/10), tandis qu'une décroissance de la température est observée à l'entrée de la filandre Harle le 03/10/09 (coef. 80) et de la Grande Filandre le 30/09/09 (coef. 47). La tendance inverse apparaît sur la Grande Filandre en morte-eau le 25/09/09 (coef. 48) dans des conditions de marée et de vent (faible de secteur Nord) pourtant similaires à celles du 30/09/09 (coef. 47).

Les niveaux de température tendent à diminuer au cours de la période d'étude, les écarts maximaux s'élevant jusqu'à 3,5°C sur la Grande Vasière et 4,5°C sur la Grande Filandre. Ces derniers sont plus élevés sur les petits fonds des filandres qu'au niveau de leur débouché ; en effet, les petits fonds présentent une colonne d'eau, et donc un volume, plus sensible aux variations de température de l'air et ne sont inondés que sur une petite partie du cycle tidal, donc plus influencés par les variations thermiques ambiantes. Cette diminution de la température est cohérente avec le caractère cyclique de la température, dont la phase de refroidissement automnale est connue pour être très prononcée.

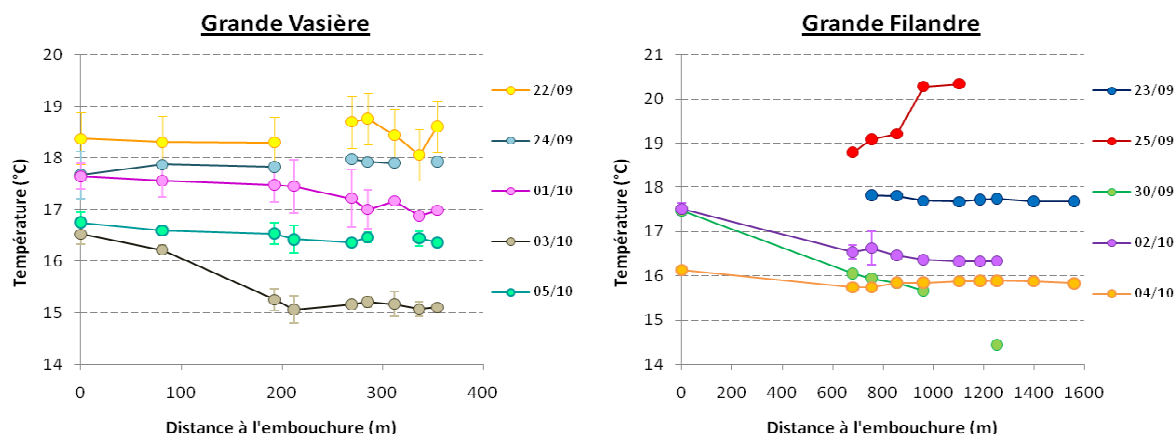


Figure 22 : Evolution spatiale de la température moyenne par secteur au cours de la campagne colmatage 2009.

Une anomalie apparaît au travers de l'évolution temporelle relevée sur la filandre Harle : le niveau de température est plus élevé le 05/10/09 que deux jours auparavant (respectivement 16,6 et 15,5°C). Cela s'explique par des températures ambiantes plus fraîches les 02 et 03 octobre (températures de l'air en journée de 13 à 16°C) que les jours suivants (15 à 18°C), dont les fluctuations influencent particulièrement les caractéristiques thermiques en fond de filandre.

Le schéma est plus complexe sur la Grande Filandre, probablement en raison de la mixité des masses d'eau qui pénètrent dans cette filandre à la faveur de la marée. Celle-ci s'exprime au travers du gradient croissant de température vers le fond de filandre en morte-eau le 25/09/09, à relier au gradient décroissant de salinité (Figure 23). Ce double gradient s'explique par la coexistence d'une masse d'eau fluviale en provenance de l'amont du méandre qui pénètre à la faveur du premier flot environ 3H avant la pleine mer dans la filandre, puis est repoussée en 2^{ème} partie de flot vers l'amont par une masse d'eau plus marine arrivant par la fosse nord.

Cette hypothèse est appuyée par les résultats de la modélisation réalisée par Sogreah (2010) dans le cadre du dossier d'expertise Fosse Nord, qui indique également que le flot arrive dans le méandre par la brèche amont, puis dans un second temps seulement par la fosse nord. La convergence des flots dans le méandre se fait logiquement plus tôt en marée de vive-eau (vers BM+2h30) qu'en marée de morte-eau, soit avant que la colonne d'eau dans le méandre soit suffisamment haute pour pénétrer sur les fonds plus élevés de la Grande Filandre ; ce qui contribue à expliquer les moindres dessalures en vive-eau à l'amont de la filandre.

3.1.2. Salinité

Cette nouvelle série de mesures hydrologiques sur la filandre Harle confirme l'appartenance de cette filandre au domaine polyhalin en période d'étiage comme cela avait été mis en évidence en 2008, et ce y compris en morte-eau. La gamme de salinité (moyenne fond/surface) est comprise entre 26,8 et 28,3 PSU au niveau du débouché, et entre 25,0 et 27,7 PSU en fond de filandre (Figure 23). Un gradient halin décroissant est observé entre le point situé à 200m de l'entrée de filandre jusqu'au point le plus amont, lors de l'ensemble des marées. Le niveau de salinité est le plus élevé lors des marées de vive-eau (moyenne de 27,7 PSU le 22/09/09 ; coef. marée de 93) ; il est minimal en morte-eau (26,5 PSU le 01/10/09 ; coef. de 60).

La stratification de la masse d'eau (illustrée par l'écart-type) apparaît plus prononcée en morte-eau pour le fond de filandre, et en vive-eau pour le débouché.

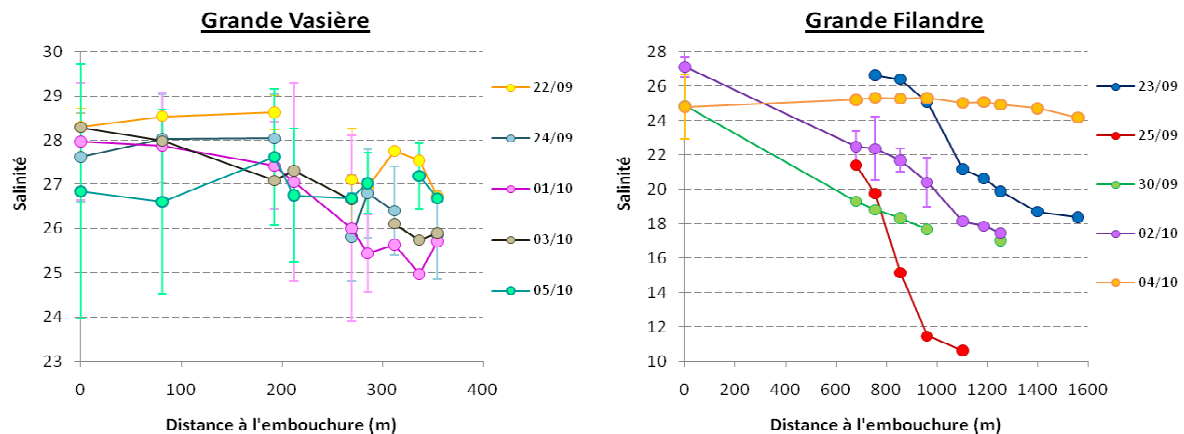


Figure 23 : Evolution spatiale de la salinité moyenne par secteur au cours de la campagne colmatage 2009.

Sur la Grande Filandre, le schéma général est respecté, avec un gradient halin décroissant depuis le débouché vers le fond de filandre, mais l'amplitude du gradient diffère selon les conditions tidales. Lors des vives-eaux prononcées (coef. maximal de 88 le 04/10/09), le gradient halin est très faible et la salinité se situe à un niveau élevé (24,2 à 25,3 PSU) ; le gradient est nettement plus marqué pour un coefficient de 80 (le 23/09/09), mais la salinité reste parmi les plus fortes le long de la radiale (18,4 à 26,6 PSU). En marée moyenne (coef. de 72 le 02/10/09), la pente du gradient reste conservée, mais se décale vers des valeurs plus faibles de 2 à 5 PSU (17,5 à 22,5 PSU). Un décalage de 2 à 3 PSU par rapport à la marée moyenne est relevé en condition de morte-eau (coef. de 47 le 30/09/09) ; en revanche, le gradient est extrêmement prononcé avec des valeurs descendant jusqu'à 10,6 PSU le 25/09/09 pour une marée de caractéristiques similaires (coef. 48), avec des conditions météorologiques comparables (vents faibles de secteur Nord, pas de précipitations). Cela ne peut s'expliquer non plus par l'heure des prélèvements hydrologiques, ceux-ci n'étant décalés que d'environ 30 minutes par rapport à la pleine mer lors des 2 marées.

3.1.3. Oxygène

Les concentrations en oxygène mesurées le long de la radiale hydrologique (Figure 24) correspondent à un milieu moyennement oxygéné (5,2 à 7,4 mg/L ; 4,3 à 7,2 mg/L sur GF). De manière générale, on observe un gradient décroissant d'oxygénation depuis le débouché vers le fond de filandre qui apparaît moins nettement au travers de la saturation en oxygène ; ce gradient est plus ou moins couplé au gradient halin. Ainsi le gradient est moins prononcé en condition de vive eau comme c'était le cas pour la salinité.

Le niveau moyen d'oxygénation varie inversement avec celui de température : les campagnes présentant les plus fortes températures (22 au 25/09) correspondent également aux plus faibles concentrations en oxygène, et inversement (02 au 05/10). Cette dernière période coïncide également avec le renforcement des vents orientés Ouest le 03/10/09 puis tournant Sud le 05/10/09, s'accompagnant d'une houle et de précipitations en fin de période.

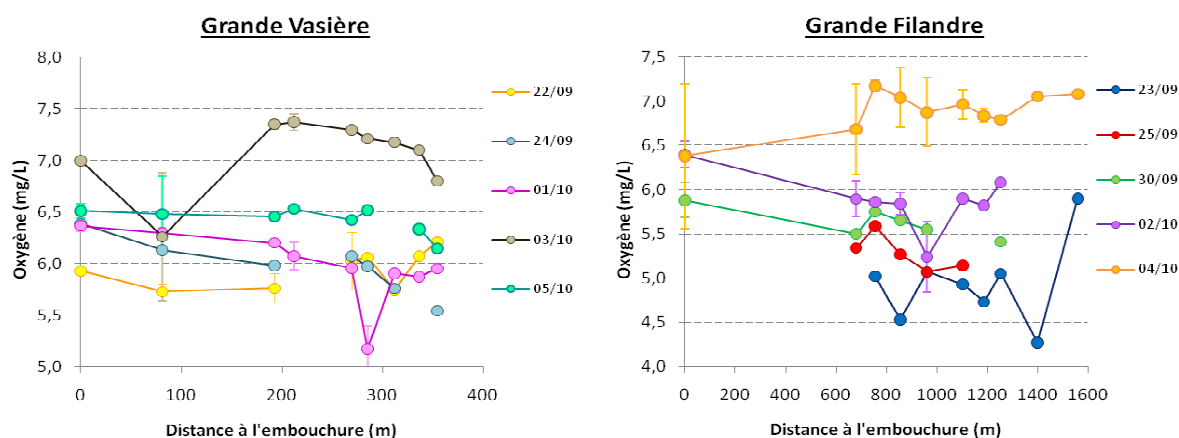


Figure 24 : Evolution spatiale de la teneur moyenne en oxygène dissous par secteur en 2009.

3.1.4. Turbidité

La turbidité relevée en subsurface est un paramètre extrêmement fluctuant sur ces systèmes ; elle présente des valeurs élevées comprises entre 17 et 267 NTU sur la filandre Harle, et 54 à 153 NTU sur la Grande Filandre (Figure 25). Seules quelques stations de fond de filandre ont fait l'objet de mesures régulières. Aucun schéma spatial ou temporel ne semble se dessiner au travers de ces quelques valeurs, même si la turbidité semble devenir plus forte en fond de filandre sur la Grande Filandre.

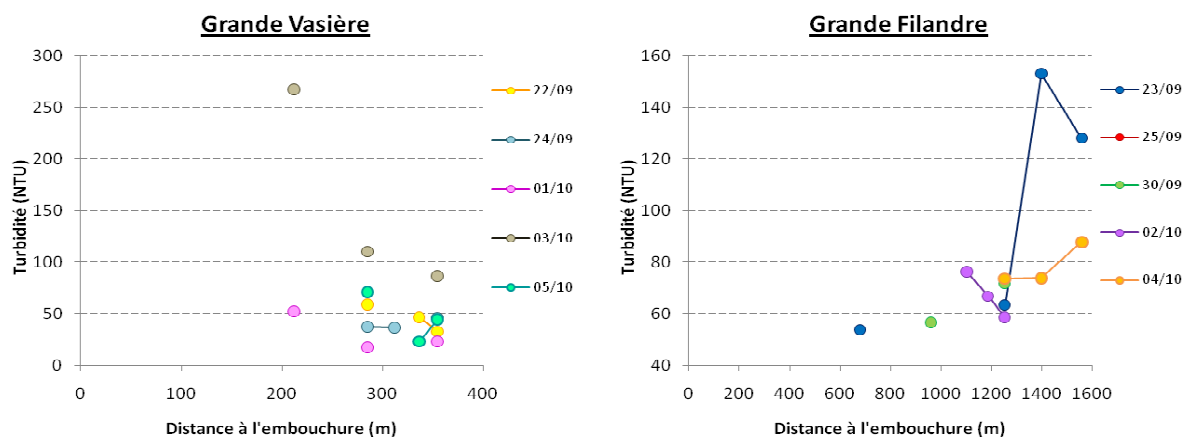


Figure 25 : Evolution spatiale de la turbidité par secteur au cours de la campagne colmatage 2009.

3.2. Organisation du peuplement

3.2.1. Richesse spécifique

Tableau 4 : Composition des poissons échantillonnés dans les deux filandres lors de la campagne de 2009 (espèces marines, espèces estuariennes, espèces amphihalines, espèces non classées, macrocrustacés).

Taxons (nom latin / auteur / nom vernaculaire)	Grande Filandre	Grande Vasière
	2 stations / 5 dates	3 stations / 6 dates
<i>Dicentrarchus labrax</i> (L.) / Bar européen	⊕	⊕
Clupeidae / Clupéidé juvénile	⊕	⊕
<i>Spinachia spinachia</i> (L.) / Epinoche de mer		⊕
<i>Pomatoschistus minutus</i> (Pallas) / Gobie buhotte	⊕	⊕
<i>Aphia minuta</i> (Risso) / Gobie nonnat		⊕
<i>Clupea harengus</i> (L.) / Hareng de l'Atlantique	⊕	⊕
<i>Liparis liparis</i> (L.) / Limace de mer	⊕	
<i>Ciliata mustela</i> (L.) / Motelle à cinq barbillons	⊕	
<i>Atherina presbyter</i> (Cuvier) / Prêtre	⊕	⊕
<i>Sprattus sprattus</i> (L.) / Sprat	⊕	⊕
<i>Gasterosteus aculeatus</i> (L.) / Epinoche à trois épines	⊕	⊕
<i>Pomatoschistus microps</i> (Kröyer) / Gobie tacheté	⊕	⊕
<i>Syngnathus rostellatus</i> (Nilsson) / Syngnathe perçat	⊕	⊕
<i>Anguilla anguilla</i> (L.) / Anguille européenne		⊕
<i>Osmerus eperlanus</i> (L.) / Eperlan européen	⊕	⊕
<i>Pleuronectes flesus</i> (L.) / Flet d'Europe	⊕	⊕
<i>Liza ramada</i> (Risso) / Mulet porc	⊕	⊕
<i>Liza</i> sp. (Risso) / Mugilidé juvénile	⊕	⊕
<i>Pomatoschistus</i> sp. / Gobiidé juvénile	⊕	⊕
TOTAL ICTHYOFAUNE	13	14
<i>Palaemonetes varians</i> (Leach) / Bouquet de l'Atlantique des canaux	⊕	⊕
<i>Palaemon longirostris</i> () / Crevette blanche	⊕	
<i>Palaemon elegans</i> (Rathke)		⊕
<i>Palaemon serratus</i> (Pennant) / Crevette bouquet	⊕	
<i>Crangon crangon</i> (L.) / Crevette grise	⊕	⊕
<i>Carcinus maenas</i> (L.) / Crabe vert	⊕	
<i>Corophium</i> sp. (Latreille) / Corophium	⊕	
Gammaridae / Gammare	⊕	⊕
<i>Idotea</i> sp. (Fabricius) / Idotée	⊕	⊕
Isopoda (Latreille) / Isopode	⊕	
Mysidacea / Mysidacé	⊕	
<i>Sphaeroma serratum</i> (Fabricius) / Sphaerome	⊕	⊕
TOTAL MACROCRUSTACES	11	6

La richesse taxonomique globale à l'échelle de chaque site s'élève à respectivement 13 et 14 taxons sur la Grande Filandre et la filandre Harle pour l'ichtyofaune, et 11 et 6 taxons pour les crustacés (Tableau 4). Cela situe ces 2 systèmes de filandre à un niveau similaire de richesse pour les poissons, et légèrement plus élevé sur la filandre Harle à celui qui avait été observé en 2008 (12 taxons) pour une pression d'échantillonnage plus faible (2 campagnes seulement). Les différences portent sur quelques taxons marins observés uniquement sur la Grande Vasière tels que l'épinoche de mer et le nonnat, alors que la limace de mer et la motelle à 5 barbillons n'ont été capturées que sur la Grande Filandre. La présence de ces deux dernières espèces caractéristiques de la zone endiguée traduisent probablement l'influence fluviale plus forte sur la Grande Filandre via la brèche amont. La variabilité interannuelle sur la Grande Vasière porte sur deux espèces non observées en 2008, le gobie buhotte et l'épinoche de mer, ce dernier taxon étant par ailleurs très peu fréquent dans l'estuaire de la Seine.

La richesse en crustacés est en revanche nettement plus élevée sur la Grande Filandre. La présence de la crevette blanche et de mysidacés sur la Grande Filandre peut là encore marquer l'influence fluviale.

Filandre Harle de la Grande Vasière :

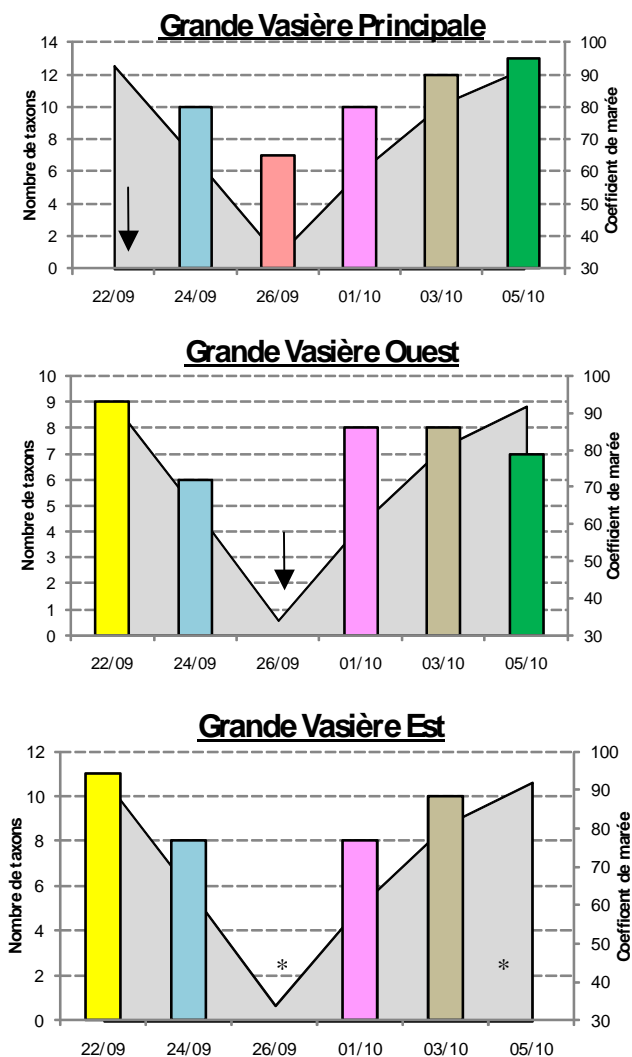


Figure 26 : Richesse taxonomique journalière du peuplement piscicole et coefficient de marée dans la Grande Vasière (de l'embouchure vers le fond de filandre). ↓ Station non échantillonnée. * Station non validée

Sur la filandre Harle, la richesse taxonomique (Figure 26) présente généralement des valeurs plus élevées en vive-eau (coef. de 80 à 93 les 22/09, 03/10 et 05/10) qu'en morte-eau (coef. de 34 à 64 les 24/09, 26/09 et 01/10). Cette relation est vérifiée sur les stations GVP et GVE, mais n'apparaît pas de manière évidente sur la station GVO située sur un bras de filandre secondaire (Figure 27). Sur cette dernière station, le niveau de richesse apparaît toujours le plus faible quelque soit la marée (6 à 9 taxons), à rapporter principalement à l'absence du syngnathe, et des clupéidés lors des plus faibles marées.

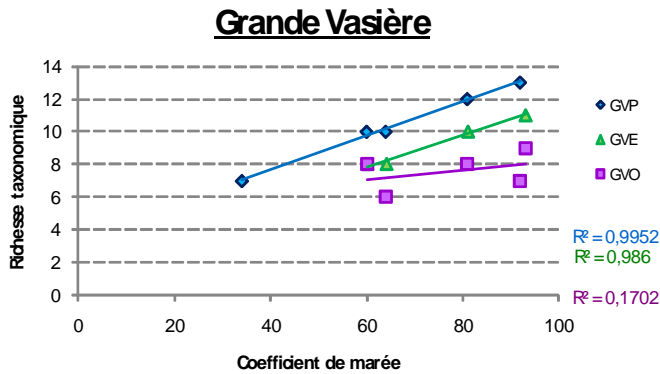


Figure 27 : Richesse taxonomique du peuplement piscicole en fonction du coefficient de marée dans la Grande Vasière. R^2 : coefficient de détermination

Sur l'ensemble du site, les clupéidés (juvénile, hareng, sprat) sont absents de l'inventaire lors des mortes-eaux les plus prononcées (coef. 34 le 26/09/09) ; les juvéniles et le sprat sont moins fréquemment capturés sur les stations situées plus en fond de filandre (GVE, et surtout GVO). L'anguille n'a été capturée que le 05/10/09 en vive-eau ; c'est également le cas pour un certain nombre de taxons de crustacés. En final, c'est principalement la guildes des poissons marins qui structure l'augmentation de la richesse quand l'influence de la marée est plus forte (Figure 30).

Sur le plan spatial, certains taxons sont observés essentiellement sur la station GVP située sur le bras principal au niveau du premier embranchement de la filandre ; ce sont le syngnathe perçat, les juvéniles de clupéidés, l'épinoche de mer, le gobie buhotte, et la crevette grise pour les crustacés. Au contraire, l'épinoche à 3 épines est capturée surtout sur les stations les plus internes (GVO, GVE). Ces répartitions différenciées expliquent le schéma général observé pour la richesse taxonomique.

Grande Filandre :

La richesse taxonomique relevée sur la Grande Filandre (Figure 28) apparaît également plus forte sur la station du débouché de filandre (7 à 13 taxons sur GF aval) que sur la station la plus interne (5 à 10 taxons sur GF amont).

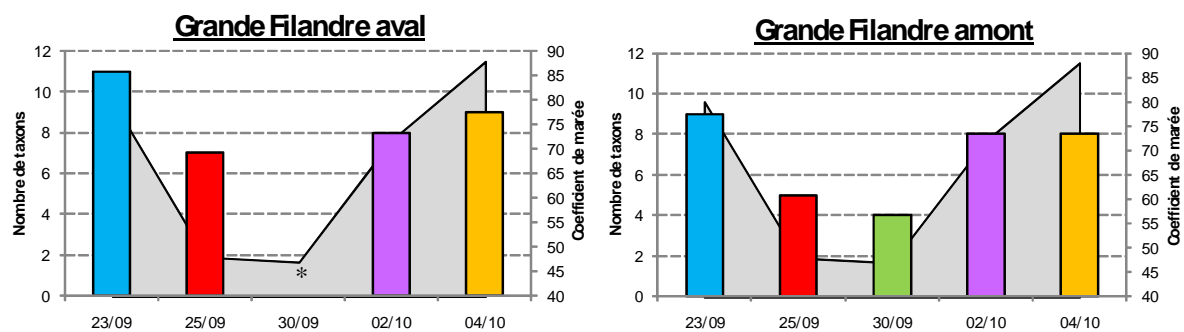


Figure 28 : Richesse taxonomique journalière du peuplement piscicole et coefficient de marée dans la Grande Filandre. * Station non validée car verveux ouvert à la relève

Sur le plan spatial, cela s'explique à nouveau par une répartition différenciée de certains taxons, notamment marins, qui ne sont capturés que sur la station aval (hareng, limace de mer, motelle, flet) ou moins fréquemment sur la station amont (éperlan, juvéniles de clupéidés). Au contraire, l'épinoche à 3 épines est à nouveau plus souvent capturée sur la station amont, de même que *Palaemonetes varians* pour les crustacés. Ces deux espèces sont inféodées aux zones saumâtres latérales ; il n'est donc pas étonnant de les observer plus rarement au niveau du débouché, le plus souvent lors des vives-eaux.

Sur le plan temporel, on observe à nouveau une relation entre la richesse taxonomique et le coefficient de marée sur les 2 stations étudiées (Figure 29). Cette variabilité porte encore principalement sur les taxons marins (Figure 30), les espèces suivantes étant observées pour les marées les plus fortes : éperlan et juvéniles de clupéidés sur la station amont, hareng, limace de mer, motelle sur la station aval, et syngnathe, prêtre et gobie buhotte sur les 2 stations.

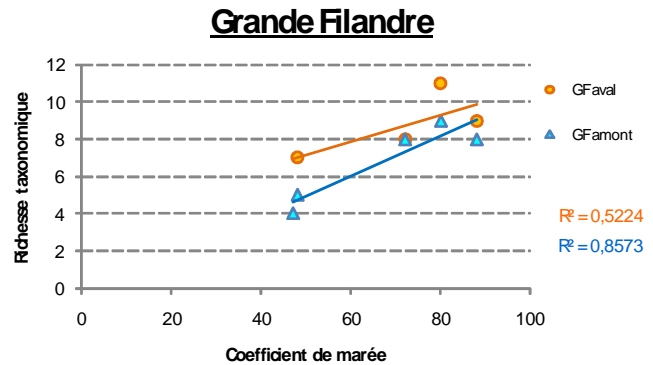


Figure 29 : Richesse taxonomique du peuplement piscicole en fonction du coefficient de marée dans la Grande Flandre. R^2 : coef. de détermination

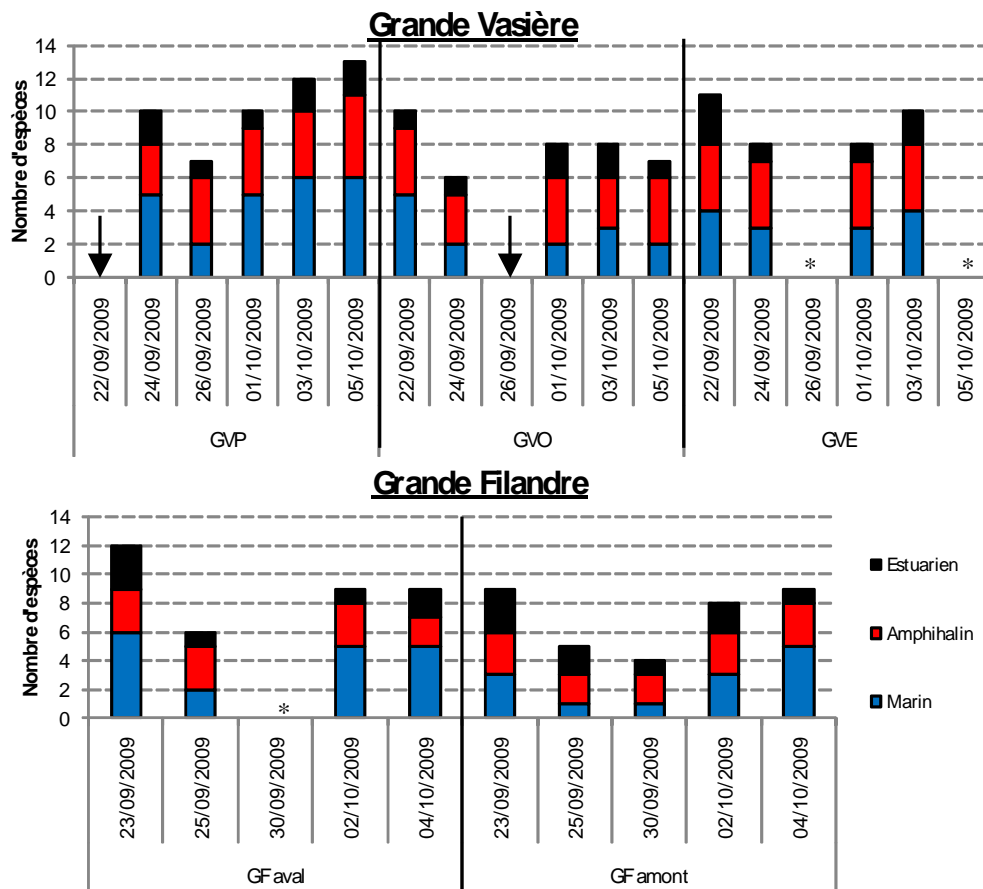


Figure 30 : Répartition par guildes écologiques dans les stations des trois sites étudiés (GVP : GV Principale, GVE : GV Est, GVO : GV Ouest, VAD : VA Débouché, VAI : VA Intermédiaire, VAE : VA Est, VAO2 : VA Ouest, TID : TI Débouché, TII : TI Intermédiaire, TIE : TI Est, TIP : TI Pont). Station non échantillonnée. * Station non validée car verveux non validé.

3.2.2. Abondances et Biomasses

Abondances

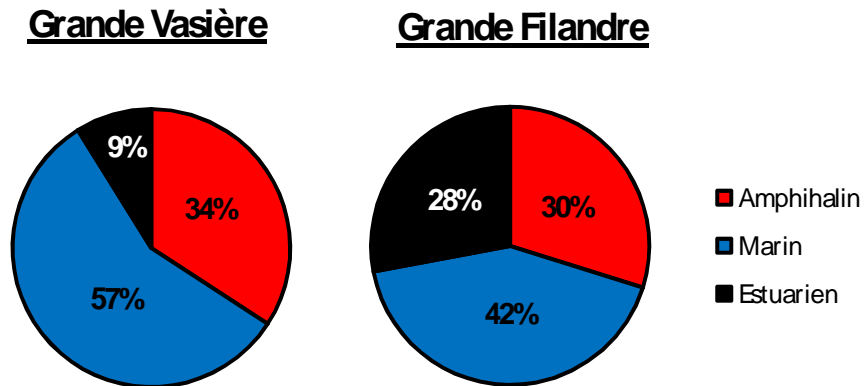
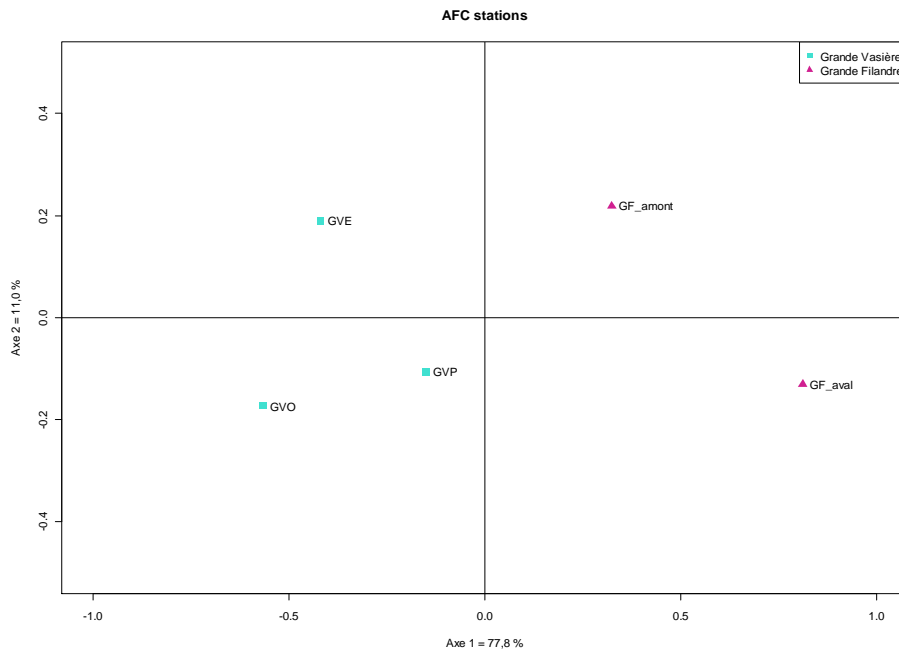


Figure 31 : Pourcentage des abondances par guildes écologiques dans les 3 sites étudiés.

Les CPUE numériques sont principalement structurées par la guildes des poissons marins sur les 2 sites (Figure 31), le site aval présentant la contribution la plus forte pour cette guildes (57 et 42% sur la filandre Harle et la Grande Filandre). Sur la Grande Filandre, les guildes des Amphihalins et des Estuariens contribuent à par égale aux effectifs (30 et 28%), alors que celle des Amphihalins est nettement mieux représentée sur la Grande Vasière (34% contre 9% pour les Estuariens).

L'analyse Factorielle des Correspondances (AFC) réalisée sur les CPUE numériques pour les principales espèces structurantes (Figure 32) met clairement en évidence la prédominance de la variabilité inter-site sur la variabilité intra-site, avec la séparation des stations de la filandre Harle de celles de la Grande Filandre. Le site aval apparait associé sur le plan statistique aux espèces amphihalines (flet et mulot porc) et marines (prêtre, bar) tandis que le site amont est regroupé avec les espèces estuariennes (gobie tacheté, juvéniles) et amphihalines (éperlan) qui signent l'influence fluviale.



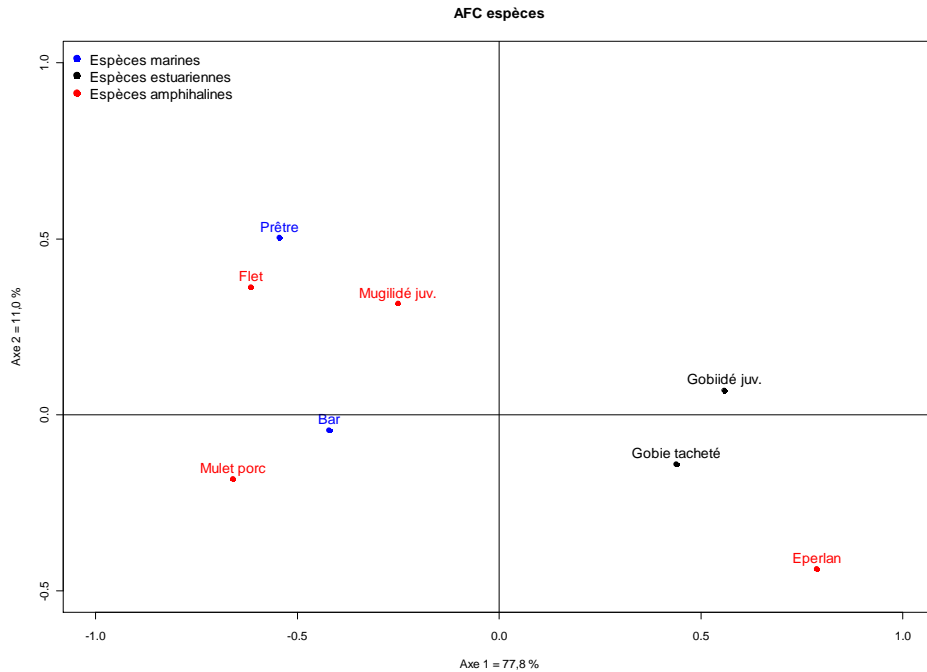


Figure 32 : Représentation du plan 1-2 de l'Analyse Factorielle des correspondances réalisée sur les DRF moyens des abondances des 5 stations (à gauche) et les DRF moyens des 8 espèces de poissons présentes à plus de 1% (à droite). Ont été enlevés : anguille, clupéidé juvénile, épinoche à trois épines, épinoche de mer, gobie buhotte, hareng, limace de mer, motelle à cinq barbillons, sprat et syngnathe perçat.

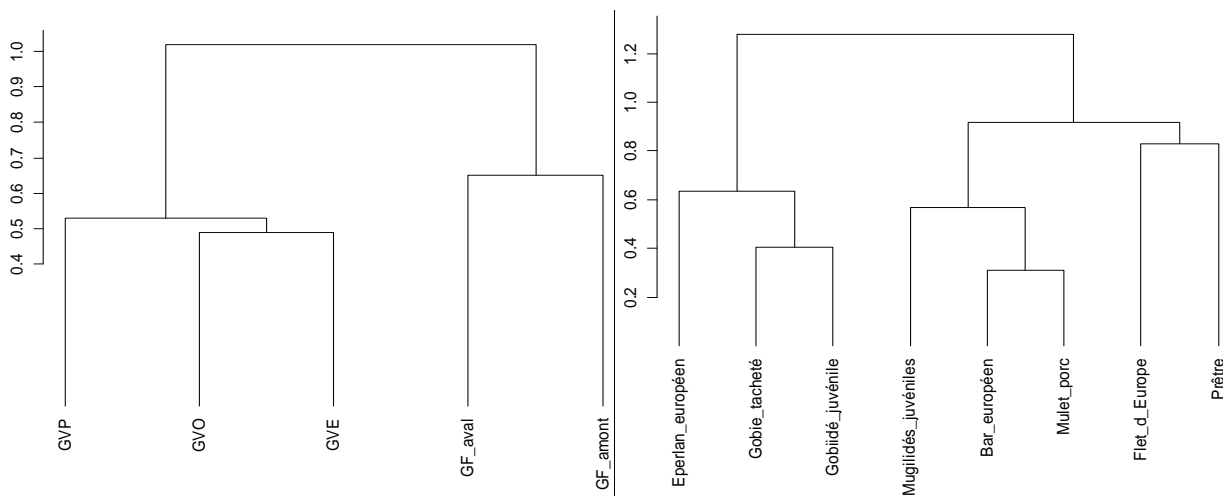


Figure 33 : Dendrogramme en liens moyens sur l'AFC des stations (à gauche) et l'AFC des espèces (à droite)

Filandre Harle de la Grande Vasière :

Sur le plan spatial (Figure 34), les CPUE sont toujours plus élevées sur le bras principal de la filandre Harle (126 à 2364 ind./h sur GVP) que sur les stations plus internes GVO (68 à 597 ind./h) et GVE (100 à 400 ind./h), et ce malgré des séquences de pêche plus courtes sur cette station (d'environ une demi-heure). Ces écarts s'expliquent par des captures plus importantes sur GVP pour le bar notamment (03 et 05/10/09), les gobiidés (juvéniles les 24/09 et 03/10 ; gobie tacheté le 24/09 ; gobie buhotte le 01/10) et le mulot porc (juvéniles les 01/10 et 03/10).

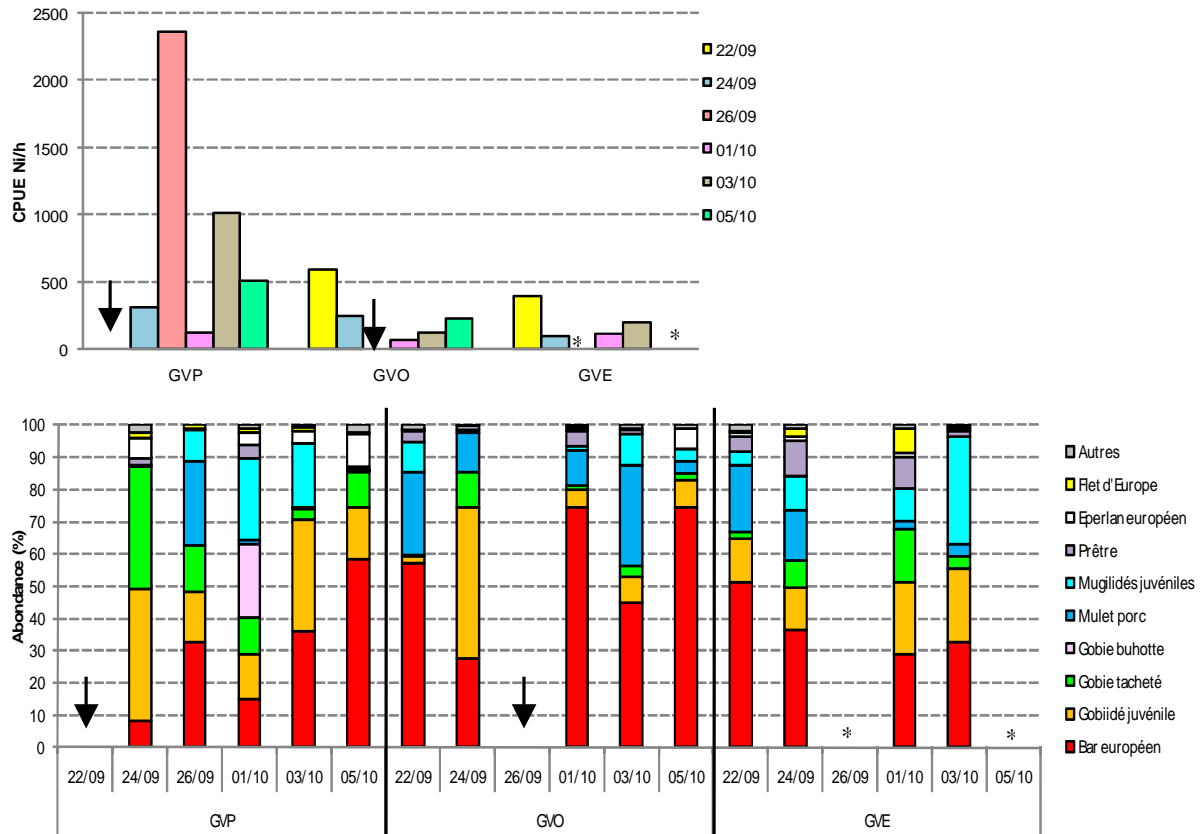


Figure 34 : Abondance (en nombre d'individus / heure et en %) du peuplement piscicole dans la Grande Vasière GV (GVP : GV Principale, GVE : GV Est, GVO : GV Ouest). ▼ Station non échantillonnée ; * Station non validée

Sur le plan temporel, la cinétique observée pour les différentes conditions de marée apparaît différente suivant les stations. Par ailleurs, les résultats soulignent la forte variabilité qui affecte ces systèmes.

Sur le bras principal (GVP), les CPUE numériques atteignent un maximum lors de la morte-eau la plus prononcée (2364 ind./h pour un coef. de 34 le 26/09/09) alors que la faible hauteur d'eau à pleine mer (40 à 50 cm seulement) n'a permis d'effectuer qu'une séquence de pêche de 15 minutes (contre 01h56 à 02h39 lors des autres marées). Cela tient à la fois à des captures importantes de bar, de mullet porc et de gobies (juvéniles et tacheté). Les plus faibles niveaux d'abondance sont relevés en marées moyennes (126 et 328 ind./h les 01/10 et 26/09 pour des coefficients de 60 et 64) du fait de CPUE très faibles pour le bar notamment (<25 ind./h) alors que les gobiidés restent bien représentés. Des CPUE intermédiaires sont observées en vive-eau (1010 et 506 ind./h les 03 et 05/10), le bar et les juvéniles de gobiidés et de mugilidés présentant des valeurs élevées.

Sur les stations GVE et GVO, un schéma comparable à celui de la richesse taxonomique est observé au travers des CPUE numériques : les valeurs les plus faibles sont relevées en morte-eau (GVO : 250 et 68 ind./h les 24/09 et 01/10 ; GVE : 100 et 120 ind./h) et les plus fortes en vive-eau (GVO : 597 ind./h le 22/09 ; GVE : 202 et 400 ind./h les 03 et 22/09). Cela tient aux captures plus importantes de bar et de mullet porc (22/09/09). Néanmoins ce constat doit être nuancé, ces stations n'ayant pu être échantillonnées le 26/09/09 lors de la morte-eau la plus marquée, pour laquelle les maxima d'abondance avaient été relevés sur GVP.

En termes de structuration du peuplement, le bar est l'espèce dominante sur les stations GVO (contribution de 28 à 75%) et GVE (29 à 51%), ainsi que sur GVP lors des marées de vive

eau (36 et 58% les 03 et 05/10). Cette espèce présente des CPUE globalement croissantes avec le coefficient de marée, des marées moyennes aux vives-eaux.

Le peuplement piscicole est également dominé par les gobiidés et les mugilidés, qui sont présents en proportion variable selon les stations et les jours de prélèvement. Les gobiidés présentent des contributions plus fortes sur la station GVP plus proche du débouché (28 à 79%), avec le stade juvénile mieux représenté en marées moyennes (41 et 35% pour des coef de 64 et 80 les 24/09 et 03/10) et les gobies tacheté et buhotte respectivement en morte-eau descendante (38% le 24/09) et montante (23% le 01/10). Ces deux dernières journées correspondent également à des contributions maximales pour les gobiidés sur les stations GVO (47% de juvéniles le 24/09) et GVE (22 et 17% pour les juvéniles et gobie tacheté le 01/10). Sur ces deux stations, les mugilidés sont très fortement représentés lors des marées plus fortes (GVO : 35 et 41% les 22/09 et 03/10 ; GVE : 25 et 37%). Cela correspond également à des CPUE croissantes avec le coefficient de marée, notamment sur la station GVE (R^2 de la courbe de tendance : 0,996).

Cela rejoint certaines conclusions de l'analyse spatiale réalisée dans Colmatage en 2008, à savoir que les gobiidés sont mieux représentés au niveau du débouché de la filandre et les mugilidés en fond de filandre. Les CPUE d'éperlan sont toujours plus fortes sur la station GVP, de même que celles de gobie tacheté alors que le mulot porc présente une répartition préférentielle sur la station GVO.

Grande Filandre :

Aucun schéma spatial récurrent ne se dégage sur le plan des niveaux d'abondance au travers des différentes marées étudiées (Figure 35). Les CPUE sont tantôt plus fortes sur la station Amont (1099 ind./h le 25/09), tantôt sur la station Aval (193 et 2756 ind./h les 02 et 04/10/09). Ces écarts s'expliquent par des CPUE plus élevées de bar et de juvéniles de gobiidés, auxquels s'ajoute le gobie tacheté le 04/10 sur la station Aval.

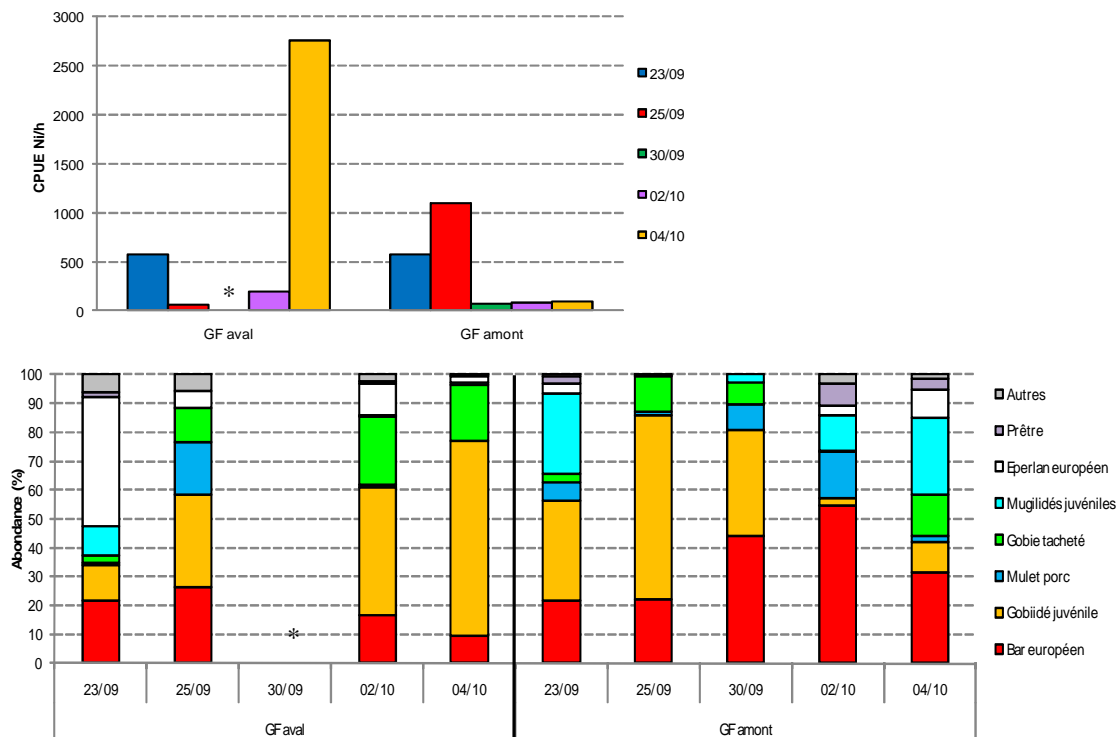


Figure 35 : Abondance (en nombre d'individus / heure et en %) du peuplement piscicole dans la Grande Filandre (GF). * Station non validée car verveux non validé (ouvert à la relève).

Sur le plan temporel, les cinétiques d'évolution des CPUE et de structuration du peuplement sont différentes sur les deux stations. Les CPUE sont maximales le 25/09/09 en condition de morte-eau sur la station Amont (1099 ind./h), et le 04/10/09 en condition de vive-eau (2756 ind./h). D'une manière générale, elles tendent à être plus fortes en vive-eau et plus faibles en morte-eau sur la station Aval, ce qui reflète l'évolution des CPUE de bar, ainsi que celles de l'éperlan en marées décroissantes et des gobiidés (juvénile et tacheté) en marées croissantes. Sur la station Amont, elles sont plus élevées les 23 et 25/09 en marées décroissantes (570 et 1099 ind./h) alors qu'elles stagnent à un niveau bas en marées croissantes (70 à 100 ind./h).

Les mêmes espèces structurantes que sur la filandre Harle sont observées, à savoir le bar, les gobiidés (juvéniles, tacheté) et le mulot porc, auxquelles s'ajoute l'éperlan sur la station Aval. On observe comme au travers des niveaux d'abondance une évolution de la structuration du peuplement au cours du cycle de marée étudié : la contribution du bar est plus élevée en marées décroissantes sur la station Aval (21 et 26% les 23 et 25/09) alors qu'elle tend à augmenter pour les marées croissantes sur la station Amont (31 à 55% du 30/09 au 04/10) ; la situation inverse est constatée pour les juvéniles de gobiidés qui sont plus structurants en fin de période d'étude sur la station Aval (44 et 68% les 02 et 04/10) et en début de période sur la station Amont (34 à 64% du 23 au 30/09). Cela reflète des réalités différentes sur le plan des CPUE numériques brutes, puisque celles du bar sont plus élevées en vive-eau sur la station Aval et en morte-eau sur la station Amont ; pour les gobiidés en revanche, l'évolution de la contribution de ces taxons est bien liée à celle de leurs CPUE, avec des maxima relevés le 04/10 (Vive-eau de fin de période) sur la station Aval et le 25/09 (Morte-eau de début de période) sur la station Amont. L'éperlan est dominant en vive-eau le 23/09/09 sur la station Aval (45%) et n'apparaît sur la station Amont qu'en vive-eau. Au contraire, les mugilidés sont plus structurants sur la station Amont, et notamment pour les vives-eaux (28 et 26% les 23/09 et 04/10).

Ainsi bien qu'une organisation du peuplement semble se dessiner sur le plan tidal, une grande part de la variabilité temporelle du peuplement reste structurée par d'autres paramètres environnementaux comme en attestent les schémas très différents observés pour des coefficients de marée similaires sur la Grande Filandre (coef de 48 et 47 lors des marées du 25 et 30/09) et la filandre Harle (coef de 64 et 60 les 24/09 et 01/10).

Biomasses

Filandre Harle de la Grande Vasière :

Sur le plan pondéral (Figure 36), les CPUE sont généralement plus élevées sur la station GVP, hormis en début de période d'étude, comme c'était déjà le cas au travers des effectifs. Cela s'explique par des CPUE supérieures pour le mulot porc (01/10), le flet (01 et 03/10) et le bar (03 et 05/10) sur GVP.

Sur le plan temporel, la cinétique tidale varie selon la station, avec des CPUE maximales en morte-eau sur la station GVP (10,6 kg/h le 26/09 : coef de 34), en marée moyenne sur la station GVE (2,7 kg/h le 24/09 en coef de 64) et en vive-eau sur la station GVO (2,8 kg/h le 22/09 en coef de 93). Ces pics sont structurés principalement par le mulot porc, dont les adultes capturés au trémail présentent un poids individuel compris entre 1 et 2 kg ; la capture d'un individu affecte donc de manière très importante la biomasse d'une station.

La capture d'adultes de certaines espèces de grande taille structure donc fortement les CPUE pondérales sur une station ; cela explique pourquoi seules 4 espèces présentent des contributions aux poids totaux dépassant 20% au cours de l'étude. Ce sont le mulot porc, le

flet, le bar et l'anguille, dont les 3 premières espèces sont capturées généralement au travers du trémail au stade adulte.

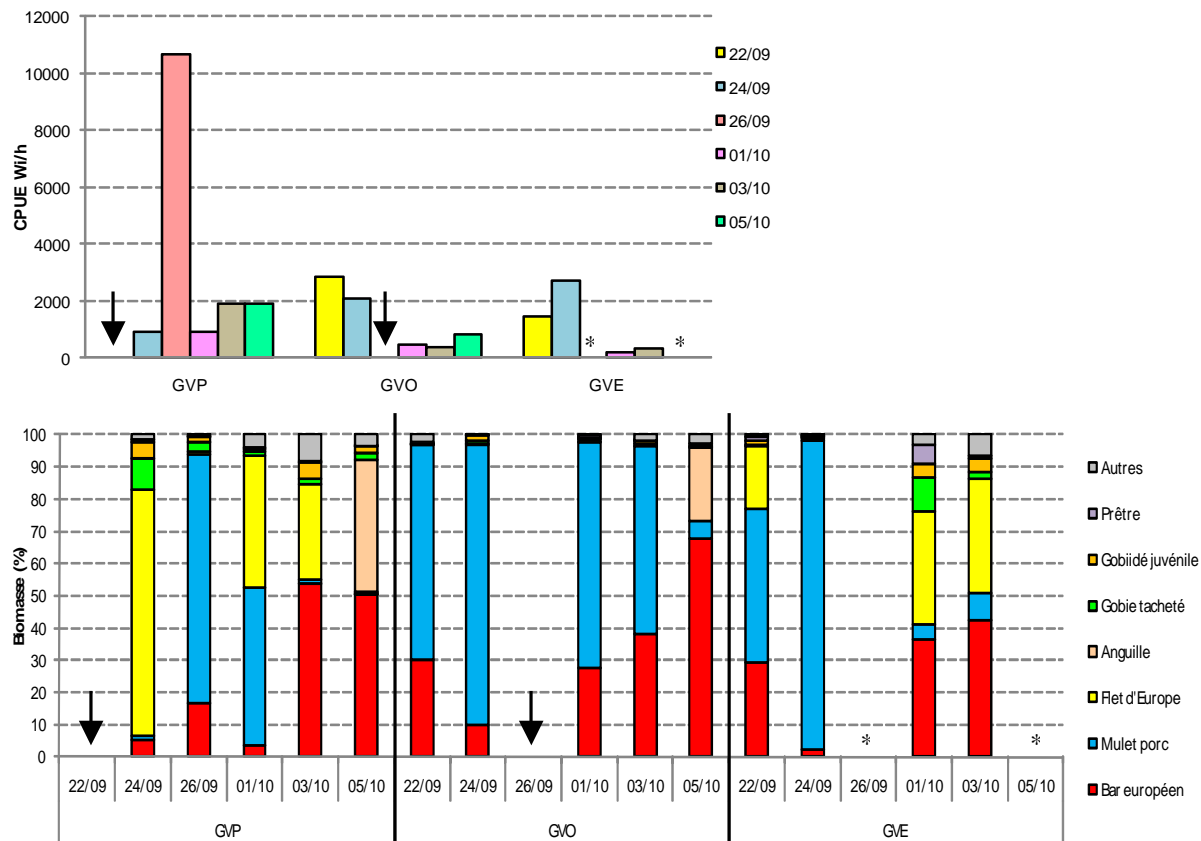


Figure 36 : CPUE pondérales (en grammes de poids frais / heure et en %) du peuplement piscicole dans la Grande Vasière GV (GVP : GV Principale, GVE : GV Est, GVO : GV Ouest). ▼ Station non échantillonnée

En termes de structuration du peuplement, le mullet porc est l'espèce la plus structurante du peuplement piscicole sur la station GVO pour les différentes conditions tidales étudiées (contribution de 58 à 87%), hormis le 05/10 où le bar devient prédominant (68%). Ces deux espèces représentent plus de 70% des biomasses totales au cours de cette période d'étude ; leur contribution est plus modérée sur les deux autres stations de la filandre Harle, même si l'on note la prédominance du mullet porc en début de période d'étude sur GVE (48 et 96% les 22 et 24/09) et en morte-eau sur le bras principal (77 et 49% les 26/09 et 01/10), et celle du bar en fin de période d'étude sur GVP (54 et 50% les 03 et 05/10) et GVE (36 et 42% les 01 et 03/10). Le flet s'avère parfois structurant sur le bras principal (30 à 76% les 24/09, 01/10 et 03/10) ainsi que sur GVE (35 à 36% les 01 et 03/10), ainsi que l'anguille en vive-eau sur les stations GVP et GVO (respectivement 41 et 23% le 05/10).

Grande Filandre :

Sur le plan pondéral (Figure 37), les CPUE sont généralement plus élevées sur la station Aval, hormis en marée moyenne le 02/10/09. Cela s'explique par des CPUE supérieures pour le mullet porc en morte-eau (25 et 30/09) et le bar en vive-eau (23/09 et 04/10) sur la station Aval.

Sur le plan temporel, la cinétique tidale varie selon la station, avec des CPUE maximales en morte-eau (coef de 48 le 25/09) sur la station Aval (12,7 kg/h) et en début de période d'étude (coef de 80 le 23/09/09) sur la station Amont (3,2 kg/h). Ces pics sont structurés

principalement par le mulot porc dont les stades adultes ont été mieux capturés en début de période d'étude sur les 2 stations, et plus secondairement par le bar dont des individus de plus d'un an et des stades adultes ont également été échantillonnés en vive-eau au début de la période d'étude, ce qui a affecté particulièrement la biomasse.

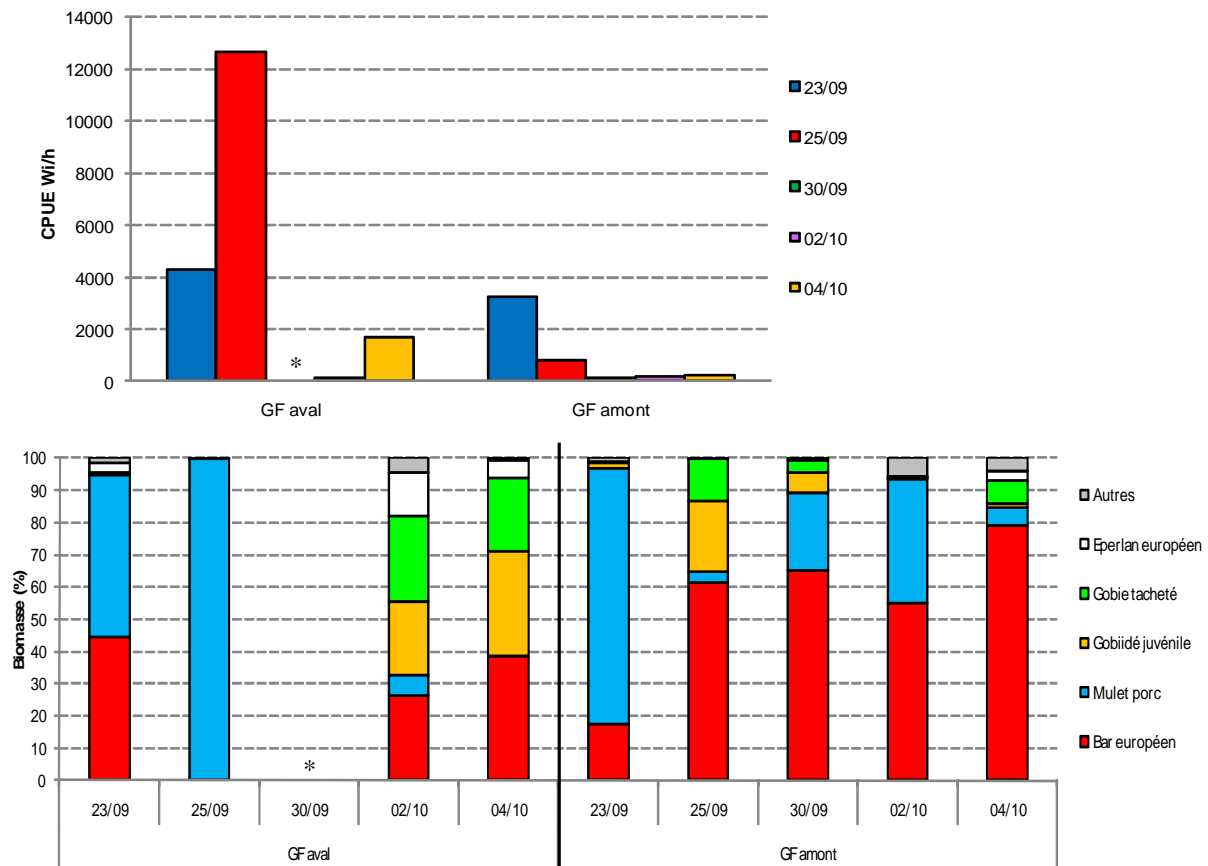


Figure 37: Biomasse (en grammes de poids frais / heure et en %) du peuplement piscicole dans la Grande Filandre (GF). * Station non validée car verveux non validé (ouvert à la relève)

En termes de structuration du peuplement, le mulot porc est l'espèce la plus structurante du peuplement piscicole en début de période d'étude sur la station Aval (contributions de 50 et 99% les 23 et 25/09) quelque soit la marée (coef. de 80 et 48) et sur la station Amont en vive-eau (79% le 23/09), ce qui est à rapporter à la capture d'adultes principalement au travers du trémail. Sur la station Amont, le bar est prédominant du 25/09 au 04/10 (contributions de 55 à 79%), donc pour des caractéristiques tidales très variées ; il n'est capturé qu'au stade juvénile G0 lors de ces 4 dates. Ces deux espèces représentent plus de 80% des biomasses totales sur la station Amont au cours de cette période d'étude, les gobiidés ne devenant structurants qu'en morte-eau (contribution de 22% pour les juvéniles et de 13% pour le gobie tacheté).

La contribution du bar et du mulot porc est plus modérée sur la station Aval de la Grande Filandre, hormis en début de période d'étude. Les gobiidés (juvéniles et gobie tacheté), devenant dominants en effectifs en fin de période d'étude, structurent également les biomasses les 02 (contributions de 23 et 27%) et 04 octobre (33 et 23%), accompagnés par l'éperlan le 02/10 (14%) ; mais cela correspond à des niveaux de biomasse nettement plus faibles qu'en début de période d'étude.

IV. CONCLUSION

L'année 2009 du projet COLMATAGE a été consacrée à l'étude de la cinétique tidale des assemblages piscicoles en condition automnale lors d'un cycle de marée de 15 jours sur 2 stations de la filandre Harle de la Grande Vasière et de la Grande Filandre.

A l'échelle inter-site, l'étude de 2 systèmes de filandres situés en rive droite le long du gradient longitudinal de salinité de l'estuaire de la Seine confirme le rôle de la salinité en tant que paramètre structurant des assemblages piscicoles, déjà identifié lors de l'étude spatiale menée en 2008.

Sur le plan hydrologique, la filandre Harle se situe intégralement en domaine polyhalin (25,0 à 28,3 PSU) et sous l'influence de la masse d'eau pénétrant à l'intérieur de la fosse nord à la faveur du flot. La Grande Filandre est localisée plus en amont de l'estuaire et, bien que présentant des valeurs de salinité nettement inférieures à celles de la Filandre Harle (17,5 à 26,6 PSU), se situe généralement en domaine polyhalin jusqu'en fond de filandre, hormis lors de la morte-eau du 25/09 où la moitié de la filandre appartient au domaine mésohalin.

Sur le plan piscicole, les assemblages ichtyologiques rencontrés sur les 2 sites restent globalement similaires, avec la dominance en effectifs du bar, des gobiidés (juvéniles et gobie tacheté) et du mulot porc. La richesse taxonomique relevée à l'issue de la période d'étude est proche sur les 2 sites (13 et 14 taxons respectivement sur la Grande Filandre et sur la Filandre Harle), pour un cortège d'espèces similaire, hormis le nonnat et l'épinoche de mer recensés seulement sur le site aval et illustrant l'influence marine, et la motelle et la limace de mer sur la Grande Filandre illustrant l'influence fluviale. Ces différences d'influence liées à la position longitudinale et à la connectivité avec le fleuve et la mer portent également sur les abondances, avec une dominance de la guildes marine sur la filandre Harle plus marquée que sur la Grande Filandre (57 et 42%) et une contribution de la guildes estuarienne trois fois plus élevée sur la Grande Filandre (28 contre 9%). Sur le plan spécifique, cela s'exprime au travers de CPUE plus élevées pour le flet, le mulot porc, le prêtre et le bar sur la filandre Harle, et le gobie tacheté, les juvéniles de gobiidés et l'éperlan sur la Grande Filandre.

A l'échelle intra-site, l'échantillonnage simultané sur plusieurs stations réparties depuis le débouché jusqu'en fond de filandre (stations Aval et Amont de la Grande Filandre) ainsi que sur les différentes ramifications de la filandre (bras principal GVP et secondaires GVO et GVE de la filandre Harle) permet d'appréhender la variabilité spatiale interne.

Sur le plan hydrologique, la réalisation de radiales depuis l'entrée vers le fond de filandre permet de mettre en évidence en condition automnale l'existence d'un gradient décroissant de température ; ce gradient thermique est doublé d'un gradient halin également décroissant vers le fond de filandre plus marqué sur la Grande Filandre que sur la filandre Harle, ce qui illustre la mixité des masses d'eau (fluviale et marine) pénétrant à la faveur du flot dans le méandre.

Sur le plan piscicole, les caractéristiques morphologiques et halines des stations échantillonnées induisent une certaine variabilité au sein des assemblages ichtyologiques qui reste néanmoins moins forte que la variabilité inter-site. L'organisation spatiale différenciée observée en 2008 est à nouveau identifiée au travers de la composition et de la structuration du peuplement en 2009. Les stations situées au débouché de la filandre ou dans le bras principal présentent généralement des niveaux de richesse taxonomique supérieurs. Ainsi le syngnathe perçat, les juvéniles de clupéidés, l'épinoche de mer et le gobie buhotte ne sont recensés que sur la station GVP de la filandre Harle tandis que ce sont le hareng, la limace de mer, la motelle à 5 barbillons et le flet à l'entrée de la Grande Filandre.

La morphologie (bathymétrie) et la configuration (bras principal / secondaire, bassin versant) des bras de filandres échantillonnés intervient également ; ainsi la station GVO située sur un petit bras secondaire de la filandre Harle présente une richesse taxonomique inférieure à celle de la station GVE dont le bras de filandre est plus important et plus profond.

Sur la filandre Harle, les niveaux d'abondance sont également plus élevés sur la station la plus proche du débouché (GVP), principalement du fait du bar, des gobiidés (juvéniles, gobies buhotte et tacheté) et des juvéniles de mugilidés. Comme en 2008, les gobiidés restent mieux représentés à proximité du débouché de la filandre, et les mugilidés en fond de filandre. Sur le plan pondéral, les plus fortes CPUE sont aussi associées au bras principal sur la filandre Harle au travers de la capture d'adultes de mulot porc, de bar, de flet et d'anguille ; ce constat est probablement à rapporter au gradient bathymétrique caractérisant les filandres.

En revanche, l'organisation spatiale du peuplement piscicole apparaît moins reproductible au cours d'un cycle de marée sur la Grande Filandre.

Sur le plan temporel, la répétition de séquences de pêche en condition de jusant au cours d'un cycle de marée de 15 jours permet d'appréhender la variabilité liée au coefficient de marée sur le peuplement piscicole fréquentant les 2 sites. 5 à 6 journées d'échantillonnage ont été réalisées sur chacune des 2 filandres pour des coefficients de marée compris entre 34 et 93 sur la filandre Harle et entre 47 et 88 sur la Grande Filandre. De nombreuses difficultés d'échantillonnage ont été rencontrées en morte-eau liées à la méconnaissance des hauteurs d'eau disponibles à pleine-mer et de la durée de pêche sur les stations échantillonnées dans ces conditions de marée. Cela explique l'absence d'échantillonnage sur certaines stations internes lors des mortes-eaux les plus marquées, la variabilité de la durée de pêche au cours du cycle tidal et la perte d'échantillons lors de certaines relèves de verveux liée à la force des courants.

Une diminution de la température est observée sur les 2 sites au cours de la période d'étude qui se situe dans la phase de refroidissement particulièrement marqué en condition automnale. Le niveau général de salinité fluctue au cours du cycle tidal, avec un niveau minimal relevé logiquement en morte-eau ; cette observation se vérifie aussi bien à l'entrée qu'en fond de filandre, avec un décalage de plusieurs unités de salinité du gradient halin amont/aval ; en revanche, en vive-eau le gradient amont/aval tend à se réduire.

Sur le plan de la richesse taxonomique, la composition du peuplement apparaît fortement structurée par le cycle tidal morte-eau / vive-eau (ME/VE), avec l'identification d'un schéma similaire sur les 2 sites étudiés : la richesse taxonomique tend à diminuer avec le marnage, ceci étant relié principalement à la guildes des poissons marins. Plus l'influence marine est forte (marées de VE), plus les espèces marines fréquentant la filandre apparaissent diversifiées. Ainsi les juvéniles de clupéidés ne sont pas observés en morte-eau sur les stations internes de la filandre Harle ; c'est également le cas pour le syngnathe, le prêtre et le gobie buhotte sur la Grande Filandre. Les juvéniles de clupéidés et l'éperlan ne pénètrent sur la station Amont de la Grande Filandre qu'à la faveur des vives-eaux tandis que le hareng, la limace de mer et la motelle restent cantonnés sur la station Aval lors de ces marées. Cette variabilité tidale n'apparaît pas de manière aussi nette sur la station GVO.

Au travers des abondances numériques, un schéma similaire à celui de la richesse taxonomique est observé sur les stations les plus internes de la filandre Harle et sur la station Aval de la Grande Filandre : les CPUE sont maximales en vive-eau et diminuent en morte-eau, cette cinétique étant structurée par les effectifs de bar et de mulot porc sur les stations GVE et GVO, et par ceux de bar, d'éperlan et de gobiidés sur la station GF Aval. Au contraire, les CPUE s'avèrent maximales pour le marnage le plus réduit sur le bras principal de la filandre Harle, malgré une hauteur d'eau (50cm environ à pleine-mer) et une séquence de pêche très réduite (15min au lieu de 2h00 à 2h30 lors des autres marées) ; ce pic

d'abondance est structuré par le bar, le mulot porc et les gobiidés. Cette observation indique que les espèces vont optimiser leur passage dans la filandre en morte-eau en se concentrant au niveau de son débouché, le temps de résidence et la zone accessible étant particulièrement réduits dans ces conditions de marée. L'absence d'échantillonnage validé sur les stations plus internes GVE et GVO ne permet pas de conclure sur le degré de pénétration des différentes espèces dans les bras secondaires lors de coefficients de marée aussi faibles.

Une cinétique différente est observée sur la station Amont de la Grande Filandre dont les CPUE numériques sont maximales en début de période, c'est-à-dire en marées décroissantes, et minimales en fin de période, i.e. en marées croissantes ; cette évolution est structurée par le bar, les juvéniles de gobiidés et de mugilidés.

Le même constat apparaît au travers des biomasses sur les 2 sites avec des captures de mulot porc, bar, flet et anguille plus abondantes en début de période d'étude. Il reste difficile de déterminer quel paramètre est à l'origine de cette cinétique puisque le niveau de température, la direction et la force des vents (vents faibles de secteur Nord en début de période, puis vents plus forts de secteur Ouest) ainsi que les coefficients de marée fluctuent sur la même période.

Le premier constat concernant cette étude est que la variabilité est extrêmement forte sur ces systèmes que ce soit en termes de caractéristiques hydrologiques ou des assemblages piscicoles, à la fois sur le plan spatial et temporel. Si certaines modalités d'évolution ont pu être précisées soit sur le plan spatial (inter- et intra-filandre), soit sur celui de la cinétique tidale, cette étude ne peut prétendre répondre à toutes les questions concernant l'organisation du peuplement piscicole en lien avec des paramètres environnementaux eux-mêmes très variables sur ce genre de systèmes. Pour autant, les assemblages ichtyologiques ne varient pas fondamentalement d'un site à l'autre, à l'intérieur d'une même filandre, comme au cours d'un cycle tidal de 15 jours.

Néanmoins il ressort de cette première approche :

1/ que la bathymétrie constitue un paramètre structurant à la fois sur le plan spatial (à l'échelle intra- et inter-filandre) et temporel (volumes en eau selon l'heure et le coefficient de marée), notamment sur la filandre Harle ; elle structure notamment le degré de pénétration des phases adultes de certaines espèces de poissons (flet, mulot porc) ;

2/ que le cycle tidal Morte-eau / Vive-eau influe fortement sur les niveaux d'abondance de l'ichtyofaune dans les filandres ; sur une majorité de stations, les indices d'abondance numérique tendent à augmenter avec le marnage. Néanmoins il reste une variabilité extrêmement forte pour des coefficients de marée similaires et les mortes-eaux les plus sévères ne sont pas toujours les plus défavorables, au contraire, à l'abondance de l'ichtyofaune ;

3/ la fonctionnalité des filandres apparaît réduite en morte-eau du fait d'un temps d'accès plus court pour la faune circulante et de la réduction spatiale des zones de nourricerie latérales ;

4/ le phasage de la vive-eau vers la morte-eau (marée décroissante) et de la morte-eau vers la vive-eau semble affecter les résultats relatifs à la faune piscicole même si cela reste à confirmer sur des séries d'échantillonnage plus longues afin de neutraliser l'influence d'autres paramètres environnementaux tels que les conditions météorologiques. Il est possible que l'appel trophique vis-à-vis de l'ichtyofaune généré par les filandres se mette en place en condition de vive-eau alors que le schorre et les fonds de filandres sont inondés et que les espèces fourrages qui les colonisent les hauts-niveaux soient emportés par la masse d'eau circulante ; cet appel perdure en perdant progressivement de son intensité en allant vers les mortes-eaux, mais ne se renouvelle que petit à petit de la morte-eau vers la vive-eau au fur et à mesure que les hauts niveaux sont recouverts par la marée.

V. REFERENCES CITEES

- Delsinne N., 2005. Evolution pluri-millénaire à pluri-annuelle du prisme sédimentaire d'embouchure de la Seine. Facteurs de contrôle naturels et d'origine anthropique. *Thèse de Doctorat, Université de Caen* : 179p.
- De Roton G., Balay P., Berno A., Gesland R., Le Thoer D., Hanin C., Vignot C., 2009. Suivi des populations de crevettes et des ressources halieutiques dans l'estuaire de la Seine – Année 2009 : suivi de la ressource halieutique en milieu intertidal. *Rapport d'achèvement des campagnes de l'étape C pour le Grand Port Maritime du Havre* : 10p.
- De Roton G., C. Vignot, S. Duhamel, A. Berno, P. Balay, C. Hanin, T. Lefrançois & N. Richard, 2009. Suivi des populations de crevettes et des ressources halieutiques dans l'estuaire de la Seine. Rapport de synthèse annuelle – Année 2008. *Rapport CSLN/ GPMH, 125p. + annexes.*
- Duhamel S., 2002. Les peuplements piscicoles intertidaux de l'estuaire de la Seine – Premiers résultats dans les chenaux transverses de la rive nord – Campagne d'août 2001. *Rapport CSLHN / Port Autonome du Havre, Marché 01.041, 10 p.*
- Duhamel S., G. de Roton, S. Mayot, B. Potel & E. Feunteun, 2002. Halieutique : populations, peuplements et habitats. Première année d'étude dans l'estuaire 'marin' : Composition et structuration spatio-temporelle des communautés de poissons, approche du cycle biologique de la crevette grise. *Rapport final 2001 CSLHN- Université de Rennes I / Programme Seine Aval II, 26p.*
- Elliott M. & F. Dewailly, 1995. Structure and components of European estuarine fish assemblages. *Neth. J. Aquat. Ecol.*, 29 (3-4) : 397-417.
- Laffaille P., 2000. Relation entre l'ichtyofaune et les marais salés intertidaux : le cas de la baie du Mont Saint-Michel. *Thèse de l'Université de Rennes I*, 250 p.
- Leleu W., 2005. Etude du régime alimentaire du bar *Dicentrarchus labrax* dans les filandres et les milieux profonds de l'estuaire de la Seine. *Rapport de stage volontaire à la CSLN, 19p.*