

Organisation spatiale et fonctionnelle de la mosaïque d'habitats pour les poissons benthodémersaux de l'estuaire de Seine

Eric Durieux

Responsable : Anik Brind'Amour (Ifremer Nantes, EMH)
Co-responsable : Jocelyne Morin (Ifremer Port en Bessin, LRH)

18 janvier 2010

Département Ecologie et Modèles pour l'Halieutique, Centre IFREMER de Nantes



SOMMAIRE

A. Rappel du sujet et des objectifs généraux.....	1
B. Bilan des activités.....	2
B. 1. Travaux de recherche.....	2
♦ B. 1. 1. Analyse de données historiques :.....	2
♦ B. 1. 2. Utilisation de marqueurs naturels.....	4
➤ B. 1. 2. 1. Parasites	6
➤ B. 1. 2. 2. Isotopes stables du Carbone et de l'Azote	7
➤ B. 1. 2. 3. Microchimie des otolithes	10
B. 3. Co-encadrement de stagiaire :	10
B. 4. Formation :	11
B. 5. Campagnes à la mer :	11
B. 6. Participation à réunions de projet et séminaire :	11
C. Objectifs du renouvellement (6 mois) :	11
C. 1. Valorisations prévues :	11
C. 2. Participation congrès :	12
Bibliographie	13

A. Rappel du sujet et des objectifs généraux

Les nourriceries côtières-estuariennes se composent de multiples habitats tels les fonds sablonneux, vasières, chenaux de marée, zones subtidales ou intertidales. En répondant aux différents besoins écologiques des espèces pour notamment assurer leur survie et optimiser leurs principales fonctions biologiques, cette variabilité des habitats favorisent le recrutement et la diversité au sein de ces écosystèmes. La majorité des recherches portant sur les nourriceries se concentrent sur un type d'habitat (e.g. vasière) en s'abstenant de considérer les habitats voisins, négligeant ainsi les interactions potentielles entre habitats et leur fonctionnement commun. La focalisation sur un seul type d'habitat ou la comparaison d'habitats un à un permettent difficilement d'expliquer les variations spatio-temporelles des espèces ou quelle est l'influence par exemple de la modification (naturelle ou anthropique) d'un habitat sur le fonctionnement global et/ou la biodiversité des nourriceries. En s'appuyant sur des données anciennement (1995-2002) et récemment (2008) collectées sur la nourricerie de l'estuaire de la Seine, ce projet de post-doctorat a pour but de contribuer au développement d'une typologie fonctionnelle de la mosaïque d'habitats le long du gradient côtier estuarien de l'estuaire de Seine et d'évaluer l'impact de l'organisation spatiale (i.e. connectivité) des différents habitats de l'estuaire/baie de la Seine sur la structure et le fonctionnement des peuplements de poissons benthiques et démersaux de cet écosystème.

Objectifs spécifiques :

- Étudier l'évolution spatio-temporelle du couplage entre les communautés de poissons benthos-démersaux en rapport avec les communautés d'invertébrés benthiques et les sédiments (1995-2002) en baie de Seine
- Analyser la distribution spatiale et l'utilisation de différents habitats de trois espèces de poissons plats (plie, sole, solenette) (campagne 2008) par marqueurs naturels (isotopes stables C et N, microchimie des otolithes et parasites) à l'échelle de la baie de Seine

Ce sujet de post-doctorat (co-financement IFREMER et GIP Seine-Aval) est intégré au programme COLMATAGE.

Programme COLMATAGE (financement GIP Seine-Aval)

Couplages bio-morpho-sédimentaires et dynamique à long terme des habitats et peuplements benthiques et ichthyologiques en Seine aval

Coordonnateur : Jean-Claude DAUVIN, FRÉ 2816 ELICO, Station Marine de Wimereux

Résumé :

Cette proposition pluridisciplinaire associant 7 équipes de scientifiques dont six ayant participé au programme Seine-Aval se donne cinq objectifs principaux:

1. Recensement des données existantes sur le territoire de la partie orientale de la baie de Seine et l'estuaire aval jusqu'à la Risle : sédimentologie, ichtyofaune et bancarisation de ces données comme cela vient d'être fait au niveau du macrobenthos dans MABES2 (ceci sera réalisé de concert avec les éléments déjà bancarisés au GIP SA).
2. Analyse conjointe des évolutions morpho-sédimentaires (confrontation avec les résultats des modèles) et celles des habitats et peuplements benthiques et ichthyologiques intertidaux et subtidaux.
3. Définition d'une typologie des habitats marins estuariens dans le gradient bio-sédimentaire de la baie de Seine (projet conjoint avec les études sur les extractions de granulats).
4. Proposition à terme d'une stratégie d'observation de cette partie orientale de la baie de Seine de l'estuaire pour le compartiment sédiment/faune benthique et démersale au delà de SA4 c'est à dire pour au moins 2025 (date des analyses de prospectives actuelles).
5. Utilisation de la connaissance de la dynamique des habitats et peuplements pour décrire leur évolution probable en fonction des scénarios d'aménagements de l'estuaire ou des variations des forçages climatiques, qui sera concrétisé dans la seconde phase du projet (2010-2012).

Sont concernées dans ce projet : i) la bancarisation de l'existant (déjà faite pour la partie macrobenthos), ii) sa valorisation croisée de façon à décrire les évolutions spatio-temporelle morpho-sédimentaires et celles des habitats et peuplements benthiques au cours des trente dernières années, iii) la réalisation de nouvelles campagnes communes, leurs analyses conjointes avec d'autres réalisées sur le même territoire dans le cadre d'autres opérations (suivi Port 2000, dragages et dépôts de dragage Kannick et Octeville, granulats), iv) l'analyse expérimentale des processus fins du rôle des structures biogéniques dans les processus de sédimentation, v) une cartographie typologique des principaux habitats de la baie de Seine, vi) un protocole de suivi à long terme du couple sédiment/peuplements à l'échelle du territoire de la seine aval. et enfin vii) des simulations prospectives de l'évolution des habitats et peuplements, à l'aide d'expertises et de modèles numériques validés sur des scénarios rétrospectifs.

B. Bilan des activités

Ce rapport fait état des différentes activités réalisées depuis le début du contrat de la formation post-doctorale (02/03/09 : i.e. à 10 mois et demi) en terme des travaux de recherche, de co-encadrement de stage, de formation, de réunion de projet et de campagne à la mer.

B. 1. Travaux de recherche

♦ B. 1. 1. Analyse de données historiques :

En vue de l'analyse de l'évolution spatio-temporelle des communautés de poissons benthodémersaux en rapport avec les compartiments benthos et sédiments, une première étape a été de définir des stations de référence sur la base de l'échantillonnage poisson. Les données poissons ont été disponibles dès le début du post-doctorat. Ainsi un groupement des différents traits de chalut effectués sur la période 1995-2002 a été réalisé par classification hiérarchique basée sur les distances euclidiennes (limite définie), le centre de gravité de ces groupes a été déterminé et les stations de référence présentant un trait pour chaque année de la série historique ont été sélectionnées (Fig. 1). Une méthode d'attribution automatique de points à des stations de référence par rapport à une distance définie et évitant les doublons a ainsi été développée.

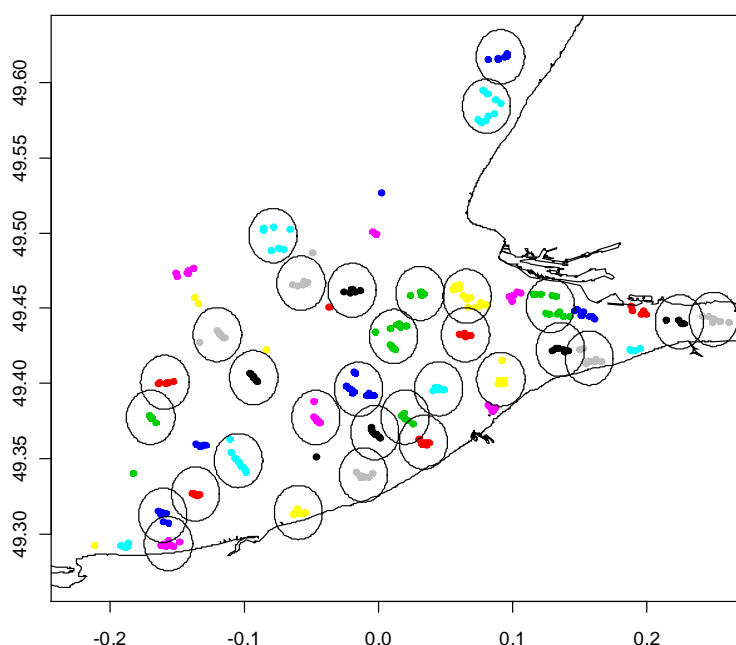


Figure 1. Regroupement par classification hiérarchique basée sur les distances euclidiennes des traits de chalut réalisés pour l'échantillonnage des poissons benthodémersaux en estuaire de Seine (1995-2002) et détermination des stations de référence.

Les données de benthos ont été disponibles en juillet 2009, quand aux données sédiments, elles ne l'ont été qu'en décembre 2009. Des tests de chevauchement d'emprise spatiale ont pu être réalisés entre les différents jeux de données (i.e. avec les données benthos Fig. 2). Ces tests montrent qu'il sera difficilement envisageable d'effectuer une analyse combinée avec station de référence sur la totalité de la baie de Seine en couplant les différents jeux de données. Une analyse combinée est toutefois envisageable sur une emprise spatiale qui serait restreinte à l'embouchure de l'estuaire en utilisant des stations de référence identiques pour chaque source de données.

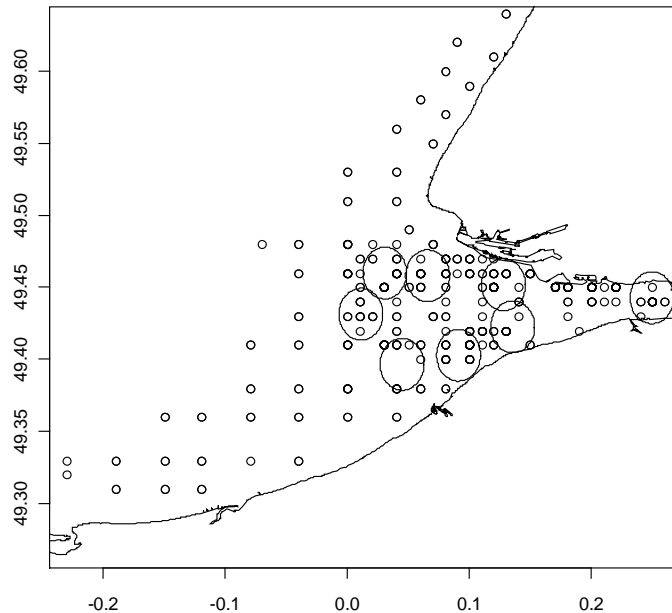


Figure 2. distribution des stations d'échantillonnage de benthos (1996, 2000, 2001 et 2002) avec identification des stations présentes dans un rayon de 2.5 km autour des stations de référence pour les 4 années consécutives (cercles).

Une méthode de couplage de deux tableaux de données à patrons d'échantillonnage spatial différents a donc été mise en place pour l'analyse du couplage spatio-temporelle deux à deux entre les communautés de poissons, de benthos et la sédimentologie des fonds. Cette méthode est basée tout d'abord sur l'obtention d'une mosaïque de polygones par diagramme de Voronoï pour chaque jeu de données (Fig. 3) et par le calcul d'une matrice de voisinage correspondant à l'intersection des polygones des deux jeux de données. Ensuite la méthode du 4^{ème} coin (Brind'Amour et al. Submitted) a été appliquée par le calcul de corrélation entre les variables des deux tableaux pondérée par l'intersection spatiale. Un exemple des résultats du couplage poissons – benthos obtenu par cette méthode est présenté (Fig. 4) pour l'année 1996.

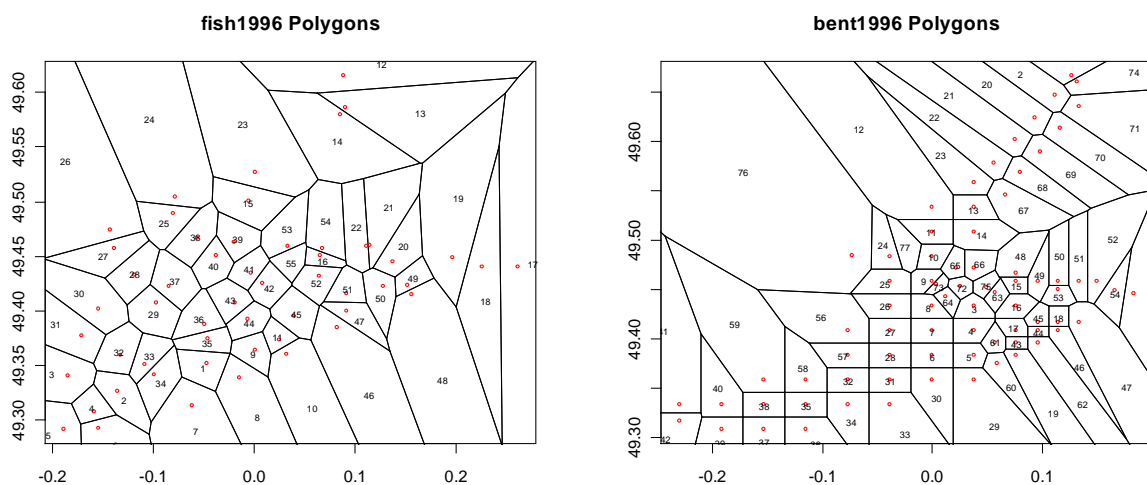


Figure 3. Diagramme de Voronoï pour chacun des jeux de données poissons et benthos pour l'année 1996.

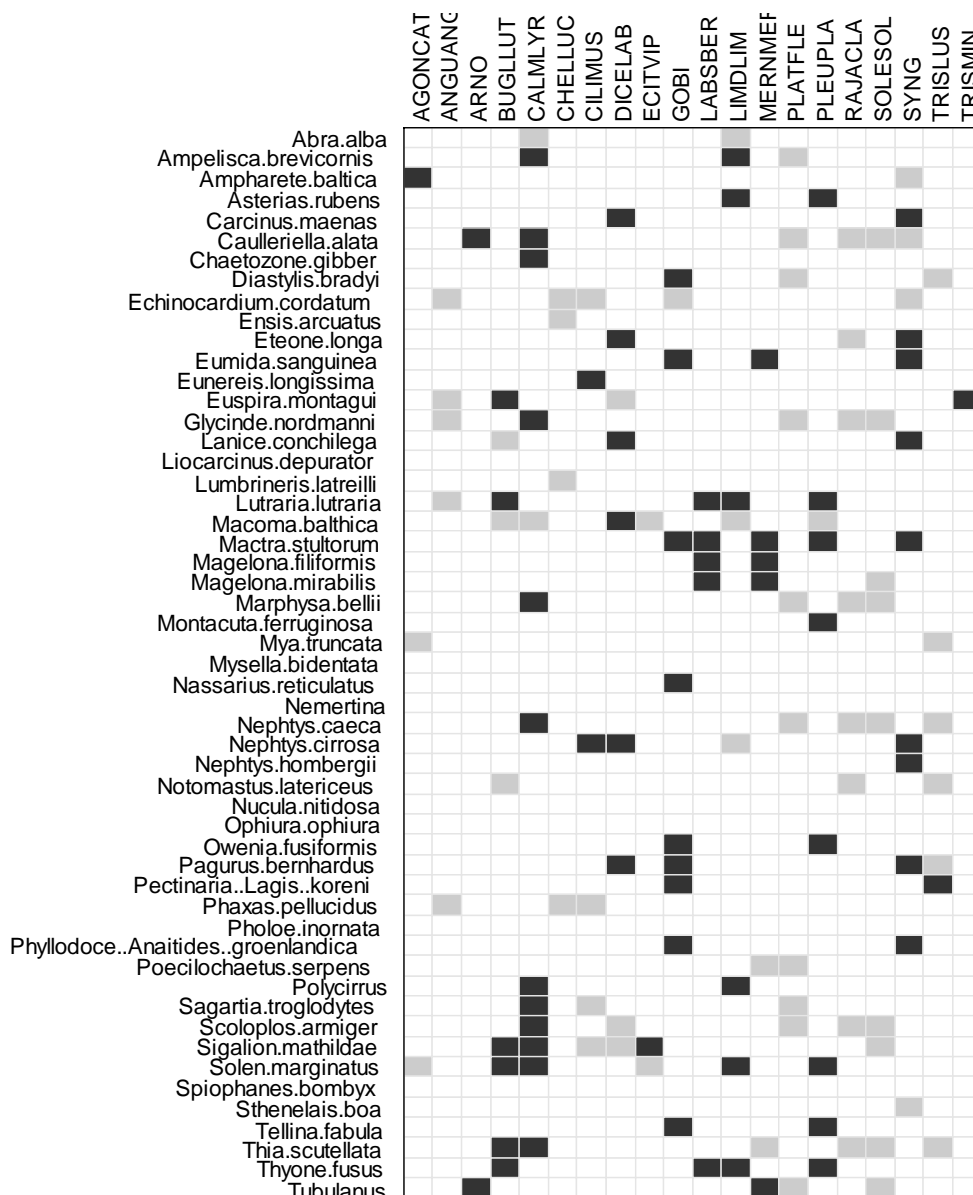


Figure 4. Tableau des corrélations entre espèces de poissons (colonnes) et espèces de benthos (lignes) (noir : corrélation positive significative ; gris : corrélation négative significative).

Cette méthode va être appliquée à toutes les années afin d'appréhender l'évolution temporelle du couplage spatial entre les communautés de poissons, de benthos et la sédimentologie des fonds. Cette approche vise à évaluer la structuration spatiale des communautés afin de mieux définir la mosaïque d'habitats en estuaire – baie de Seine.

♦ B. 1. 2. Utilisation de marqueurs naturels

La méthodologie proposée pour estimer la connectivité entre habitats s'appuie sur l'utilisation de marqueurs naturels. Ces marqueurs consistent en des caractéristiques naturelles des organismes acquises au cours du temps et spécifiques de zones géographiques délimitées. Ces marqueurs permettent ainsi de reconstruire les mouvements des individus: ils agissent comme des « bio-loggers » naturels. Outre le fait que ces marqueurs peuvent s'utiliser à relativement grande échelle spatiale pour estimer des connectivités inter-zones, ils peuvent aussi, dans certains cas, l'être à plus petite échelle spatiale au sein d'une même zone pour affiner les connaissances sur l'utilisation d'un même habitat. Chacun de ces marqueurs a ses propres limitations en terme de résolution spatio-temporelle et méthodologique (Gillanders et al. 2003). Ainsi afin d'améliorer le signal individuel, l'utilisation combinée de plusieurs marqueurs a été

envisagée : microchimie des otolithes, des parasites et les indicateurs trophiques isotopes stables (Carbone et Azote).

Cette étude porte sur 3 espèces de poissons plats (*Solea solea*, *Pleuronectes platessa* et *Buglossidium luteum*) représentatives en distribution spatiale et en utilisation fonctionnelle de l'estuaire – baie de Seine. Les poissons plats sont connus pour être relativement sédentaires et particulièrement liés au fond à la fois en terme d'habitat physique mais aussi en terme de ressources trophiques étant donné qu'ils se nourrissent principalement d'invertébrés benthiques. Les poissons plats sont donc des espèces indicatrices des habitats benthiques particulièrement pertinentes.

Cette étude vise à utiliser la combinaison de marqueurs naturels (i.e. parasites, microchimie des otolithes et isotopes stables C et N) afin d'identifier les zones de résidence des 3 espèces ciblées et la connectivité pouvant exister entre ces habitats (campagne de 2008).

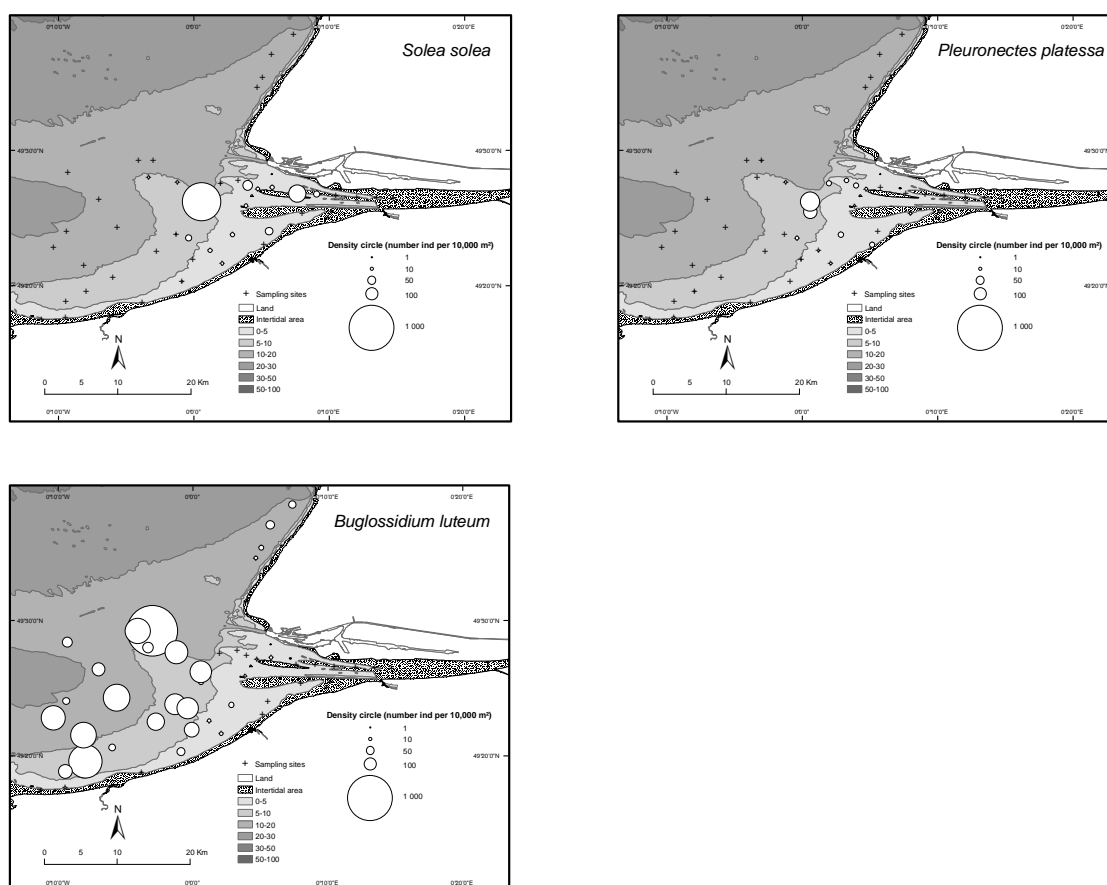


Figure 5. Distribution de l'abondance des trois espèces de poissons plats (*Solea solea*, *Pleuronectes platessa* et *Buglossidium luteum*) en estuaire de Seine au cours de la campagne de septembre 2008.

Distribution des 3 espèces (Fig. 5) : Les échantillonnages halieutiques ont été réalisés du 22 au 27 septembre 2008 à bord du « Côte d'Aquitaine » à l'aide d'un chalut à perche chaîné de 3 m de large (Cp3r) ou 2 m de large (Cp2r) selon les secteurs prospectés, muni d'un racasseur et de maillage 20 mm (maille étirée). 47 stations ont été échantillonnées dans un secteur compris entre Ouistreham et Antifer et s'étendant du pont de Normandie jusqu'à la sonde des 20 m. Les juvéniles de *Solea solea* sont présents à l'entrée et plus en amont dans l'estuaire. Les juvéniles de *Pleuronectes platessa* sont répartis à l'intérieur de la sonde des 10 m au niveau de l'embouchure de l'estuaire et le long de la côte entre le Havre et Ouistreham. Les *Buglossidium luteum* (essentiellement des adultes) sont principalement retrouvés en périphérie de l'estuaire, à l'extérieur de la sonde des 10 m. Ces trois espèces couvrent l'ensemble de la zone étudiée estuaire – baie de Seine.

➤ B. 1. 2. 1. Parasites

Les parasites ont souvent été utilisés comme marqueurs naturels pour étudier la structure des populations de poissons marins (MacKenzie 2005). Le principe sous-jacent à cette technique est qu'un hôte (i.e. poisson) peut être infesté par une espèce de parasite particulier uniquement dans la zone endémique de ce parasite. La zone endémique d'un parasite correspond à la zone géographique où sont présentes les conditions environnementales (principalement température et salinité) et la présence des espèces d'hôte requise pour son cycle de vie. Les communautés de parasites permettent effectivement d'identifier des populations qui se distinguent par des différences de comportement mais entre lesquelles un flux de gènes suffisant subsiste pour qu'on ne puisse les distinguer au niveau génétique (« stock écologique »). Les parasites servent aussi à définir des routes migratoires et peuvent même être utilisés à petite échelle spatiale pour discriminer certains habitats (Durieux et al. 2010).

Les poissons ont tout d'abord été disséqués afin de collecter, compter et identifier les différents taxons de parasites. Cette analyse épidémiologique parasitaire a porté sur un sous-échantillon de plus de 100 individus au total (*Buglossidium luteum* : n = 43 ; *Pleuronectes platessa* = 26 ; *Solea solea* = 41) sur 11 stations. Les individus présentent de très faibles taux d'infestation par les métacercaires de Digènes (Tableau 1) (les plus pertinents pour notre objectif) (Durieux et al. 2010) et l'absence de variabilité spatiale (pas de différences significatives entre stations). Suite à ces premiers résultats l'utilisation de ce marqueur a dû être abandonnée.

Tableau 1. Résultats des paramètres épidémiologiques (prévalence et abondance moyenne) en macroparasites métacercaires de Digènes et copépodes pour *Solea solea*, *Pleuronectes platessa* et *Buglossidium luteum* échantillonnées en estuaire de Seine en septembre 2008.

		Prevalence (%)			Abondance moyenne (nb parasites ind ⁻¹ ± SE) (min - max)		
		<i>B. luteum</i>	<i>P. platessa</i>	<i>S. solea</i>	<i>B. luteum</i>	<i>P. platessa</i>	<i>S. solea</i>
Métacercaires de Digènes	<i>Proserhynchus crucibulum</i>	18.6 %		19.5 %	0.18 ± 0.05 (1 - 1)		0.21 ± 0.07 (1 - 2)
	<i>Timoniella</i> spp.	9.30 %	7.69 %	7.31 %	0.11 ± 0.05 (1 - 2)	0.07 ± 0.05 (1 - 1)	0.09 ± 0.05 (1 - 2)
	<i>Podocotyle</i> sp.	9.30 %			0.11 ± 0.05 (1 - 2)		()
	<i>Digenea</i> sp. X	95.3 %	3.84 %		22.8 ± 3.70 (2 - 126)	0.03 ± 0.03 (1 - 1)	0 ± 0 ()
Copépodes	<i>Bomolochus soleae</i>	4.65 %	3.84 %	43.9 %	0.04 ± 0.03 (1 - 1)	0.03 ± 0.03 (1 - 1)	0.82 ± 0.17 (1 - 4)
	<i>Acanthochondria soleae</i>			2.43 %			0.02 ± 0.02 (1 - 1)
	<i>Lernaeocera lusci</i>			92.6 %			7.87 ± 1.61 (1 - 56)

Note sur l'infestation des G0 de *Solea solea* par *Lernaeocera lusci* :

Cette étude montre cependant que le parasite *Lernaeocera lusci* présente une forte prévalence et abondance chez les G0 de *Solea solea* en estuaire de Seine. Alors que la majorité des copépodes parasites ont un cycle de vie holoxène (un seul hôte), *Lernaeocera lusci* a un cycle de vie hétéroxène à deux hôtes successifs : les stades copépodites infestent spécifiquement *Solea solea* (seule espèce hôte intermédiaire connue) au niveau de la cavité branchiale (dans notre étude principalement observés au niveau de la face interne de l'opercule), ils passent par différents stades et deviennent mâles ou femelles (taille environ 1mm) ; les mâles se détachent pour féconder les femelles puis meurent ; les femelles quittent alors les soles, nagent et infestent activement des Gadidés hôtes définitifs (tacaud,...) en s'implantant profondément au niveau des arcs branchiaux ; les femelles se métamorphosent alors extensivement en un gros sac pouvant atteindre plus d'un centimètre recourbé sur lui-même, qui leur permet de produire de grandes quantités d'œufs ; les œufs donneront ensuite des larves nauplii libres et le cycle recommence avec les premiers stades copépodites qui infestent les soles.

Van Damme et al. (1997) ont mis en évidence la dynamique de l'infestation de *Lernaeocera lusci* dans la zone de l'Oosterschelde (Mer du Nord) avec un cycle à deux générations par an. Ils ont montré chez l'hôte intermédiaire *Solea solea* des prévalences supérieures à 80% toute l'année sauf en mai et des intensités qui présentent un premier pic au printemps et un deuxième à l'automne (allant de 40 à plus de 80 parasites/poisson).

Ce sont des parasites hématophages, c'est à dire qu'ils se nourrissent directement du sang de leur hôte. Les niveaux d'infestation sont particulièrement élevés et les individus présentaient de très nets marque d'inflammation autour des zones d'attachement de ces parasites. La pathogénicité des copépodes Pennelidés a souvent été montrée au niveau des hôtes définitifs (chez les Gadidés en particulier). Cependant l'impact de ces parasites peut aussi se faire ressentir chez les juvéniles. Au vue de ces premières observations, il apparaît que cette infestation peut constituer un facteur de stress potentiel pour les G0 de sole qui sont par ailleurs soumis à de nombreux autres stressseurs aussi bien naturels qu'anthropiques.

➤ B. 1. 2. 2. Isotopes stables du Carbone et de l'Azote

Depuis la découverte de leurs propriétés les ratios isotopiques stables du carbone et de l'azote ($\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$) des tissus mous ont été de plus en plus utilisés pour examiner le mouvement des poissons (Herzka 2005). Le suivi des mouvements par utilisation des isotopes stables repose sur la mise en évidence des changements alimentaires de composition isotopique distincte qu'opèrent les individus après l'arrivée dans un nouvel habitat. La composition isotopique peut ainsi servir de marqueur naturel pour discriminer des stocks de poissons et des migrations entre habitats.

L'ensemble des échantillons de poissons des 3 espèces a fait l'objet d'un prélèvement de muscle dorsal, puis d'une préparation (lyophilisation, broyage, pesée et encapsulage) pour les analyses isotopiques, qui ont été réalisées en sous-traitance par le laboratoire SINLAB (University of New Brunswick).

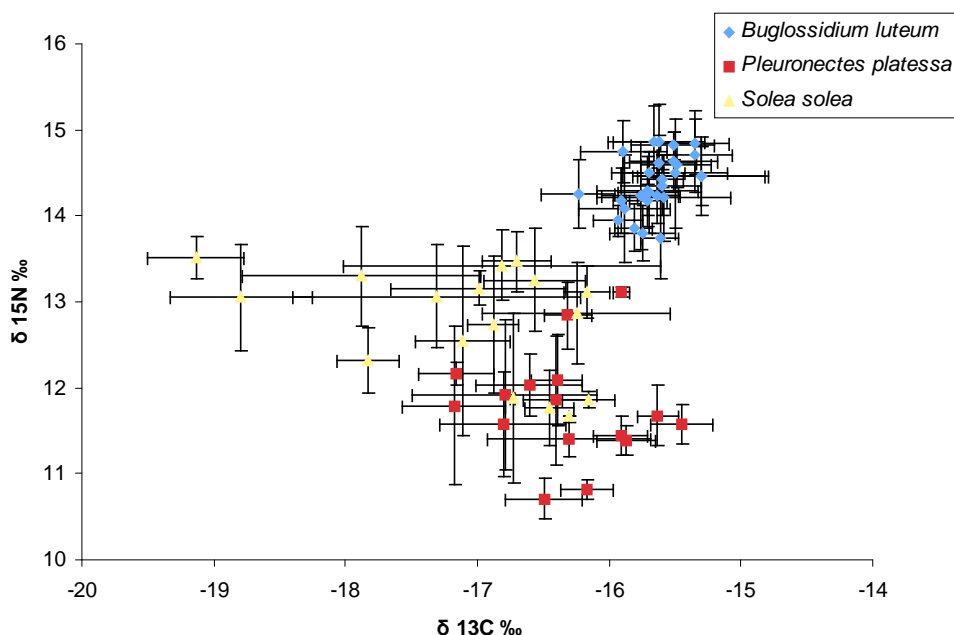


Figure 6. moyenne (\pm SD) des signatures en $\delta^{13}\text{C}$ et le $\delta^{15}\text{N}$ pour les trois espèces de poissons plats (*Solea solea*, *Pleuronectes platessa* et *Buglossidium luteum*) suivant les différentes stations échantillonnées en estuaire de Seine en septembre 2008.

Les résultats montrent tout d'abord une relativement bonne discrimination des signatures isotopiques sur le $\delta^{13}\text{C}$ et le $\delta^{15}\text{N}$ entre les trois espèces. On note cependant une plus grande variabilité des signatures pour les juvéniles de la sole et la plie avec un certain chevauchement entre ces deux espèces à la fois au niveau du $\delta^{13}\text{C}$ et le $\delta^{15}\text{N}$. *Buglossidium luteum* se détachent particulièrement bien de par leur enrichissement en $\delta^{15}\text{N}$ du fait que ceux sont des individus plus âgés et leur enrichissement en $\delta^{13}\text{C}$ du fait de leur distribution marine par rapport au deux autres espèces. Ces résultats corroborent de manière générale ceux obtenus en terme de régime alimentaire basé sur les contenus stomacaux (stage M2, Armonie Tous Rius : voir résumé en section B. 3.).

Au niveau spatial, un net gradient estuaire-côtier est observé au niveau du $\delta^{13}\text{C}$ pour les soles et plies. Les signatures des individus situés plus en amont de l'estuaire sont appauvries en $\delta^{13}\text{C}$ par rapport à ceux situés plus en aval. Ce gradient sur le $\delta^{13}\text{C}$ est typique des systèmes estuariens : il résulte de la transition amont-aval entre la matière organique terrigène appauvrie en $\delta^{13}\text{C}$ et la matière organique marine enrichie en $\delta^{13}\text{C}$. Sur le $\delta^{15}\text{N}$ un gradient latitudinal relativement prononcé apparaît aussi en particulier pour la sole et la solenette. La taille des individus pourrait potentiellement influencer les signatures isotopiques de l'Azote. Il existe bien une relation entre $\delta^{15}\text{N}$ et taille des individus, cependant celle-ci est de signe différent selon les espèces (e.g. positif pour la solenette et négatif pour la plie), ainsi au lieu d'une influence de facteurs intrinsèques, il semblerait que ce gradient sur le $\delta^{15}\text{N}$ ait bien une réalité environnementale. En milieu naturel, la signature en $\delta^{15}\text{N}$ peut être conditionnée par les apports azotés notamment de l'agriculture ce qui pourrait être une hypothèse à tester suivant les usages au niveau des bassins versants.

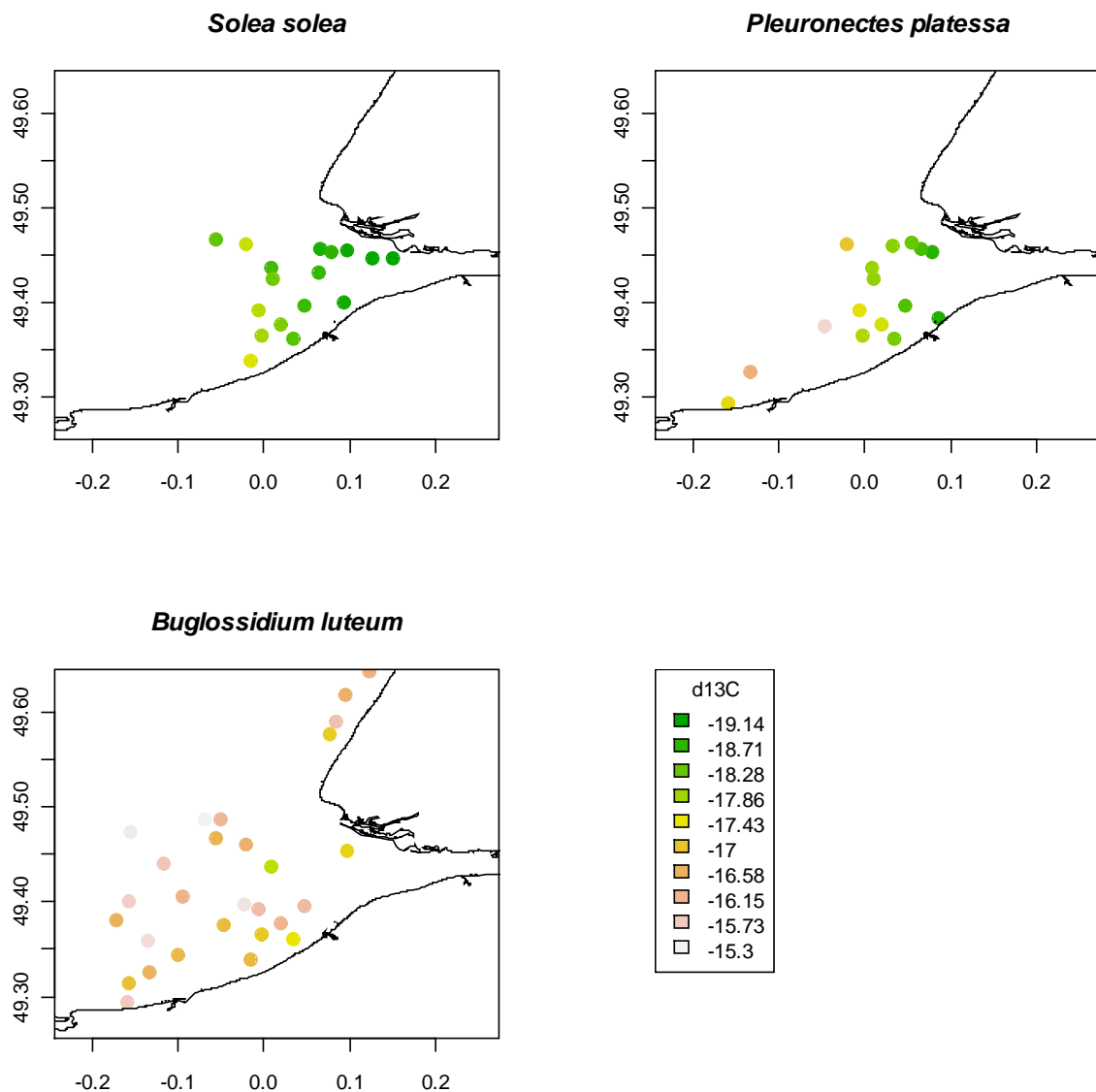


Figure 7. distribution spatiale du $\delta^{13}\text{C}$ moyen pour les trois espèces de poissons plats (*Solea solea*, *Pleuronectes platessa* et *Buglossidium luteum*) suivant les différentes stations échantillonnées en estuaire de Seine en septembre 2008.

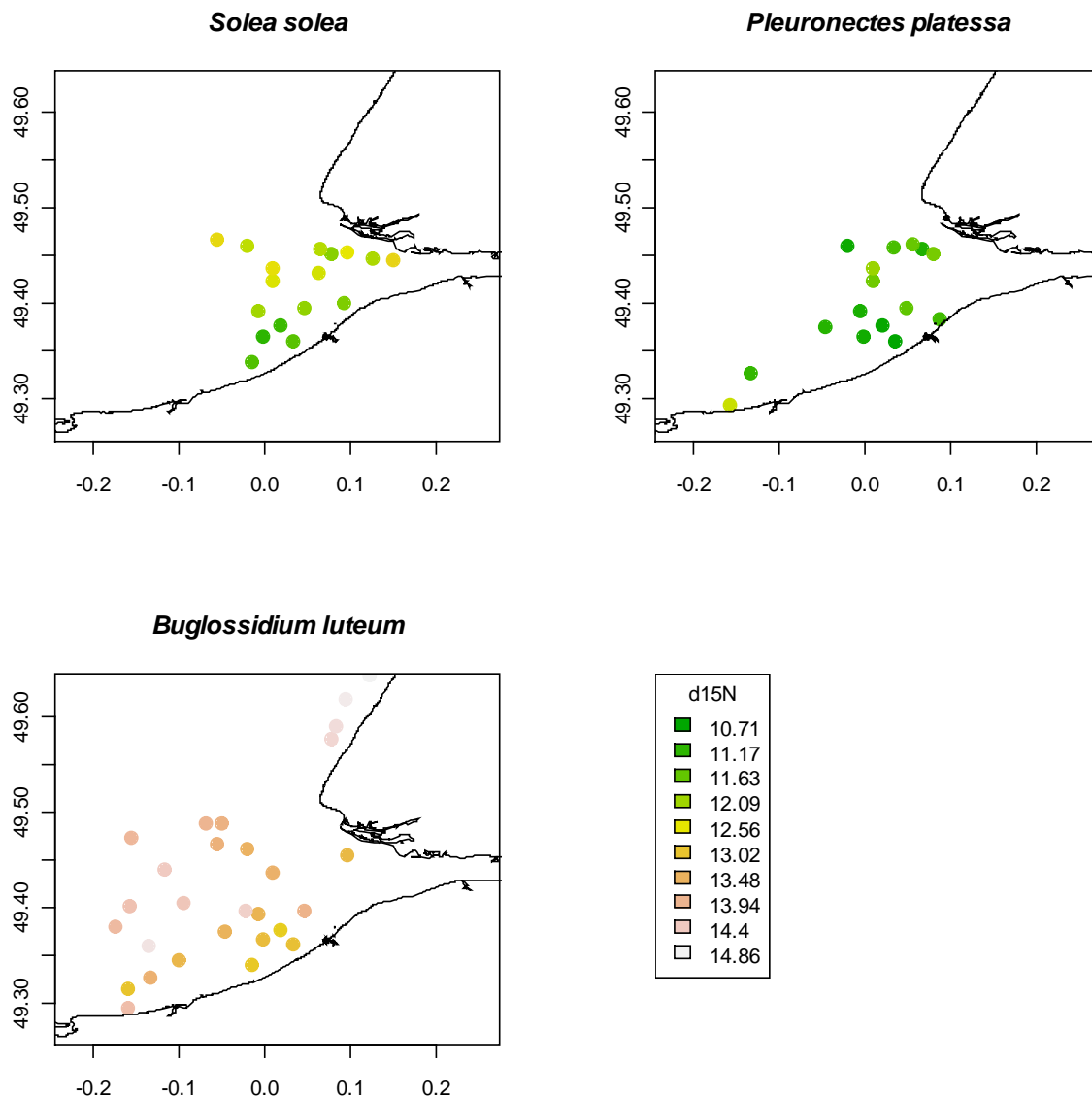


Figure 8. distribution spatiale du $\delta^{15}\text{N}$ moyen pour les trois espèces de poissons plats (*Solea solea*, *Pleuronectes platessa* et *Buglossidium luteum*) suivant les différentes stations échantillonnées en estuaire de Seine en septembre 2008.

Cette étude présente la particularité d'être réalisée à une assez fine échelle spatiale. Ces différences de signatures isotopiques entre certaines zones de l'estuaire (Fig. 7 et 8) pourrait indiquer qu'à l'échelle temporelle du turn-over métabolique du carbone chez ces individus juvéniles de sole et plie (de l'ordre du mois), il n'y aurait pas eu d'échange d'individus entre certaines des zones géographiques de l'estuaire de Seine. Cependant il apparaît encore difficile et surtout prématuré d'inférer sur les déplacements des individus sans connaître la distribution spatiale des signatures isotopiques du C et N à la fois des proies potentielles de benthos endogé (i.e. espèces non mobiles) pour les 3 espèces et du sédiment.

Actuellement les échantillons de benthos endogé et de sédiments sont en cours de préparation à station marine de Wimereux pour des analyses isotopiques programmées à partir de mars 2010 (SINLAB, University of New Brunswick). Ces données futures viendront compléter de manière essentielle cette étude sur la connectivité et d'autre part préciser la contribution des différentes proies au régime alimentaire des trois espèces de manière intégrée. Ces informations sont essentielles pour l'établissement d'une typologie fonctionnelle des habitats des ces trois espèces indicatrices de la communauté de poissons benthodémersaux en estuaire de Seine.

➤ B. 1. 2. 3. Microchimie des otolithes

Les otolithes (ou « pierres de l'oreille ») sont reconnus comme des enregistreurs de données naturelles avec une précision inégalée dans le règne animal. Ces structures métaboliquement inertes grandissent tout au long de la vie du poisson grâce à un processus de dépôt d'aragonite avec formation de structures quotidiennes, saisonnières et annuelles facilement identifiables. De nombreux éléments chimiques sont intégrés au cours du processus d'accrétion de l'otolithe, et cette composition chimique reflète les conditions ambiantes rencontrées par les poissons (température, salinité, la composition chimique de l'eau) (Campana & Thorrold 2001, Elsdon et al. 2008). La composition chimique des otolithes a ainsi été utilisée efficacement pour déterminer l'origine maternelle chez les adultes, la discrimination entre les stocks et les sous-populations, et les schémas migratoires. La composition multi-élémentaire des otolithes peut être déterminée par ICP-MS (Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry). Cette analyse peut se faire soit en solution, le signal est alors intégré sur la vie de l'individu, ou bien par ablation laser sur section d'otolithe en obtenant une chronologie du signal au cours de la vie de l'individu.

La méthodologie pour la microchimie des otolithes a été mise en place pour optimiser la résolution du signal (analyse multi-élémentaire des otolithes de sole et plie par ICP-MS en solution). Les otolithes seront analysés en février 2010 sur l'ICP-MS (Thermo, Element 2) de l'IUEM (Université de Bretagne Occidentale). Sur la base d'une étude de la signature microchimique des otolithes de juvéniles de sole dans le golfe de Gascogne, les éléments ciblés sont notamment : Li, B, Na, Al, Mg, Ca, Mn, Sr, Cu, Ga, Rb, Ba, Mo, Sn, Pb, S, et Zn.

Par ailleurs une collaboration a été lancée avec Kélig Mahé (Pôle de Sclérochronologie IFREMER de Boulogne-sur-mer) afin de procéder à l'âgeage journalier des juvéniles de sole et de plie. Cette analyse permettra de déterminer les paramètres de croissance des individus et comment ces performances individuelles varient dans l'espace et ainsi de tester s'il existe un lien entre ces performances et la disponibilité et quantité de nourriture déterminée parallèlement.

B. 3. Co-encadrement de stagiaire :

J'ai participé à l'encadrement du stage de Master II recherche (Environnement Spécialité Biodiversité et Ecosystèmes Continentaux et Marins 2009, Université du Littoral Côte d'Opale) d'Armonie Tous Rius, sur le sujet « La répartition des ressources alimentaires entre les poissons plats (Pleuronectiformes) de l'estuaire de Seine : Etude par analyse des contenus stomacaux » pour la partie analyse des données et rédaction du rapport (54p).

Résumé du rapport de stage :

Le régime alimentaire de trois espèces de poissons plats, *Solea solea*, *Buglossidium luteum* (Soleidés) et *Pleuronectes platessa* (Pleuronectidés), a été étudié afin d'observer le partage des ressources alimentaires entre leurs juvéniles dans les aires de nourriceries de la baie et de l'estuaire de Seine. Ces trois espèces ont une distribution spatiale différente (essentiellement influencée par la bathymétrie). Elles présentent le même régime alimentaire (annélides polychètes, mollusques et crustacés), mais leurs préférences alimentaires sont différentes. La sole commune, *S. solea*, consomme principalement des polychètes ; la petite sole jaune, *B. luteum*, présente une alimentation diversifiée (polychètes, mollusques et crustacés), tandis que la plie, *P. platessa*, se nourrit essentiellement de mollusques et de polychètes. Cette étude a également démontré une variabilité spatiale du régime alimentaire de ces espèces de poissons plats. Elles ont une alimentation de type opportuniste, adaptant leur alimentation en fonction de la disponibilité des proies qui varie selon la zone étudiée. De plus, leurs rythmes alimentaires sont différents : les deux Soléidés sont particulièrement actives durant la nuit et le pleuronectidé durant le jour. Les différences de distributions spatiales, de préférences et de rythmes alimentaires semblent limiter les éventuelles interactions qui peuvent exister entre ces espèces.

B. 4. Formation :

J'ai suivi la formation interne IFREMER « Outils statistiques », (module 3 : 10-11/09/09 ; module 4 : 12-13/11/09 ; soit 28 heures de formation) dispensée par l'ENITIAA de Nantes. Au cours de ces modules, j'ai pu aborder les méthodes statistiques d'analyse de données multidimensionnelles : Analyse en Composante Principale, Analyse Factorielle Discriminante, classification automatique, Analyse Factorielle des Correspondances, Analyse Canonique et Régressions PLS. Cette formation m'a permis de développer mes compétences en analyses de données de manière générale et pour appliquer directement ces méthodes dans le traitement statistique des données du projet de post-doctorat.

Par ailleurs, je me suis auto-formé sur le logiciel statistique R. Il s'agit d'un logiciel accessible librement qui est composé d'un langage de programmation et d'un environnement mathématique utilisés spécifiquement pour le traitement de données et l'analyse statistique.

B. 5. Campagnes à la mer :

J'ai eu l'occasion de participer à deux campagnes côtières à l'automne 2009 :

- NURSE 2009 (26/08/09 – 04/09/09) à bord du Gwenn Drez : échantillonnage de faune benthodémersale des principales nourriceries côtières du golfe de Gascogne.
- COLMATAGE SEINE 2009 (25/09/09 – 30/09/09) à bord du Sépia II : échantillonnage de faune benthodémersale en estuaire et baie de Seine (projet COLMATAGE).

Par ailleurs je vais aussi participer à la campagne HAPLOOPS qui aura lieu du 13/02/10 au 17/02/10 en Baie de Concarneau toujours pour un échantillonnage de faune benthodémersale sur des faciès à *Haploops* spp..

B. 6. Participation à réunions de projet et séminaire :

Dans le cadre de l'avancement du projet COLMATAGE, j'ai participé à 3 réunions (18-19/03/09, 2-3/07/09 et 8-9/11/09) et au séminaire de restitution du GIP Seine Aval (8-9/09/09) à Rouen.

C. Objectifs du renouvellement (6 mois) :

Le renouvellement du contrat permettra de compléter les données déjà acquises en particulier sur la partie marqueurs naturels (B 1. 2. 2. et B 1. 2. 3.) et de finaliser l'obtention des résultats (B 1. 1. et B. 1. 2.). L'objectif des 6 derniers mois de contrat est clairement la valorisation du travail via la rédaction de publications et de participation à des congrès.

C. 1. Valorisations prévues :

3 articles en premier auteur sont en préparation :

- Evolution du couplage poissons – benthos - sédiments données historiques 1995-2002
- Mise en évidence des habitats fonctionnels de la sole, plie et solenette en estuaire de Seine par utilisation de la combinaison de marqueurs naturels (isotopes stables + microchimie otolithes).
- Réseau trophique de la sole, plie et solenette en estuaire de Seine : vers une meilleure définition des habitats fonctionnels

2 articles en co-auteur :

- Spatial distribution of the diet of three potential flatfish competitors in the bay of Seine: *Solea solea*, *Pleuronectes platessa*, and *Buglossidium luteum*.

- Capacité d'accueil de la nurserie de la baie de Seine pour trois espèces de poissons plats : analyse des besoins énergétiques des poissons en relation avec la disponibilité des proies potentielles (

C. 2. Participation congrès :

Une participation au congrès annuel ICES qui aura lieu à Nantes en septembre 2010 est prévue. De plus, la participation à un congrès international doit être défini dans les semaines qui viennent.

Bibliographie

- Brind'Amour A, Boisclair D, Dray S, Legendre P (Submitted) Assessment of the relationships between species feeding-oriented traits and environmental conditions for littoral fish communities using three-matrix approaches. Ecological Applications
- Campana SE, Thorrold SR (2001) Otoliths, increments, and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations? Can J Fish Aquat Sci 58:30-38
- Durieux E, Bégout M-L, Pinet P, Sasal P (2010) Digenean metacercariae parasites as natural tags of habitat use by 0-group common sole *Solea solea* in nearshore coastal areas: a case study in the embayed system of the Pertuis Charentais (Bay of Biscay, France). J Sea Res xxx:xxx
- Elsdon TS, Wells BK, Campana SE, Gillanders BM, Jones CM, Limburg KE, Secor DH, Thorrold SR, Walther BD (2008) Otolith chemistry to describe movements and life-history parameters of fishes: hypotheses, assumptions, limitations and inferences. Oceanography and Marine Biology: An Annual Review 46:297-330
- Gillanders BM, Able KW, Brown JA, Eggleston DB, Sheridan PF (2003) Evidence of connectivity between juvenile and adult habitats for mobile marine fauna: an important component of nurseries. Mar Ecol Prog Ser 247:281-295
- Herzka SZ (2005) Assessing connectivity of estuarine fishes based on stable isotope ratio analysis. Estuar Coast Shelf Sci 64:58-69
- MacKenzie K (2005) Parasites as biological tags. In: Rhode K (ed) Marine parasitology. CABI Publishing, Oxon, p 351-355
- Van Damme PA, Geets A, Hamerlynck O, Ollevier F (1997) The suprapopulation dynamics of *Lernaeocera branchialis* and *L. lusci* in the Oosterschelde: seasonal abundance on three definitive host species. ICES J Mar Sci 54:24-31