

**La répartition des ressources alimentaires entre les
juvéniles de poissons plats (Pleuronectiformes) de
l'estuaire de Seine :
Etude par analyse des contenus stomacaux**



TOUS RIUS Armonie

Mémoire de stage de deuxième année de Master Recherche Environnement, Océanologie Biologique, Université de Lille 1.

Tuteurs de Stage :

- M. DAUVIN Jean-Claude, professeur des Universités, Université de Lille 1, Station Marine de Wimereux
- Mme. BRIND'AMOUR Anik, chercheur à l'IFREMER de Nantes
- M. DURIEUX Eric, Post-doctorant à l'IFREMER de Nantes
- Mme. MORIN Jocelyne, chercheur à l'IFREMER de Port-en-Bessin

Remerciements

Je tiens à remercier, Monsieur Jean-Marie Dewarumez, directeur de la Station marine de Wimereux, Monsieur François Schmitt, directeur du LOG et Monsieur André Forest, directeur du département EMH (Ecologie et Modèles pour l'Halieutique) de l'Ifremer de Nantes pour m'avoir accueillie au sein de leur unité de recherche.

Je remercie Monsieur le Professeur Jean-Claude Dauvin, Madame Anik Brind'Amour et Madame Jocelyne Morin pour m'avoir permis de faire ce stage et d'acquérir de nouvelles connaissances dans le domaine benthique et halieutique.

Je tiens également à remercier, Eric Durieux pour son aide et sa patience durant mon séjour à Nantes et Sandrine Alizier qui m'a été d'une grande aide lors de la détermination du benthos.

Un merci tout particulier à Céline, Eric, Olivier et Stella, pour leur joie de vivre, leur gentillesse et pour avoir supporter mes crises de rires et mes pleurs durant ces six mois.

Merci à ma petite jossie, qui est toujours là pour chacun de nous.

Un grand merci à mes parents, qui sont toujours là pour me booster et me soutenir. Merci d'accepter mes choix et mon mauvais caractère.

SOMMAIRE

I. INTRODUCTION GENERALE.....	1
II. MATERIELS ET METHODES	4
II.1. LA CAMPAGNE D'ECHANTILLONNAGE HALIEUTIQUE.....	4
II.1.1. Opérations de chalutages	4
II.1.2. Données recueillies et prélèvements effectués	5
II.1.2.1. Données environnementales.....	5
II.1.2.2. Données hydrologiques	5
II.1.2.3. Données biologiques	6
II.1.2.4. Prélèvements pour l'étude des relations trophiques.....	6
II.2. ETUDE DU REGIME ALIMENTAIRE	6
II.2.1. Travail au laboratoire	6
II.2.2. Analyse des données	7
II.2.2.1. Etude du régime alimentaire.....	7
II.2.2.2. Partage des ressources alimentaires.....	8
III. RESULTATS	9
III.1. DISTRIBUTION DES TROIS ESPECES DE POISSONS PLATS	9
III.2. STRATEGIES ALIMENTAIRES DES TROIS ESPECES A L'ECHELLE DE LA BAIE DE SEINE	12
III.2.1. Grande consommatrice de polychètes : <i>Solea solea</i>	14
III.2.2. Un régime alimentaire diversifié : <i>Buglossidium luteum</i>	14
III.2.3. Un régime alimentaire « Mollusques – Polychètes » : <i>Pleuronectes platessa</i>	14
III.3. VARIABILITE SPATIALE DU REGIME ALIMENTAIRE DES TROIS ESPECES	15
III.3.1. Variabilité spatiale par strate	15
III.3.2. Variabilité spatiale par station.....	17
III.3.2.1. Dominance des polychètes dans le régime alimentaire de <i>Solea solea</i>	17
III.3.2.2. Le régime alimentaire de <i>Buglossidium luteum</i>	18
III.3.2.3. Dominance des mollusques et des polychètes dans le régime alimentaire de <i>Pleuronectes platessa</i>	19
III.4. VARIABILITE INTRA SPECIFIQUE DU REGIME ALIMENTAIRE (EN FONCTION DE LA TAILLE DES INDIVIDUS)	20
III.4.1. Les deux plus petites espèces : <i>Solea solea</i> et <i>Buglossidium luteum</i>	21
III.4.2. La plie : <i>Pleuronectes platessa</i>	21
III.5. VARIABILITE DU RYTHME ALIMENTAIRE DES JUVENILES DES TROIS ESPECES.....	22
III.5.1. Un régime alimentaire principalement nocturne : <i>S. solea</i> et <i>B. luteum</i>	22
III.5.3. Un régime alimentaire supposé diurne et crépusculaire : <i>P. platessa</i>	23
III.6. LE PARTAGE DES RESSOURCES ALIMENTAIRES.....	24
III.6.1. La largeur des niches alimentaires (Shannon-Wiener)	24
III.6.2. Le chevauchement des niches alimentaires	25
IV. DISCUSSION.....	25
IV.1. LA REPARTITION SPATIALE DES JUVENILES DE <i>SOLEA SOLEA</i> , <i>BUGLOSSIDIUM LUTEUM</i> ET <i>PLEURONECTES PLATESSA</i> DANS LA BAIE DE SEINE.....	26
IV.2. LE REGIME ALIMENTAIRE DES JUVENILES DE <i>SOLEA SOLEA</i> , <i>BUGLOSSIDIUM LUTEUM</i> ET <i>PLEURONECTES PLATESSA</i> DANS L'ESTUAIRE DE SEINE.	27
IV.2.1. La morphologie du tractus digestif et le comportement alimentaire	27
IV.2.2. La variabilité spatiale du régime alimentaire et l'utilisation de la macrofaune benthique par les poissons.....	29
V. CONCLUSION.....	31
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	32

I. INTRODUCTION GENERALE

Les écosystèmes côtiers et estuariens jouent un rôle essentiel de part leurs fonctions naturelles et sont extrêmement riches d'un point de vue biologique. Costanza *et al.* (1997), lors d'une étude destinée à estimer les services rendus par la nature à l'homme, considèrent cet écotone comme hautement productif et hébergeant la plus grande partie des ressources marines de la planète. Ces habitats côtiers et estuariens ont un rôle primordial dans le renouvellement des ressources halieutiques. En effet, de nombreuses espèces de poissons et d'invertébrés passent au cours de leur cycle biologique (période juvénile) par ces milieux peu profonds, restreints et instables qui leurs servent de nourriceries (Koustikopoulos *et al.* 1989, Beck *et al.* 2001, Gilliers *et al.* 2004). Les nourriceries permettent aux juvéniles de trouver des conditions favorables à leur croissance et à leur survie : une nourriture abondante et diversifiée avec une protection contre les prédateurs (Blaber & Blaber 1980, Miller *et al.* 1984, Elliott *et al.* 1990, Gibson 1994, Morin *et al.* 1997, Pihl *et al.* 2002). Le renouvellement des ressources marines est dépendant du stock, de la survie des premiers stades de développement (œufs et larves pélagiques) mais aussi de l'état de santé de la nourricerie (Van der Veer *et al.* 2000). Il est donc important de souligner que l'altération ou la modification des habitats côtiers et estuariens affectent la mortalité des juvéniles et par conséquent, le recrutement et la taille des populations adultes (Abble *et al.* 1999).

Toutefois, malgré leur importance écologique, les écosystèmes littoraux sont exposés à de nombreuses activités humaines. La croissance industrielle a contribué à la dégradation de l'environnement et à de multiples pollutions (chroniques ou accidentelles), comme c'est le cas pour l'estuaire de Seine (Dauvin *et al.* 2006). Cet estuaire est d'ailleurs l'un des estuaires les plus anthropisés de France et de nombreuses études sont réalisées, notamment par le programme Seine-Aval, afin d'observer au cours du temps l'évolution de ses fonctionnalités écologiques dont son rôle en tant que nourricerie pour plusieurs espèces commerciales.

Dans ces milieux côtiers, comme l'estuaire de Seine, les zones de nourriceries sont limitées en surface disponible et sont caractérisées par des facteurs environnementaux favorables à l'installation des juvéniles tels que la faible profondeur (Koustikopoulos *et al.* 1989), la température relativement élevée en été (Riou 1999), un hydrodynamisme modéré, des sédiments fins et vaseux (Lesueur 1999) et une bonne oxygénation (Pihl *et al.* 1991). Dans le cas présent, les zones de nourriceries se concentrent entre le Havre au Nord, Ouistreham au Sud, le Pont de Normandie à l'Est et la sonde des 20 m à l'Ouest (Figure 1).

Par ailleurs, au sein de ces nourriceries, la distribution spatiale des espèces est liée à leur capacité à supporter la dessalure : diminution de la salinité de l'aval vers l'amont du fleuve (Marshall & Elliott 1998).

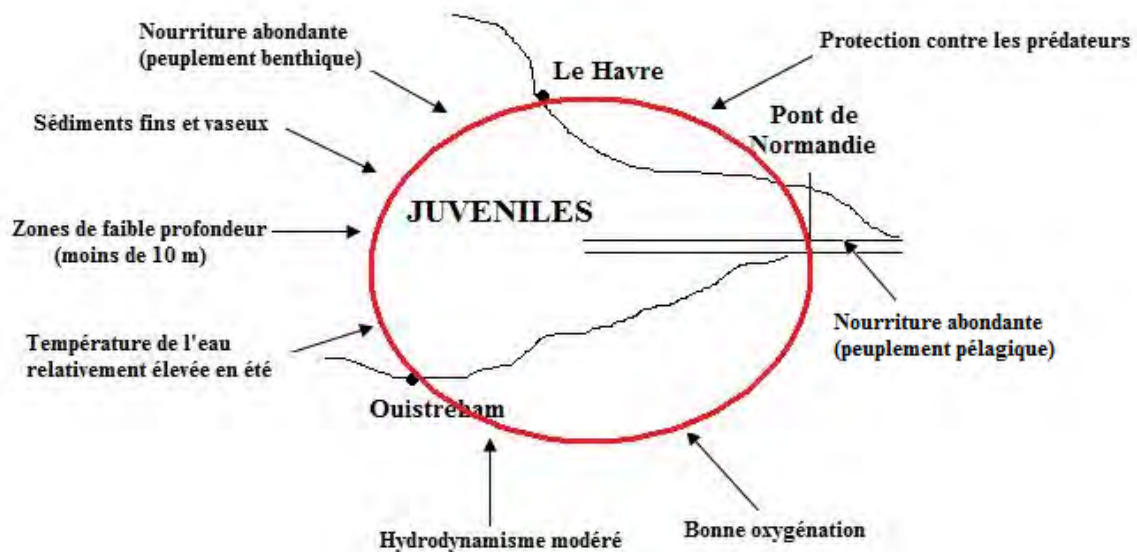


Figure 1. Zones de nourriceries de l'estuaire de Seine.

Dans un contexte de développement durable, l'enjeu aujourd'hui du programme Seine Aval est de restaurer les fonctionnalités environnementales de l'estuaire de Seine. Pour cela, il est nécessaire de caractériser ces différents habitats (par exemple : nourricerie de poissons plats) et d'identifier les peuplements qui en dépendent : c'est l'objectif du projet COLMATAGE. Ce projet a notamment pour but de comprendre la structuration des peuplements piscicoles en relation avec les habitats bio-sédimentaires et les peuplements benthiques. Le présent travail constitue un maillon du projet avec pour objectif d'évaluer les relations trophiques qui peuvent exister entre les populations piscicoles et les peuplements benthiques. Pour évaluer le lien entre la distribution spatiale des espèces et de leurs proies, des analyses de contenus stomacaux et d'isotopes stables (résultats non présentés dans ce mémoire car non disponibles) ont été réalisées sur trois espèces de poissons plats. Parallèlement aux relations trophiques, la comparaison des contenus stomacaux de ces trois espèces a permis d'appréhender les relations interspécifiques.

Cette étude se concentre essentiellement sur trois espèces de poissons plats :

- la sole commune *Solea solea* (L., 1758) (Figure 2) ;
- la petite sole jaune (ou solenette) *Buglossidium luteum* (Risso, 1810) (Figure 3) ;
- la plie *Pleuronectes platessa* (L., 1758) (Figure 4).

Ces trois espèces sont des poissons necto-benthiques qui présentent de fortes abondances dans l'estuaire de Seine, un régime alimentaire basé sur le benthos endogé et leurs juvéniles partagent la même zone de nourricerie. La petite sole jaune *Buglossidium luteum* et la sole commune *Solea solea* sont toutes deux de la famille des Soleidae et ont un rythme et un régime alimentaire similaire (De Groot 1971). La présence des juvéniles de ces trois espèces dans la même zone de nourricerie pourrait conduire dans un contexte de limitation de la ressource benthique à une compétition interspécifique au cours de cette phase critique de leur cycle de vie (Darnaude *et al.* 2001).

L'étude du régime alimentaire de ces trois espèces couplée aux patrons de distribution spatiale de ces espèces et de leurs proies potentielles permettra de tester l'hypothèse d'éventuelles interactions interspécifiques, comme par exemple une compétition pour l'espace ou pour l'alimentation. Pour étudier cette hypothèse, le régime alimentaire des juvéniles des trois espèces de poissons plats, *Solea solea*, *Buglossidium luteum* et *Pleuronectes platessa*, a été analysé dans les zones de nurserie comprises entre le Havre, Ouistreham et le Pont de Normandie.

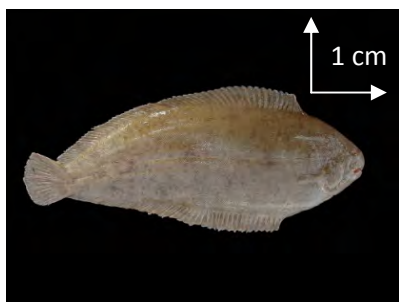


Figure 2. *Solea solea* (Linnaeus, 1758)
(source : <http://www.weblo.com>).

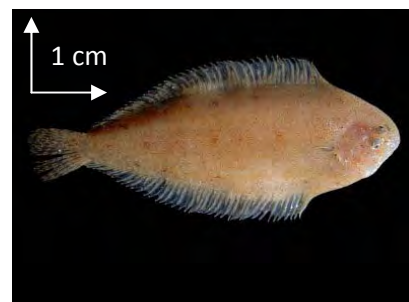


Figure 3. *Buglossidium luteum* (Risso, 1810)
(source: <http://www.practicalfishkeeping.co.uk>).



Figure 4. *Pleuronectes platessa* (Linnaeus, 1758)
(source : <http://www3fishing.net.my>).

Ainsi les objectifs de mon mémoire vont s'articuler selon deux points :

- Une description des régimes alimentaires des juvéniles des trois espèces cibles avec leurs variabilités :
 - ✓ spatiales (à l'échelle des strates et des stations d'échantillonnage) ;
 - ✓ intra spécifiques (en fonction de la taille des individus) ;
 - ✓ en fonction de l'heure de prélèvement dans les zones de nurserie de l'estuaire de Seine.
- Une estimation des possibilités de compétition trophique entre les trois espèces par une analyse du chevauchement des niches alimentaires.

II. MATERIELS ET METHODES

II.1. La campagne d'échantillonnage halieutique

Les poissons étudiés dans ce travail proviennent de la campagne d'échantillonnage halieutique qui a été réalisée du 22 au 27 septembre 2008 à bord du navire océanographique « Côte d'Aquitaine ». Le début de l'automne est une période relativement propice à l'échantillonnage des juvéniles de poissons : les juvéniles ont atteint une taille suffisante pour être retenus dans le chalut à perche (engin de prélèvement), leur migration hivernale vers les eaux plus profondes n'a pas encore été amorcée et la macrofaune benthique (principale source de nourriture des juvéniles) est caractérisée par une forte densité de petits individus et d'espèces de petites tailles présentant une taille adéquate à la bouche des juvéniles de poissons. Cette période a aussi été choisie pour comparer les résultats du projet COLMATAGE avec ceux acquis auparavant pendant les années 1995-2002 dans le cadre des campagnes « nourricerie ».

II.1.1. Opérations de chalutages



L'engin de pêche, utilisé pour la capture des juvéniles de poissons, est un chalut à perche de 2 m de large (Cp2r) ou 3 m de large (Cp3r) muni d'un racasseur (chaîne destinée à gratter le sédiment pour capturer les poissons benthiques) (Figure 5).

Le chalut possède un maillage de 20 mm (maille étirée) qui permet de capturer les individus de petites tailles.

Les chalutages ont été réalisés dans un secteur compris entre Ouistreham et Antifer, et s'étendant du Pont de Normandie à la sonde des 20 m.

Figure 5. Cp3r : Chalut à perche de 3 m de large muni d'un racasseur.

Un total de 47 stations (1 trait/station) a été prospecté avec une durée de 15 minutes pour chaque trait (Figure 6). Ces stations sont réparties en 12 strates (de A à M) considérées comme homogènes d'un point de vue bathymétrique (Figure 6). Ces strates ont été prédéfinies en 1995, par l'équipe de Madame Jocelyne Morin lors d'une première étude sur les nourriceries de la baie de Seine et de l'estuaire de la Seine. A la suite de chaque trait de chalut, des prélèvements à la benne ont été effectués à bord du Côte d'Aquitaine. La faible profondeur de la fosse nord rend cette zone particulièrement difficile d'accès. Un protocole d'échantillonnage différent de celui utilisé dans le reste de la baie a dû y être réalisé : utilisation du Cp2r pendant une durée de 7 à 8 min.

Les paramètres hydrologiques ont été captés à l'aide d'une sonde « Tps S/n 60703 », fixée sur le chalut pour un recueil de données en continu et à l'aide d'une sonde « Ysi ME 312 », mise à l'eau à la fin de chaque trait de chalut pour des données en profondeur et en sub-surface.

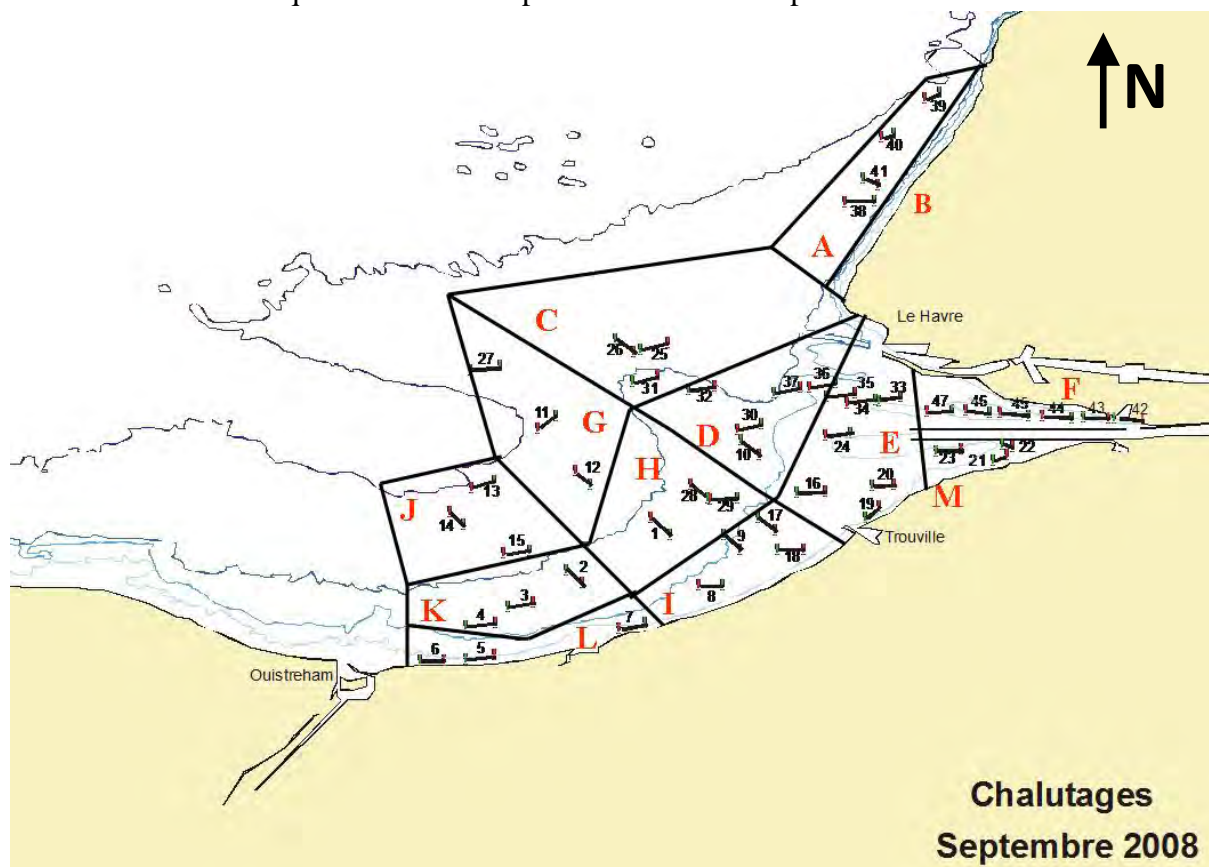


Figure 6. Carte de localisation des traits de chalut et des différentes strates d'échantillonnage (de A à M). Les chiffres indiquent le numéro de chaque trait.

II.1.2. Données recueillies et prélèvements effectués

II.1.2.1. Données environnementales

A chaque trait de chalut, des données environnementales ont été relevées :

- les positions de début et de fin de traîne ;
- la profondeur ;
- les données météorologiques : la direction, la force du vent et l'état de la mer.

II.1.2.2. Données hydrologiques

La sonde « Tps S/n 60703 » a permis d'enregistrer en continu des données de température, de salinité et de profondeur. A la fin de chaque trait, la sonde « Ysi ME 312 » a fourni des données de température, de salinité, de pH, d'oxygène dissous et de turbidité en sub-surface et à l'interface eau-sédiment.

II.1.2.3. Données biologiques

Après chaque trait, le contenu du chalut a été entièrement vidé. Selon la quantité de la capture, le tri a été réalisé sur la totalité ou sur une partie du trait :

II.1.2.3. Données biologiques

Après chaque trait, le contenu du chalut a été entièrement vidé. Selon la quantité de la capture, le tri a été réalisé sur la totalité ou sur une partie du trait :

- Toutes les espèces capturées sont triées, déterminées, comptées et pesées.
- Les poissons plats et les poissons d'intérêt commercial ont été mesurés.
- Des prélèvements à la benne pour une identification du benthos endogé ont été effectués (non présentés dans ce travail).

II.1.2.4. Prélèvements pour l'étude des relations trophiques

Pour étudier les relations trophiques entre les peuplements piscicoles et benthiques, un certain nombre de prélèvements a été réalisé mais compte-tenu de la durée du stage, la présente étude ne porte que sur quelques uns d'entre eux. La description est toutefois effectuée sur l'ensemble des prélèvements afin de souligner l'importance de cette étude dans la globalité du projet:

- Les tractus digestifs (de l'œsophage à l'anus) (Figure 7) ont été prélevés sur des poissons de moins d'un an de trois espèces de poissons plats : - la sole commune *Solea solea*, la plie *Pleuronectes platessa*, la petite sole jaune *Buglossidium luteum* - et d'un poisson démersal - le tacaud *Trisopterus luscus* (Linnaeus, 1758) (pas étudié pour ce mémoire). Un maximum de 10 tractus digestifs par espèce de poisson et par station a été prélevé. Ils ont ensuite été conservés dans une solution de formol salé à 4 %. Les poissons, dont le tube digestif a été retiré, ont été congelés pour un dosage d'isotopes stables (azote et carbone) au niveau de la chair.



Figure 7. Tractus digestif de la petite sole jaune : *Buglossidium luteum* (Risso, 1810).

- Des prélèvements de crème de vase, de sédiment et de benthos endogé ont également été réalisés pour des dosages d'isotopes stables. Ces prélèvements ont été effectués à l'aide d'une benne Schipeck à toutes les stations de chalutage. Un échantillon de crème de vase a été prélevé et congelé avant tamisage sur des mailles de 1 mm à 200 µm. Le sédiment et le benthos ainsi récoltés ont été congelés. Ces prélèvements permettront d'identifier les sources de matière organique utilisées par les poissons. Ces données ne seront pas exploitées dans ce mémoire car les analyses ne sont pas terminées.

II.2. Etude du régime alimentaire

II.2.1. Travail au laboratoire

Un total de 226 individus de *Buglossidium luteum*, de 107 individus de *Pleuronectes platessa* et de 102 individus de *Solea solea* a été examiné pour leurs contenus stomacaux (Tableau 1).

Les tractus digestifs des trois espèces de poissons plats ont été disséqués sous une loupe binoculaire. Ces dissections ont été effectuées sous une hôte aspirante pour respecter les règles Hygiène et Sécurité du laboratoire et éviter les inhalations de formol. Les proies sont déterminées selon leur état de digestion et dénombrées par espèce (ou groupe faunistique) (Molinero & Flos 1991). Aucune biomasse n'a pu être réalisée sur les proies car leur état de digestion était souvent très avancé : c'est notamment le cas des annélides polychètes dont certaines n'ont pas pu être déterminées jusqu'à l'espèce voir le genre ou la famille. Toutefois pour pallier à l'absence de biomasse, des classes de taille ont été réalisées pour chaque type de proies et grâce à la bibliographie et aux données de Sandrine Alizier (doctorante qui travaille sur le projet COLMATAGE et qui analyse la faune benthique de l'estuaire de Seine), une biomasse de poids sec libre de cendre (PSLC) a pu être attribuée aux différents items alimentaires. Pour le cas particulier des annélides, la biomasse du polychète le plus représentatif des tractus digestifs de chaque espèce de poissons a été attribuée aux polychètes indéterminés.

Tableau 1. Nombre et longueur total (mm) des poissons étudiés.

Espèces	Nombre total de tractus digestifs	Nombre de tractus digestifs non vides	Taille moyenne des poissons (mm)	Taille minimale et maximale (mm)
<i>Solea solea</i>	102	86	90,4 mm	70-127 mm
<i>Buglossidium luteum</i>	226	208	89,6 mm	66-119 mm
<i>Pleuronectes platessa</i>	107	102	112,6 mm	60-164 mm

II.2.2. Analyse des données

II.2.2.1. Etude du régime alimentaire

Pour décrire et évaluer les variations spatiales (échelle de la strate et des stations) et intra-spécifique (en fonction de la taille et de l'heure de prélèvement) du régime alimentaire des trois espèces étudiées, la méthode d'analyse suit toujours la même procédure :

- Le premier paramètre analysé est le **taux de vacuité (V(%))**: il correspond au pourcentage de tractus digestifs vides :

$$V(\%) = \frac{N \text{ tractus digestifs vides}}{N \text{ tractus digestifs étudiés}} \times 100$$

- Ensuite, le nombre moyen (Nm) et le poids moyen (Wm) des proies par tractus digestif non vide a été calculé pour chaque espèce de poissons. Le test non-paramétrique Kruskal-Wallis ANOVA a été utilisé pour tester les différences intra et interspécifiques de Nm et de Wm des trois espèces. Par la suite, un test de comparaison multiple *a posteriori* (post-hoc : test de Student-Newman-Keuls) des moyennes a été réalisé.
- Pour finir, comme il existe une importante différence de taille entre les proies ingérées, plusieurs indices proposés par Hureau (1970) ont été calculés pour estimer l'importance des différentes catégories de proies dans le régime alimentaire de chaque espèce :

- ✓ La **fréquence d'occurrence**, notée $F(\%)$, est le pourcentage de tractus digestifs non vides (E) qui contient une catégorie particulière de proie (e_i).

$$F(\%) = \frac{e_i}{E} \times 100$$

- ✓ La **fréquence numérique**, notée $N(\%)$, est la proportion d'une catégorie de proies données (n_i) relié au nombre total de proies consommées (N).

$$N(\%) = \frac{n_i}{N} \times 100$$

- ✓ L'**indice de biomasse**, noté $W(\%)$, représente le rapport entre la somme des biomasses d'une catégorie de proies (w_i) sur la biomasse totale de l'ensemble des proies ingérées (W).

$$W(\%) = \frac{\sum w_i}{W} \times 100$$

- ✓ Le **coefficient alimentaire d'Hureau**, noté Q , donne une appréciation de l'importance relative de chaque catégorie de proie dans le régime alimentaire en combinant l'abondance et la biomasse des proies ingérées.

$$Q = N(\%) \times W(\%)$$

Selon Hureau, les catégories de proies sont considérés comme préférentielles quand $Q \geq 200$, secondaires quand $20 \leq Q < 200$ et comme occasionnelles ou accidentelles quand $Q < 20$. Cependant, l'efficacité de cet indice a souvent été remise en question notamment par Rosecchi & Nouaze (1987) et Tirasin & Jorgensen (1999). En effet, cet indice a tendance à surestimer l'importance des proies car il ne prend pas en compte la fréquence d'occurrence de chaque espèce de proies.

Par conséquent, pour compléter les informations apportés par le **coefficient alimentaire d'Hureau**, l'**indice alimentaire MFI « Main food item »** (Zander 1982) a été calculé. Cet indice présente l'intérêt de regrouper les paramètres de fréquence d'occurrence $F(\%)$, d'abondance $N(\%)$ et de biomasse $W(\%)$ en une seule valeur.

$$MFI_i = \left[\left[\sqrt{\frac{N(\%) + F(\%)}{2}} \times W(\%) \right] / \left[\sum_i (MFI_i) \right] \right] \times 100$$

Cet indice alimentaire a été rapporté à 100 pour chaque item alimentaire et pour chaque espèce prédatrice. Les proies sont classées selon les valeurs de cet indice comme suit (Zander 1982): quand proies préférentielles $MFI > 75$, quand proies principales $51 < MFI < 75$, quand proies secondaires $26 < MFI < 50$ et quand proies accessoires $MFI < 26$.

II.2.2.2. Partage des ressources alimentaires

Pour calculer le chevauchement des niches alimentaires entre chaque paire d'espèces, deux méthodes ont été utilisées :

Tout d'abord, la largeur de la niche alimentaire (B), qui caractérise le spectre de ressource alimentaire utilisé par une espèce de poisson, a été calculée en utilisant l'exponentielle de **l'indice de diversité de Shannon-Wiener**.

$$B = e^{H'}, H' = -\sum p_i \log_2 p_i$$

ou p_i est la proportion en abondance représentée par chaque espèce de proie i .

Ensuite, le chevauchement interspécifique des ressources entre chaque paire d'espèces de poissons a été calculé en utilisant **l'indice de Schoener** (Schoener 1970) :

$$T = 1 - 0,5 \sum |Px_i - Py_i|$$

ou Px_i et Py_i sont les proportions d'abondance totale représentées par chaque espèce de proie i pour toutes les paires de poissons x, y . Cet indice varie théoriquement de 0, quand les deux espèces utilisent des ressources totalement différentes, à 1 quand elles utilisent les mêmes ressources dans les mêmes proportions. Un chevauchement supérieur ou égal à 0,6 est considéré significatif selon Keast (1978).

Cependant, il aurait été préférable pour ces deux indices d'utiliser les biomasses de chaque espèce. En effet, les indices auraient ainsi mieux refléter l'utilisation de nourriture en terme d'énergie. Toutefois, le cas des polychètes indéterminées aurait entraîné un biais dans les résultats. Donc, pour éviter toute erreur, il a été jugé préférable ici de ne travailler que sur les abondances.

III. RESULTATS

Avant d'analyser le régime alimentaire de *Pleuronectes platessa*, de *Buglossidium luteum* et de *Solea solea*, il est important d'observer la distribution spatiale de ces trois espèces à l'échelle de la partie orientale de la baie de Seine.

III.1. Distribution des trois espèces de poissons plats

La distribution spatiale des juvéniles de *Pleuronectes platessa*, de *Buglossidium luteum* et de *Solea solea* n'est pas homogène à l'échelle de la baie de Seine. Cette hétérogénéité spatiale est liée en partie à l'influence de plusieurs facteurs environnementaux tels que la salinité, la bathymétrie, la température ou la couverture sédimentaire. Afin de schématiser la distribution spatiale de chaque espèce de poissons plats, des cartes de répartition de l'abondance des juvéniles ont été réalisées grâce au logiciel Arcgis 9, Service Pack 3.

- **Couverture sédimentaire et profondeur**

La nature des sédiments a une influence sur la distribution spatiale des poissons plats (Gibson 1994). Dans l'estuaire de Seine, il existe une variété de sédiments : cailloutis, bancs de sable propre, sables coquilliers. Cependant son embouchure est caractérisée par des sédiments fins et vaseux (Figure 8). C'est un système très dynamique et la couverture sédimentaire a probablement évolué depuis 1999. La partie orientale de la baie de Seine est caractérisée par de faibles profondeurs (en deçà de la sonde des 10 m).

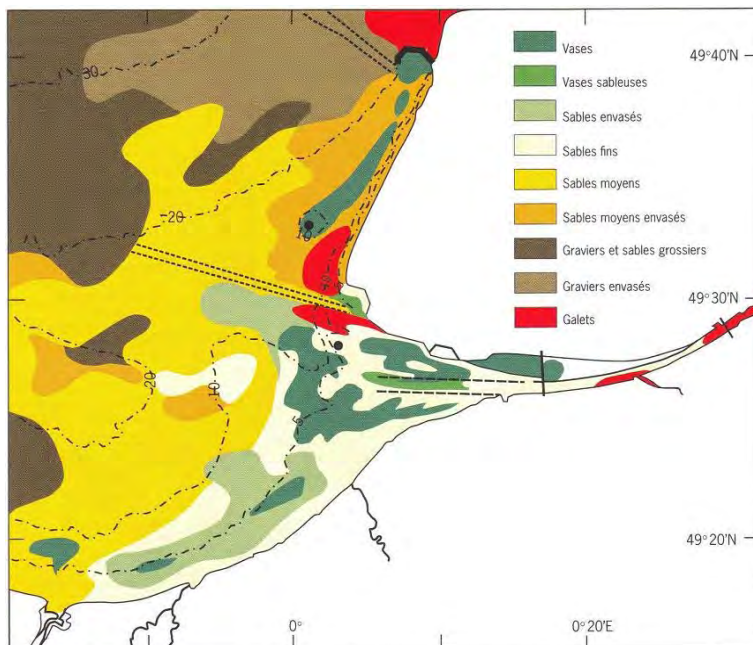
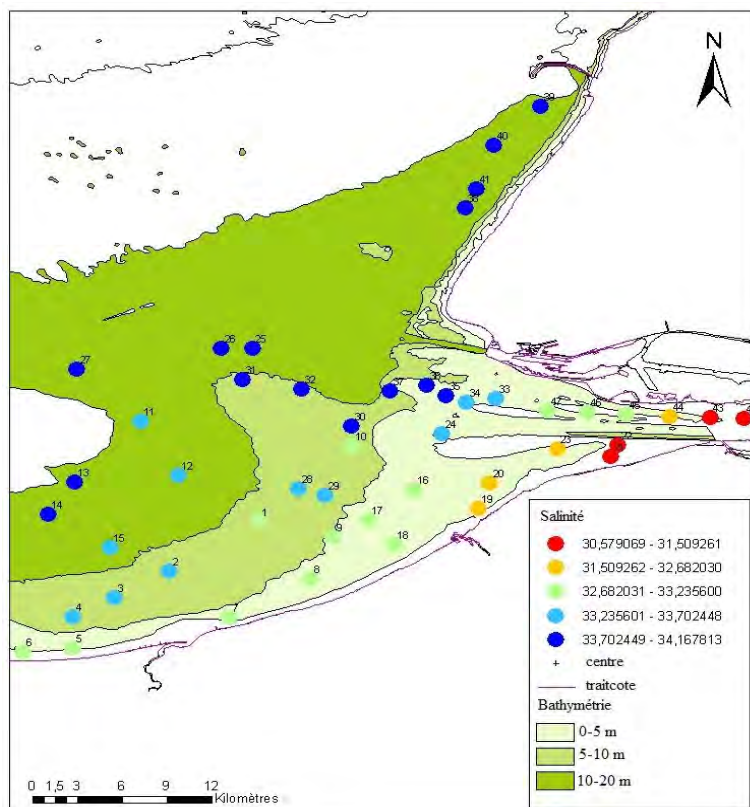


Figure 8. Carte des faciès sédimentaires de la baie de Seine (Lesueur 1999)

• Salinité

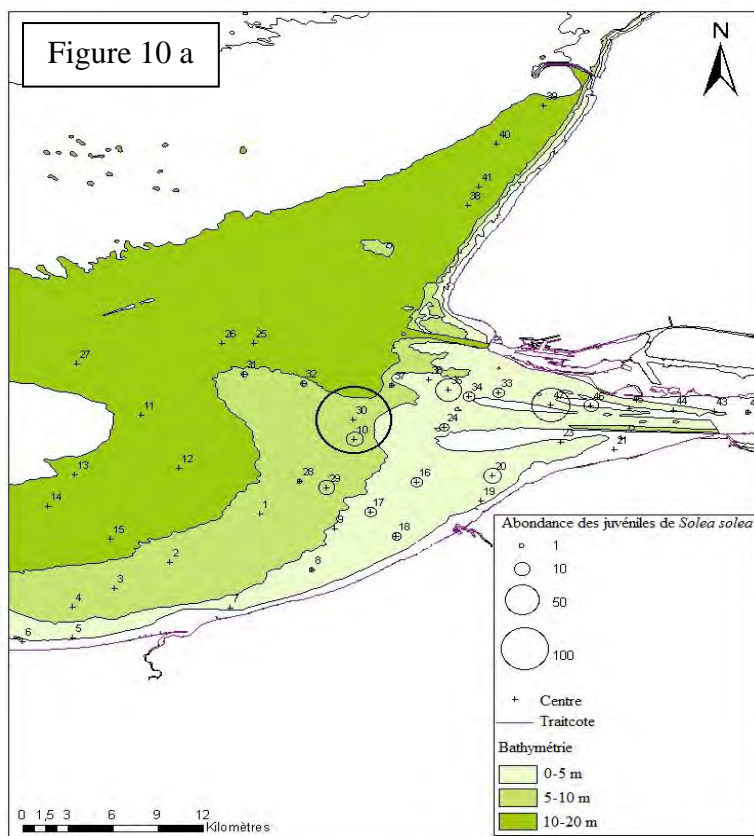


La salinité de la baie de Seine diminue de l'aval vers l'amont de l'estuaire (34,17 à 30,58) (Figure 9) et cette diminution entraîne progressivement la disparition de la faune marine au profit de la faune dulcicole (Dauvin 2002).

Figure 9. Carte de salinité des différentes stations d'échantillonnage de la baie de Seine d'après les mesures récoltées par la campagne COLMATAGE en septembre 2008.

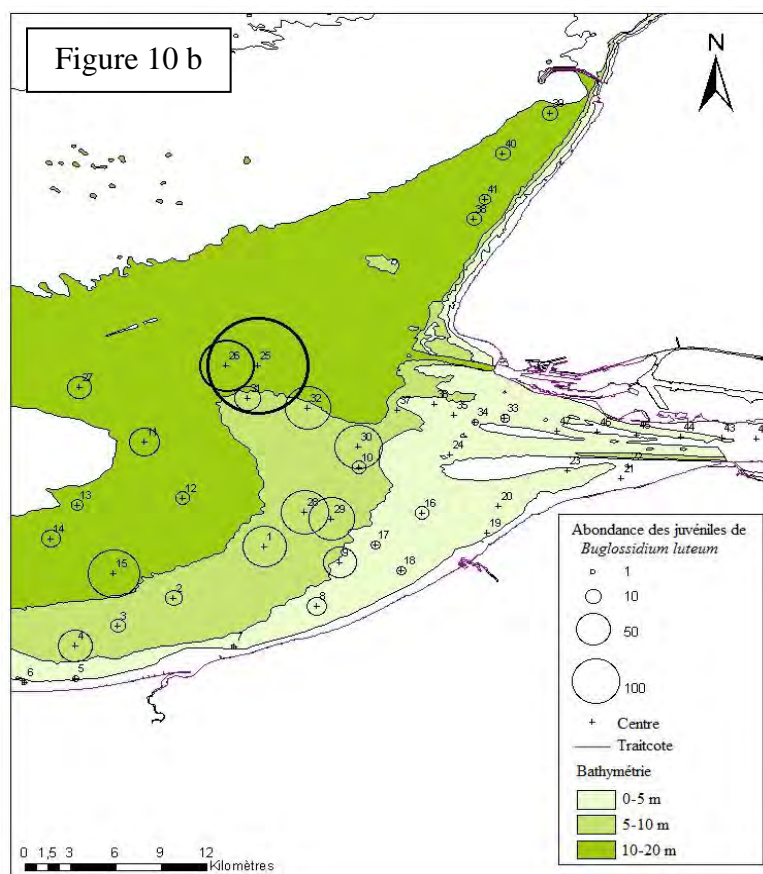
• Répartition spatiale des trois espèces

Les juvéniles de *Solea solea* sont présents à l'entrée et plus en amont dans l'estuaire (station 42 de la fosse Nord) Cette espèce se concentre essentiellement à l'intérieur de la sonde des 10 m (Figure 10a). Ces juvéniles sont les plus tolérants à la dessalure : ils tolèrent de fortes variations de salinité (33,70 à 30,58) (Figure 9).



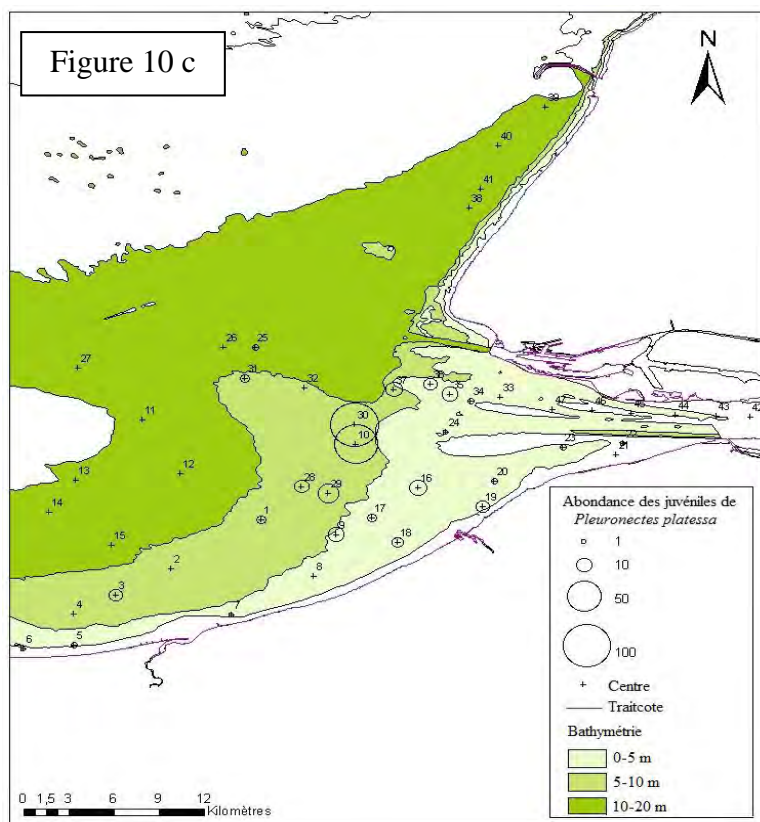
Ils se concentrent sur des fonds sableux à sablo-vaseux (Figure 8) avec une température de l'eau mesurée supérieure à 16,7 °C au fond. La distribution spatiale de cette espèce est faiblement influencée par ces quatre facteurs environnementaux (test de régression de pas à pas Forward avec ajout de variables successif : $R^2_{aj} = 0,051$; 5,1 % de la variabilité spatiale de cette espèce est expliquée par ces quatre facteurs). Parmi ces quatre facteurs, la bathymétrie est le facteur environnemental le plus influant ($R^2_{aj} = 0,022$).

Les juvéniles de *Buglossidium luteum* sont principalement retrouvés en périphérie de l'estuaire (Figure 10b), à l'extérieur de la sonde des 10 m. Ils sont présents sur des fonds sableux et sablo-vaseux (Figure 8). Cette espèce évite les eaux de faibles salinités (< 32,68)



(Figure 9) et est présente dans des zones de température de l'eau supérieure à 16,7 °C au fond. La distribution spatiale de cette espèce est moyennement influencée par ces quatre facteurs environnementaux (test de régression pas à pas Forward avec ajout de variables successif : $R^2_{aj} = 0,200$; 20 % de la variabilité spatiale de cette espèce est expliquée par ces quatre facteurs). Parmi ces quatre facteurs, la bathymétrie est le facteur environnemental le plus influant pour cette espèce ($R^2_{aj} = 0,210$).

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 (Figure 10c). Ils sont présents sur des fonds sableux (Figure 8) avec une température de l'eau



supérieure à 16,7°C au fond. Cette espèce semble être plus tolérante à la dessalure (de 34,17 à 31,51) (Figure 9). La distribution spatiale de cette espèce est faiblement influencée par ces quatre facteurs environnementaux (test de régression pas à pas Forward avec ajout de variables successif : $R^2_{aj} = 0,074$; 7,4 % de la variabilité spatiale de cette espèce est expliquée par ces quatre facteurs). Parmi ces quatre facteurs, la bathymétrie est le facteur environnemental le plus influant pour cette espèce ($R^2_{aj} = 0,022$).

Figure 10. Carte de distribution des abondances des juvéniles de a) *S. solea* b) *B. luteum* et c) *P. platessa*.

La distribution spatiale de ces trois espèces semble être principalement influencée par la bathymétrie : la sonde des 10 m pour les juvéniles de la plie et la sole et la sonde des 10-20m pour les juvéniles de la petite sole jaune. Les juvéniles des trois espèces sont très abondants au niveau de la station 30. Cette station est caractérisée par une salinité élevée ($> 33,70$), des sédiments sablo-vaseux avec une présence par endroit de sables fins et une profondeur en deçà des 10 m (Figure 9). Les sédiments permettent aux juvéniles de s'enfouir pour échapper aux prédateurs et de trouver une grande abondance de proies, elles mêmes nécessitant ce type de sédiments comme habitat préférentiel. La station 30 est localisée dans la zone d'habitat préférentiel des trois espèces car toutes les caractéristiques nécessaires à la croissance de leurs juvéniles sont réunies.

III.2. Stratégies alimentaires des trois espèces à l'échelle de la baie de Seine

Les valeurs du nombre moyen (Nm) et du poids moyen (Wm) des proies par tractus digestif estimées pour les juvéniles de chaque espèce montrent des différences interspécifiques dans leurs stratégies alimentaires (Tableau 2) (Nm : Hobs = 28,48 $>$ Hcrit = 5,99 ; p value $<$ 0,0001 et Wm : Hobs = 23,01 $>$ Hcrit = 5,99 ; p value $<$ 0,0001).

Tableau 2. Moyenne (\pm écart-type, noté SD) du nombre et du poids moyen des proies par tractus digestif pour les juvéniles des trois espèces étudiées. Résultats des Kruskal-Wallis ANOVA avec des comparaisons post-hoc de moyennes (SNK test) ; les lettres similaires indiquent les moyennes qui ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$).

Espèces	Nombre moyen des proies par tractus (SD)	K -W ANOVA ($p < 0,0001$)	Poids moyen des proies par tractus (SD)	K-WANOVA ($p < 0,0001$)
<i>Solea solea</i>	4,25 ($\pm 4,59$)	B	0,004 ($\pm 0,009$)	B
<i>Buglossidium luteum</i>	10,66 ($\pm 8,54$)	A	0,003 ($\pm 0,004$)	B
<i>Pleuronectes platessa</i>	9,51 ($\pm 10,00$)	A	0,008 ($\pm 0,010$)	A

Pour cette étude, *B. luteum* (A) et *P. platessa* (A) ont des nombres moyens de proies par tractus digestif qui ne sont pas significativement différents. *S. solea* (B) et *B. luteum* (B) ont des poids moyens de proies par tractus digestif qui ne sont pas significativement différents. Par la suite, les résultats sont exprimés de la même façon pour chaque étude.

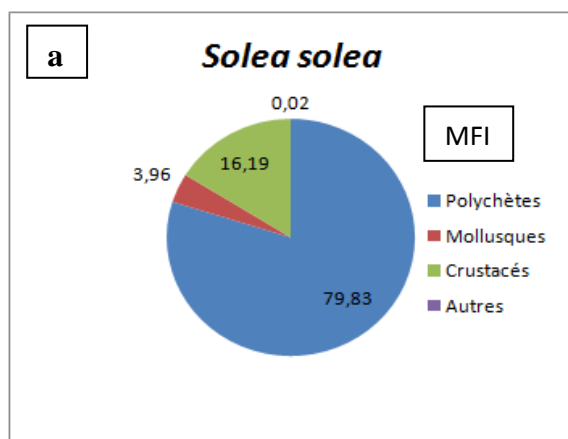
La petite sole jaune *Buglossidium luteum*, avec la plus forte valeur de Nm et la plus faible valeur de Wm, se nourrit d'une grande quantité de petites proies. La plie *Pleuronectes platessa*, présente un Nm élevé et la plus faible valeur de Wm ; elle semble préférentiellement consommer de larges proies. La sole commune *Solea solea*, avec un faible Nm et un Wm intermédiaire, s'alimente de quelques larges proies.

Le régime alimentaire des trois espèces étudiées est principalement composé de trois catégories de proies : polychètes, mollusques et crustacés mais dans des proportions différentes (Tableau 3).

Tableau 3. Régime alimentaire des juvéniles des trois espèces étudiées. F(%), fréquence d'occurrence; N(%), fréquence numérique; W(%), indice de biomasse; Q, coefficient alimentaire d'Hureau et MFI, indice alimentaire « Main food item ».

	<i>Solea solea</i>					<i>Buglossidium luteum</i>					<i>Pleuronectes platessa</i>				
	F(%)	N(%)	W(%)	Q	MFI	F	N(%)	W(%)	Q	MFI	F	N(%)	W(%)	Q	MFI
Polychètes	81,40	57,10	92,01	5254,2	80,44	64,4	11,27	41,54	468,01	32,95	58,82	48,66	42,32	2059,3	45,20
Nemertes	-	-	-	-	-	0,48	0,05	1,04	0,05	0,43	1,96	0,62	4,79	2,96	2,36
Bivalves	9,30	4,10	1,09	4,47	2,72	45,67	7,80	12,16	94,81	14,99	61,76	31,96	56,85	1816,7	48,92
Gastéropodes	1,16	0,27	1,02	0,28	0,86	6,25	1,40	18,58	25,96	7,01	-	-	-	-	-
Amphipodes. caprellidés	19,77	11,20	0,24	2,74	1,96	21,15	6,99	0,54	3,78	2,29	16,67	16,80	0,44	7,37	2,57
Amphipodes. gammaridés	23,26	12,84	1,13	14,47	4,54	71,15	21,50	5,32	114,40	13,05	3,92	0,41	0,02	0,01	0,18
Décapodes	1,16	0,27	0,07	0,02	0,22	5,77	0,59	0,45	0,27	1,00	1,96	0,21	0,06	0,01	0,25
Crangonidés	19,77	10,63	4,21	44,74	8,06	50,48	9,87	13,84	136,56	16,98	0,98	0,10	0,05	0,01	0,15
Cumacés	9,30	2,45	0,05	0,13	0,57	42,31	7,35	0,57	4,20	3,13	8,82	1,13	0,03	0,03	0,36
Mysidacés	2,33	0,54	0,10	0,05	0,38	12,02	5,90	3,71	21,88	4,79	-	-	-	-	-
Isopodes	1,16	0,27	0,07	0,02	0,23	0,96	0,09	0,06	0,01	0,15	-	-	-	-	-
Copépodes harpacticoïdes	-	-	-	-	-	34,13	19,74	0,10	1,96	1,36	-	-	-	-	-
Ostracodes	-	-	-	-	-	17,79	2,34	0,13	0,30	0,94	-	-	-	-	-
Paguridés	-	-	-	-	-	0,96	0,09	0,08	0,01	0,17	-	-	-	-	-
Echinodermes	-	-	-	-	-	0,96	0,05	0,39	0,02	0,37	-	-	-	-	-
Foraminifères	-	-	-	-	-	20,19	4,73	0,012	0,06	0,32	-	-	-	-	-
Hydriaires	1,16	0,27	0,0004	0,00	0,02	1,44	0,14	0,0007	0,00	0,02	0,98	0,10	0,00	0,00	0,01
Pycnogonides	-	-	-	-	-	0,96	0,09	0,006	0,00	0,05	-	-	-	-	-

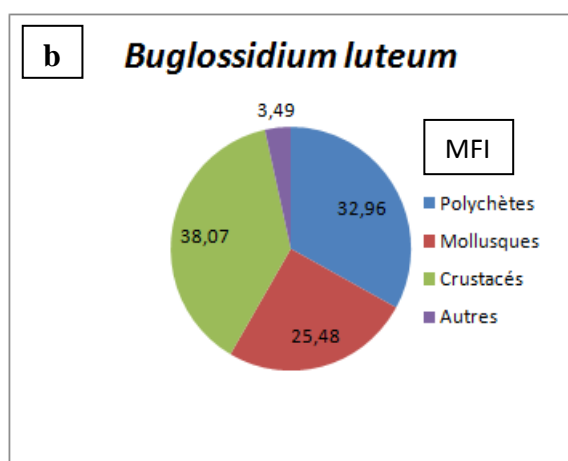
III.2.1. Grande consommatrice de polychètes : *Solea solea*



Le régime alimentaire de la sole commune est essentiellement dominé par les polychètes (MFI = 79,83), principalement des *Owenia fusiformis* et des *Pectinaria koreni* (Tableau 4). Les crustacés (MFI = 16,19) et les mollusques (MFI = 3,96) sont des proies accessoires de cette espèce (Tableau 3 ; Figure 11a); ils sont principalement constitués de *Crangon crangon* et de *Pariambus typicus* (amphipode caprellidés) pour les crustacés et d'*Abra alba* pour les mollusques.

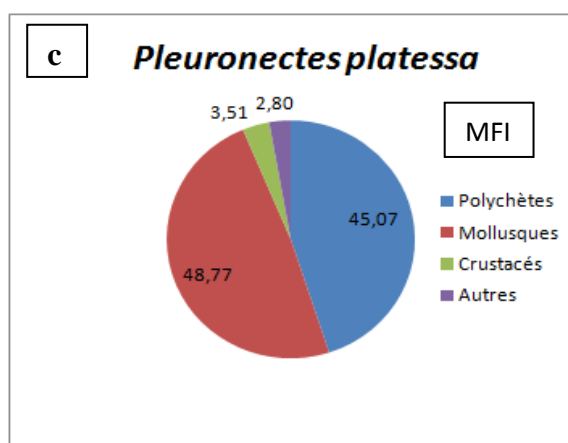
III.2.2. Un régime alimentaire diversifié : *Buglossidium luteum*

La petite sole jaune se nourrit principalement de crustacés (MFI = 38,07), dont les amphipodes gammaridés (MFI = 13,05) tels que *Ampelisca* et les crangonidés (MFI = 16,98)



tels que les *Philocheras bispinosus* (Tableau 4 ; Figure 11b). Les copépodes harpacticoïdes sont fréquents et abondants mais ils représentent un faible pourcentage en poids (W(%) = 0,10) dans son régime alimentaire. Cette espèce consomme aussi une large proportion de polychètes (MFI = 32,96), dont les *Sthenelais boa* et les *Owenia fusiformis*. Les mollusques viennent compléter son alimentation (MFI = 25,48) avec des *Abra alba*, des *Phaxas pellucidus* et des petits gastéropodes.

III.2.3. Un régime alimentaire « Mollusques – Polychètes » : *Pleuronectes platessa*



Le régime alimentaire de la plie est principalement constitué de mollusques bivalves (MFI = 48,77) avec des *Phaxas pellucidus*, des *Ensis* spp. et des *Abra alba*, ainsi que de polychètes (MFI = 45,07) essentiellement des *Owenia fusiformis*, des *Pectinaria koreni* et des *Magelona* spp. (Tableau 4 ; Figure 11c). Les crustacés sont des proies accessoires (MFI = 3,51) représentées par des amphipodes caprellidés (*Pariambus typicus*).

Figure 11. MFI des grandes catégories de proies identifiées dans les tractus digestifs de a) *Solea solea* b) *Buglossidium luteum* et c) *Pleuronectes platessa*.

Tableau 4. Importance des différentes proies de polychètes, de mollusques et de crustacés dans le régime alimentaire des trois espèces étudiées. Nm, nombre moyen calculé par tractus digestif pour chaque catégorie de proies; ****, $Nm \geq 1$; ***, $0,1 \leq Nm < 1$; **, $0,05 \leq Nm < 0,1$; *, $Nm < 0,05$.

		<i>B. luteum</i>	<i>P. platessa</i>	<i>S. solea</i>
POLYCHETES				
Errantes	<i>Eunereis longissima</i>	*		**
	<i>Nereidae</i> spp.	*		**
	<i>Glycera</i> spp.	*	*	*
	<i>Marphysa belii</i>	*		
	<i>Nephtys hombergii</i>	*	*	**
	<i>Nephtys</i> spp.	**	*	**
	<i>Sthenelais boa</i>	***		
Sédentaires	<i>Ampharete balthica</i>			*
	<i>Lanice conchilega</i>		*	
	<i>Magelona mirabilis</i>		*	
	<i>Magelona</i> spp.	*	***	*
	<i>Owenia fusiformis</i>	***	****	***
	<i>Pectinaria koreni</i>	*	***	****
	<i>Pygospio elegans</i>			***
	<i>Spionidae</i> spp.	*		
	Polychètes indéterminés	***	***	****
MOLLUSQUES				
Bivalves	<i>Abra alba</i>	***	***	***
	<i>Cardium echinatum</i>	*		
	<i>Cerastoderma edule</i>	*		
	<i>Ensis</i> spp.		***	
	<i>Macoma balthica</i>	*	*	
	<i>Mysella bidentata</i>	*		
	<i>Nucula nucleus</i>		*	
	<i>Nucula nitidosa</i>	*		
	<i>Phaxas pellucidus</i>	***	****	*
	<i>Spisula</i> spp.		*	
	<i>Spisula subtruncata</i>	*		
	<i>Tellina fabula</i>		**	
	<i>Thracia</i> sp.	*	*	
	Siphon de bivalve		**	
Gastéropodes	<i>Euspira pulchella</i>	**		
	<i>Nassarius</i> spp.	*		*
	<i>Nassarius reticulatus</i>	**		
AUTRES				
Echinodermes	<i>Echinodea</i> sp.	*		
	<i>Echinocyamus pusillus</i>	*		
Autres	Foraminifères	***		
	Hydres	*	*	*
Pycnogonides	<i>A. petiolatus</i>	*		
	Nemertes	*	**	

		<i>B. luteum</i>	<i>P. platessa</i>	<i>S. solea</i>
CRUSTACES				
Amphipodes	<i>Caprellidae</i> spp.	***		
	<i>Pariambus typicus</i>	***	****	***
	<i>Phytisica marina</i>	*	***	*
Amphipodes gammaridae	<i>Abludomelita obtusata</i>	*		
	<i>Ampelisca brevicornis</i>	***	*	**
	<i>Ampelisca spinipes</i>	**		**
	<i>Ampelisca tenuicornis</i>	***		
	<i>Bathyporeia</i> spp.	***		
	<i>Corophium volutator</i>	*		*
	<i>Gammaridae</i> spp.	*	*	**
	<i>Ischyroceridae</i> spp.			*
	<i>Leucothoe</i> spp.	*		
	<i>Leucothoe incisa</i>	***		
	<i>Leucothoe liljeborgii</i>	*		
	<i>Lysianassidae</i> sp.	*		
	<i>Megaluropus agilis</i>	***		*
	<i>Melita palmata</i>	*		
	<i>Monoculodes</i> spp.	*		**
	<i>Orchomene nana</i>	**		*
	<i>Periculodes longimanus</i>	*		*
	<i>Pontocrates altamarinus</i>	*	*	
	<i>Urothoe elegans</i>	**		
Décapodes	<i>Carcinus maenas</i>	*		
	<i>Ebalia tumefacta</i>	*		
	<i>Pinnotheres pisum</i>	*	*	
	<i>Psidia longicornis</i>		*	*
	larves	*		
	<i>Crangon crangon</i>	**		***
	<i>Crangonidae</i> spp.	***		*
	<i>Philocheras bispinosus</i>	***	*	*
	<i>Paguridae</i>	*		
Cumacés	<i>Bodotria</i> spp.	**	*	
	<i>Cumacés</i> spp.	***	*	
	<i>Diastylis</i> spp.	***	**	**
	<i>Pseudocuma</i> spp.	*		
Mysidacés	<i>Gastrosaccus spinifer</i>	***	*	
Isopodes	<i>Idotea</i> spp.	*		*
	<i>Gnathia</i> spp.	*		
Autres	<i>Copépodes harpacticoides</i>	****		
	<i>Ostracodes</i>	***		

III.3. Variabilité spatiale du régime alimentaire des trois espèces

III.3.1. Variabilité spatiale par strate

Les espèces de poissons plats étudiés montrent des variations dans leur régime alimentaire au niveau des différentes strates prédéfinies (Tableau 5 ; Figure 6) en termes de nombre (Nm) et de poids (Wm) moyen des proies.

Sur l'ensemble des strates, aucune différence de poids moyen des proies (Wm) et de nombre moyen des proies (Nm) n'est observée entre les strates pour la sole commune *Solea solea* (Nm : Hobs = 3,64 < Hcrit = 11,07 ; p value = 0,602 et Wm : Hobs = 6,55 < Hcrit = 11,07 ; p value = 0,256). Toutefois, et contrairement à la sole commune *Solea solea*, la petite sole jaune *Buglossidium luteum* et la plie *Pleuronectes platessa* montrent une quantité de proies consommées (Nm) différentes entre les strates (Tableau 5) (Nm : Hobs = 31,24 > Hcrit =

16,91 ; p value = 0 pour *B. luteum* et Hobs = 17,42 > Hcrit = 11,07 ; p value = 0,004 pour *P. platessa*). Le poids moyen des proies (Wm) de ces deux espèces ne change pas entre les strates (Wm : Hobs = 16,91 < Hcrit = 20,04 ; p value = 0,018 pour *B. luteum* et Hobs = 6,09 < Hcrit = 11,07 ; p value = 0,298 pour *P. platessa*).

Tableau 5. Moyenne du nombre et du poids moyen des proies par tractus digestif pour les juvéniles des trois espèces de poissons étudiées. Résultats des Kruskal-Wallis ANOVA avec des comparaisons post-hoc de moyennes (SNK test) ; les lettres similaires indiquent les moyennes qui ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$).

Strate (Stations)	<i>S. solea</i>				<i>B. luteum</i>				<i>P. platessa</i>			
	Nm	K-W ANOVA	Wm	K-W ANOVA	Nm	K-W ANOVA	Wm	K-W ANOVA	Nm	K-W ANOVA	Wm	K-W ANOVA
J (13,14,15)	-	-	-	-	18,538	A	0,005	A	-	-	-	-
G (11,12,27)	-	-	-	-	15,889	A	0,003	A	-	-	-	-
E (16,19,20,24,33,34,35)	3,567	A	0,003	A	13,857	AB	0,003	A	6,852	B	0,005	A
H (1,28,29)	7,300	A	0,003	A	10,138	B	0,038	A	6,769	B	0,009	A
A (38,39,40,41)	-	-	-	-	9,000	B	0,002	A	-	-	-	-
D (10,30,32,36,37)	4,800	A	0,004	A	8,222	B	0,002	A	14,462	A	0,010	A
K (2,3,4)	-	-	-	-	8,185	B	0,003	A	7,286	AB	0,007	A
C (25,26,31)	4,500	A	0,000	A	7,966	B	0,003	A	-	-	-	-
L (5,6,7)	-	-	-	-	7,000	B	0,022	A	0,500	B	0,002	A
I (8,9,17,18)	3,500	A	0,002	A	4,421	B	0,002	A	5,786	B	0,008	A
F (42,43,44,45,46,47)	3,333	A	0,009	A	-	-	-	-	-	-	-	-
M (21,22,23)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

S. solea semble avoir toujours la même stratégie alimentaire : une consommation quasi exclusive de polychètes (Figure 12a). Les polychètes peuvent parfois être de grande taille comme à la strate F avec des *Eunereis longissima* (MFI = 49,94) qui ont une biomasse relativement élevée. Toutefois, les juvéniles de la strate C et H montrent un régime alimentaire légèrement différent des autres strates : la strate C est représentée par deux individus consommant uniquement des crustacés ; la biomasse est donc infime et la strate H est caractérisée par une consommation de polychètes, de mollusques de petites tailles tels que des *Abra alba* (MFI=16,57) et des crustacés tels que des *Crangon crangon* (MFI = 20,80). Cette espèce cible sa prise alimentaire sur les polychètes et, lorsque les polychètes sont absents ou en nombre insuffisant, les juvéniles complètent leur régime alimentaire par une consommation de crustacés et/ou de mollusques.

B. luteum présente un régime alimentaire partagé entre de petites et de larges proies de mollusques, polychètes et crustacés (Figure 12b). La quantité de proies consommées est relativement élevée au niveau des strates J, G et H. Au niveau de ces strates, les juvéniles s'alimentent préférentiellement de petits individus comme des mysidacés *Gastrosaccus spinifer* pour la strate G (MFI = 21,02), des crangonidés pour la strate J (MFI = 13,67) et des amphipodes gammaridés pour la strate H (MFI= 66,78). La strate L présente une particularité, le Nm est relativement faible mais la biomasse est plus élevée que pour les autres strates : cela est dû à une consommation de mollusques gastéropodes de grande taille.

B. luteum se nourrit des proies disponibles dans la strate, tout en privilégiant les crustacés et les polychètes qui sont les catégories de proies préférentielles de cette espèce.

P. platessa présente un régime alimentaire constitué essentiellement de mollusques (strates K, H et I) et de polychètes (strate E) de large taille (Figure 12c). La strate L est caractérisée par deux individus avec une seule proie identifiable : une polychète *Lanice conchilega*. La strate D montre un nombre relativement élevé de proies consommées. C'est dans cette strate que la plie s'alimente le plus en polychètes dont les *Owenia fusiformis* qui sont relativement petits mais en nombre très important (MFI=27,57).

P. platessa s'alimente comme la petite sole jaune des proies disponibles dans la strate, elle privilégie les mollusques et les polychètes qui sont ses catégories de proies préférentielles.

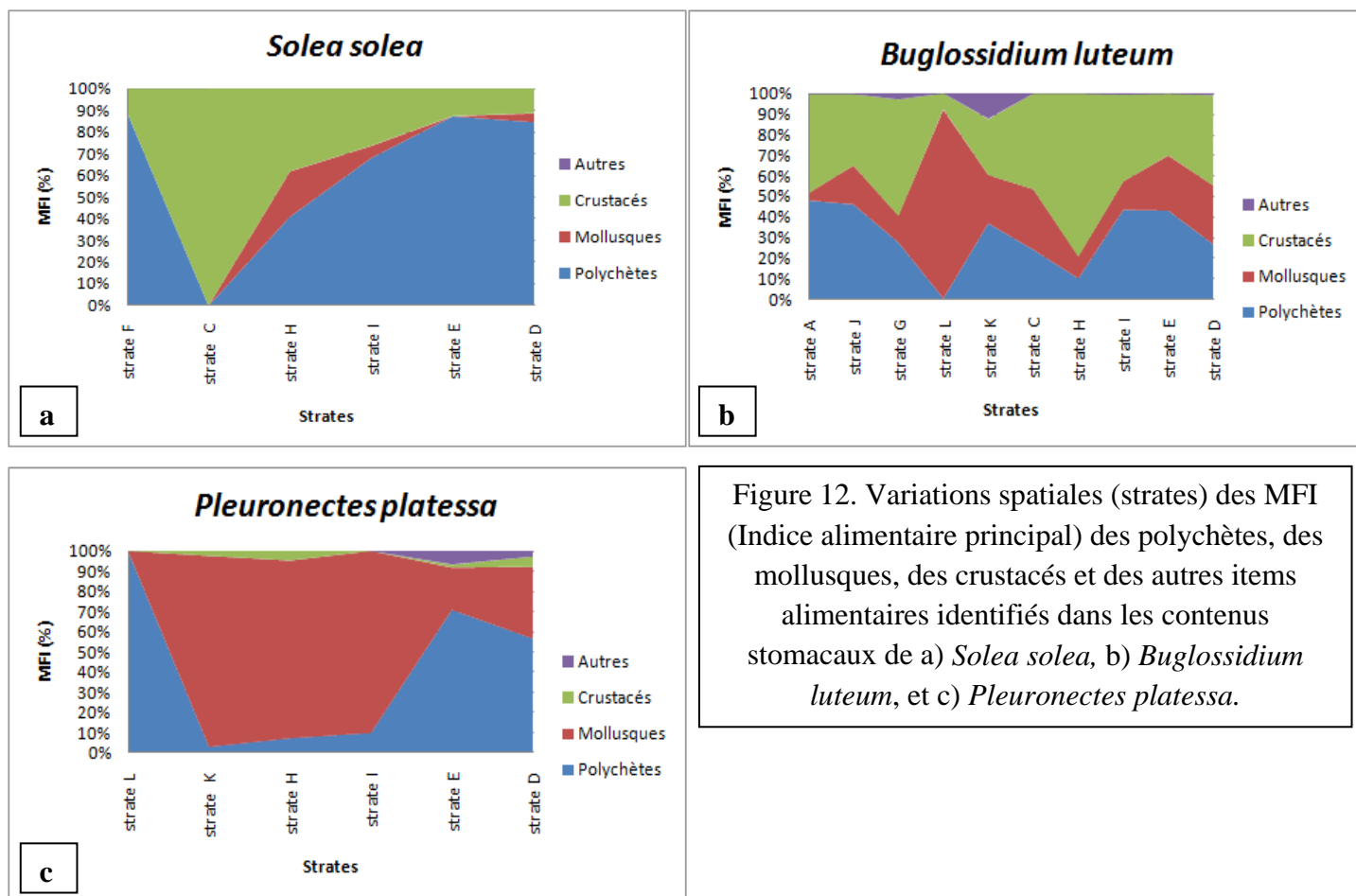


Figure 12. Variations spatiales (strates) des MFI (Indice alimentaire principal) des polychètes, des mollusques, des crustacés et des autres items alimentaires identifiés dans les contenus stomacaux de a) *Solea solea*, b) *Buglossidium luteum*, et c) *Pleuronectes platessa*.

III.3.2. Variabilité spatiale par station

III.3.2.1. Dominance des polychètes dans le régime alimentaire de *Solea solea*

Pour la sole commune, il n'y a pas de différence de nombre et de poids moyen des proies entre les stations (Nm : Hobs = 12,46 < Hcrit = 24,99 ; p value = 0,644 et Wm : Hobs = 12,04 > Hcrit = 24,99 ; p value = 0,676). Le régime alimentaire de la sole commune est caractérisé par une grande consommation de polychètes (Figure 13). Ce régime alimentaire est complété par des crustacés et quelques mollusques. Les mollusques sont consommés au niveau des stations 17 et 29 et sont représentés par des *Abra alba* (MFI= 6,85) à la station 17 et des *Abra alba* (MFI = 16,53) et des *Phaxas pellicudus* (MFI= 3,60) à la station 29. A la station 31, le

régime alimentaire est défini par une alimentation basée exclusivement sur des crustacés amphipodes : *Pariambus typicus* (MFI= 78,49).

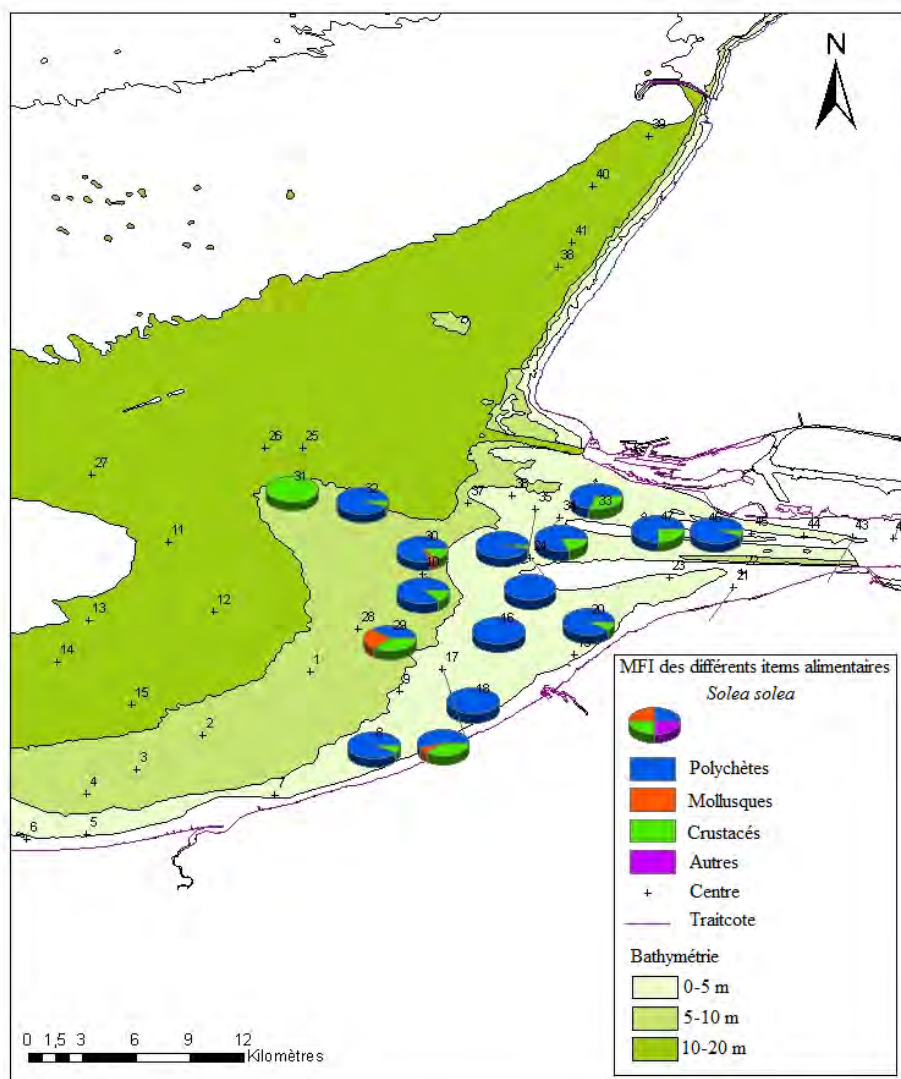


Figure 13. Régime alimentaire de *Solea solea* : MFI de chaque catégorie de proies (polychètes, mollusques, crustacés et autres) par station.

III.3.2.2. Le régime alimentaire de *Buglossidum luteum*

Pour la petite sole jaune, il existe des différences de Nm et de Wm entre les stations (Nm : Hobs = 59,41 > Hcrit = 41,33 ; p value = 0, Wm : Hobs = 45,57 > Hcrit = 41,337, p value = 0,019). La station 5 présente un Wm très élevé : cette station est caractérisée par un individu qui se nourrit de mollusques gastéropodes de taille relativement élevée.

Le régime alimentaire de la petite sole jaune (Figure 14) est bien marqué par une dominance des polychètes aux stations 3, 25 et 33 : ces polychètes sont des *Eunereis longissima* (MFI = 20,21) à la station 3, des *Sthenelais boa* (MFI=20,61) à la station 25 et des *Nephtys hombergii* (MFI= 68,57) à la station 33. Une dominance des mollusques est observée au niveau de la station 32 avec principalement des gastéropodes tels que *Euspira pulchella* (MFI= 26,25) et *Nassarius reticulatus* (MFI = 20,52). La dominance des crustacés est bien marquée au niveau des stations 11, 13, 27, 30, 31, 40 et 41 (stations dans la sonde des 10-20

m) dont les crangonidés pour la station 11 (MFI = 18,33), la station 13 (MFI = 29,68), la station 30 (MFI = 16,66) et la station 31 (MFI = 12,35), les décapodes *Philocheras bispinosus* (MFI = 67,99) pour la station 27 et les amphipodes gammaridés *Ampelisca tenuicornis* pour la station 40 (MFI = 15,91) et la station 41 (MFI = 31,10).

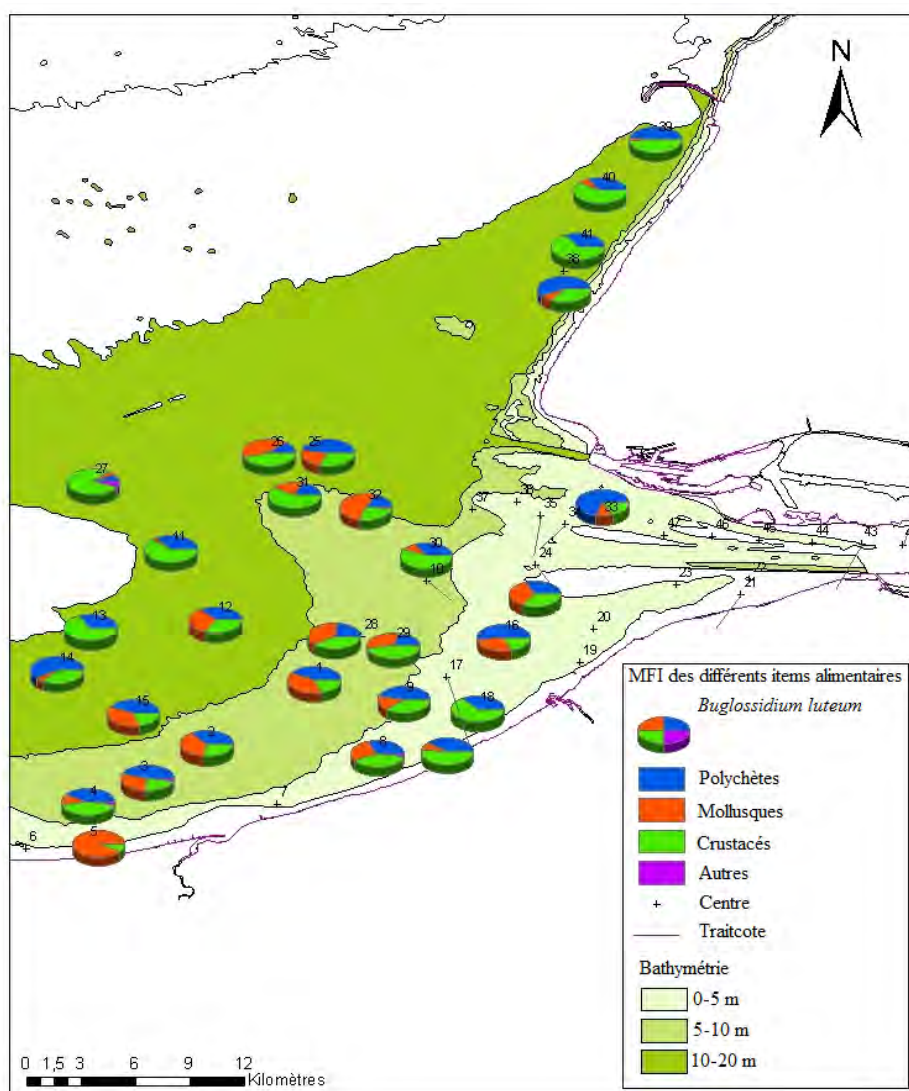


Figure 14. Régime alimentaire de *Buglossidium luteum* : MFI de chaque catégorie de proies (polychètes, mollusques, crustacés et autres) par station.

III.3.2.3. Dominance des mollusques et des polychètes dans le régime alimentaire de *Pleuronectes platessa*

Pour la plie, il y a une différence du nombre moyen des proies Nm entre les stations (Hobs = 26,895 > Hcrit = 24,996, p value = 0,030). Toutefois, le poids moyen Wm des proies ne change pas entre les stations (Hobs = 20,082 < Hcrit = 24,996, p value = 0,143). Dans l'estuaire de Seine, le régime alimentaire de la plie est caractérisé par une consommation très importante de polychètes au niveau de l'embouchure et de mollusques dans la zone côtière situé entre Ouistreham et Dives-sur-Mer. La station 32 se caractérise par une forte

consommation du bivalve *Phaxas pellucidus* de grande taille. Les stations 35, 36 et 37 sont définies par un nombre très faible de proies. En effet, c'est dans ces stations que la plie s'alimente principalement de polychètes de grande taille. Les stations 5, 10 et 16 sont des stations représentées par une alimentation très riche en polychètes avec des *Owenia fusiformis* (MFI= 47,53 pour la station 10 et MFI = 38,96 pour la station 16). Les autres stations sont caractérisées par une consommation en grande quantité de mollusques (Figure 15).

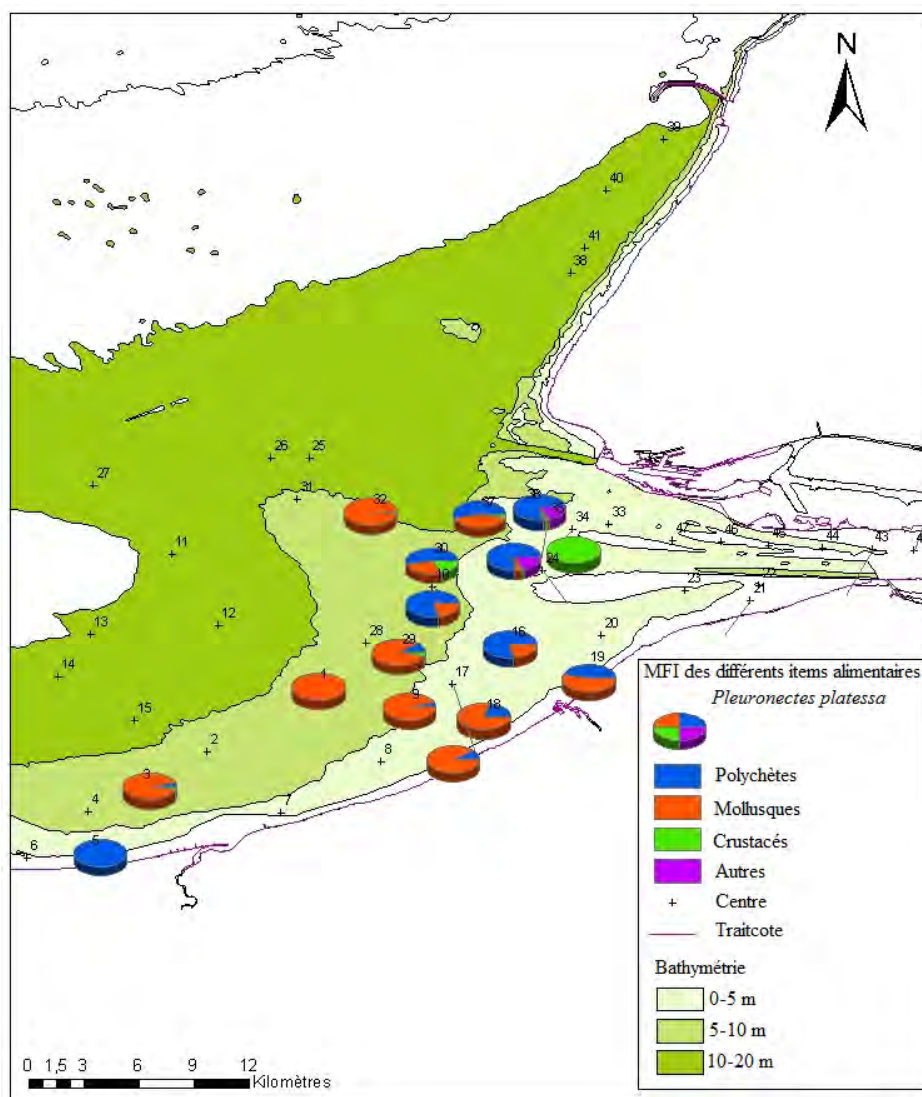


Figure 15. Régime alimentaire de *Pleuronectes platessa* : MFI de chaque catégorie de proies (polychètes, mollusques, crustacés et autres) par station.

III.4. Variabilité intra spécifique du régime alimentaire (en fonction de la taille des individus)

Les poissons analysés ont été regroupés en quatre classes de tailles (cm) semblables pour la sole commune *Solea solea*, la petite sole jaune *Buglossidium luteum* et six classes de taille pour la plie *Pleuronectes platessa*. Le but de cette étude est de voir s'il existe une corrélation entre le nombre (Nm) et le poids moyen (Wm) de proies par tractus digestif et la taille des poissons étudiés (Tableau 6).

Tableau 6. Moyenne du nombre et du poids moyen des proies par tractus digestif pour les juvéniles des trois espèces de poissons étudiés par classes de taille. Résultats des Kruskal-Wallis ANOVA avec des comparaisons post-hoc de moyennes (SNK test) ; les lettres similaires indiquent les moyennes qui ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$).

Classes de taille (cm)	<i>S. solea</i>				<i>B. luteum</i>				<i>P. platessa</i>			
	Nm	ANOVA	Wm	ANOVA	Nm	ANOVA	Wm	ANOVA	Nm	ANOVA	Wm	ANOVA
[5-7[	5,666	A	0,006	A	1,500	A	2E-05	A	1,500	A	4E-05	B
[7-9[	3,634	A	0,002	A	11,048	A	0,003	A	4,286	A	0,002	B
[9-11[	3,970	A	0,006	A	10,517	A	0,003	A	11,889	A	0,006	AB
[11-13[	7,666	A	0,006	A	10,000	A	0,003	A	13,227	A	0,011	A
[13-15[	-	-	-	-	-	-	-	-	7,690	A	0,011	A
[15-17[	-	-	-	-	-	-	-	-	9,000	A	0,006	AB

III.4.1. Les deux plus petites espèces : *Solea solea* et *Buglossidium luteum*

Pour les deux plus petites espèces, le nombre moyen des proies consommées ne change pas en fonction de la taille des individus (Hobs = 6,16 < Hcrit = 7,81 ; p value = 0,104 pour *S. solea* et Hobs = 6,11 < Hcrit = 7,81 ; p value = 0,106 pour *B. luteum*). Pour le poids moyen, il existe une différence entre les classes de taille (Hobs = 10,47 > Hcrit = 7,81 ; p value = 0,015 pour *S. solea* et Hobs = 10,80 > Hcrit = 7,81 ; p value = 0,013 pour *B. luteum*).

S. solea et *B. luteum* ne montrent pas de changement dans leurs régimes alimentaires en fonction de la taille (Figure 16a et 16b). Ces espèces consommeront toujours le même type de proies mais ces dernières seront de plus en plus grandes au fur et à mesure de leur croissance.

III.4.2. La plie : *Pleuronectes platessa*

Le nombre moyen de proies consommées n'est pas très changeant en fonction de la taille de la plie (Hobs = 8,32 < Hcrit = 11,07 ; p value = 0,139) mais sa demande énergétique augmente au fur et à mesure qu'elle grandit (Hobs = 17,61 > Hcrit = 11,07 ; p value = 0,003). Cette espèce va consommer des individus de plus en plus gros lorsqu'elle croît. Elle augmente sa préférence alimentaire pour les mollusques au fur et à mesure qu'elle grandit (MFI = 3,71 entre [7-9 cm[et MFI = 90,48 entre [15-17 cm[) et la préférence alimentaire pour les polychètes diminue proportionnellement à l'augmentation de sa consommation de mollusques (Figure 16c).

Le régime alimentaire général diffère principalement en fonction de la taille du poisson entraînant ainsi la mise en place de deux groupes d'espèces en fonction de leurs préférences alimentaires. Les deux petites espèces, *Buglossidium luteum* et *Solea solea*, peuvent être qualifiées de mangeurs de « crustacés-polychètes » car ces deux catégories représentent plus de 85 % en nombre et plus de 66 % en poids de leur nourriture. *Pleuronectes platessa* est qualifiée de mangeurs « mollusques-polychètes » car ces deux catégories représentent plus de 80 % en nombre et plus de 99 % en poids de son alimentation (Tableau 3). Ainsi, au fur et à mesure que les espèces grandissent, leurs préférences alimentaires se confirment, leurs demandes en énergie sont de plus en plus grandes et donc la biomasse consommée est de plus en plus élevée.

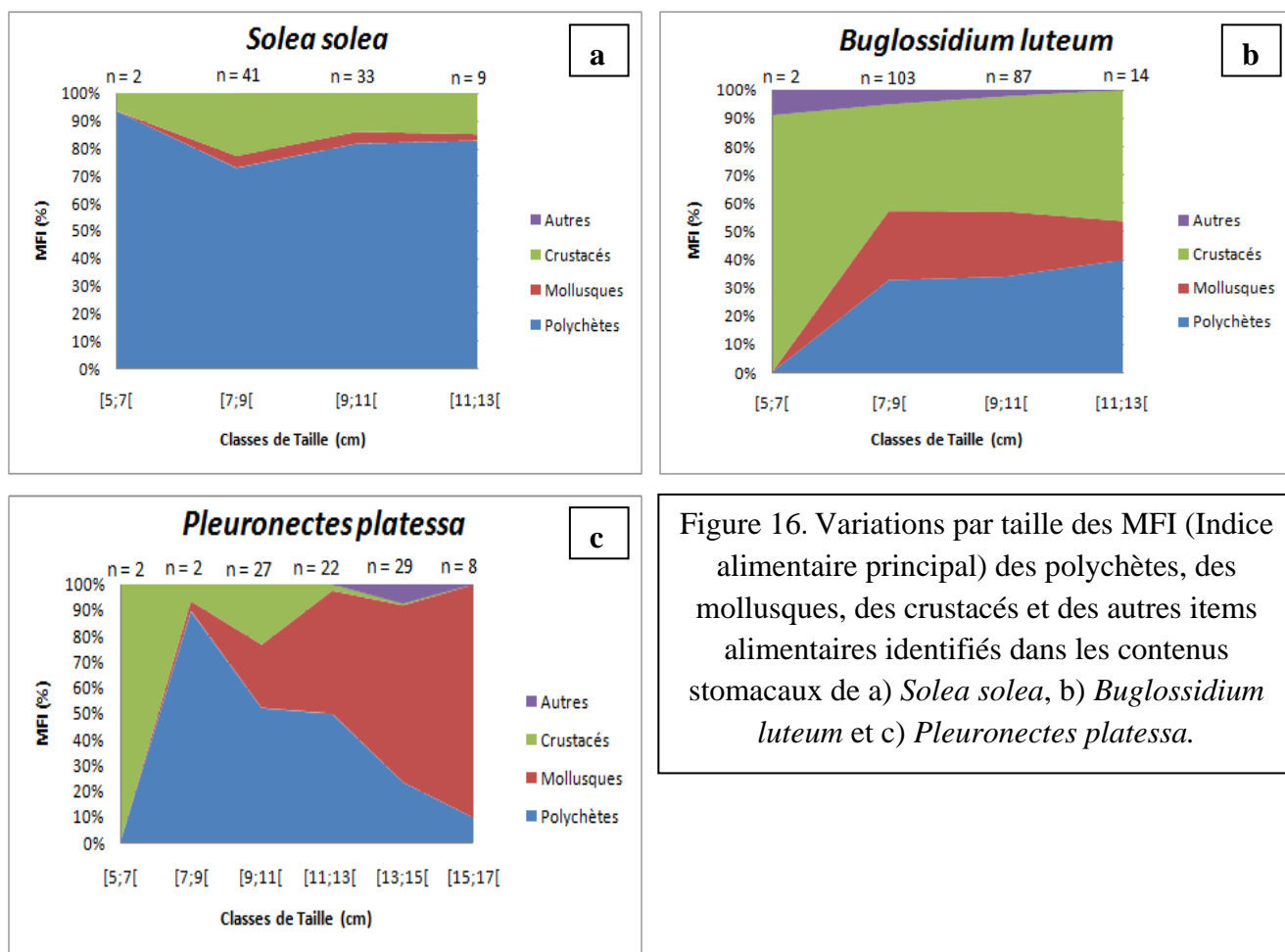


Figure 16. Variations par taille des MFI (Indice alimentaire principal) des polychètes, des mollusques, des crustacés et des autres items alimentaires identifiés dans les contenus stomacaux de a) *Solea solea*, b) *Buglossidium luteum* et c) *Pleuronectes platessa*.

III.5. Variabilité du rythme alimentaire des juvéniles des trois espèces

Les espèces de poissons plats étudiés montrent différents rythmes alimentaires. En effet, pour la petite sole jaune et la plie, il existe une corrélation entre l'heure de prélèvement, le nombre et le poids moyen des proies par tractus digestif (Nm : $r^2 = 0,290$, $p < 0,0001$ pour la petite sole jaune et $r^2 = 0,238$, $p = 0,016$ pour la plie ; Wm : $r^2 = 0,206$, $p = 0,003$ pour la petite sole jaune et $r^2 = 0,319$, $p = 0,001$ pour la plie). Pour la sole commune, il n'y a pas de corrélation significative entre l'heure de prélèvement, le nombre et le poids moyen par tractus digestif (Nm : $r^2 = 0,139$, $p = 0,203$; Wm : $r^2 = 0,190$, $p = 0,200$).

III.5.1. Un régime alimentaire principalement nocturne : *S. solea* et *B. luteum*

Pour la sole, il n'y a pas de différence significative de Nm (Hobs = 12,04 < Hcrit = 24,99 ; p value = 0,676) et de Wm (Hobs = 12,46 < Hcrit = 24,99 ; p value = 0,644) en fonction de l'heure de prélèvement.

Le taux de vacuité global de cette espèce est relativement élevé (15,68 %) et 2/3 des proies consommées sont localisées dans l'intestin (Figure 17). La sole commune présente une augmentation du taux de vacuité entre 12h et 16h. Cette espèce semble donc se nourrir principalement la nuit entre 17h et 9h du matin. La composition du régime alimentaire de la sole commune ne semble pas cependant différer entre les heures de prélèvements. Les polychètes sont toujours la catégorie de proies préférentielles de la sole.

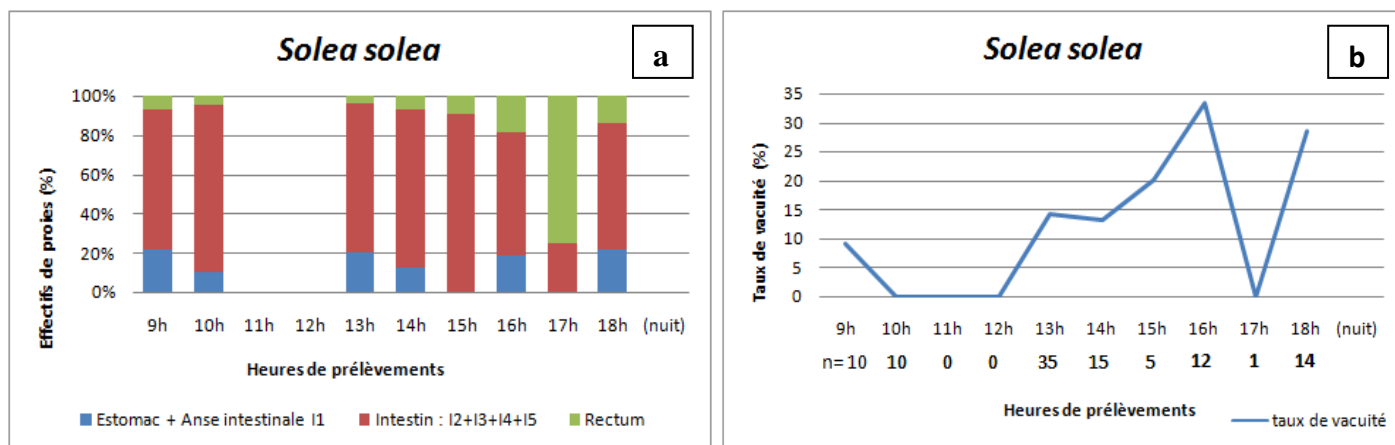


Figure 17. Localisation des proies (a) et taux de vacuité (%) (b) des tractus digestifs de *Solea solea* en fonction de l'heure de prélèvement (n = nombre d'individus observés).

Pour la petite sole jaune, il existe une différence entre le nombre moyen (Hobs = 57,45 > H crit = 40,11 ; p value = 0.001), le poids moyen (Hobs = 44,60 > Hcrit = 40,11 ; p value = 0.018) des proies consommées et l'heure de prélèvement de cette espèce. Toutefois, les tests post-hoc ne montrent pas de différences significatives.

Le taux de vacuité de cette espèce est de 7,96 % et 5/6 de proies consommées sont localisées dans l'intestin (Figure 18). Comme il a été vu précédemment, les crustacés, les polychètes et les mollusques sont les trois proies préférentielles de la petite sole jaune et ce régime alimentaire ne semble pas trop varier entre les heures de prélèvements. L'activité de la prise de nourriture apparait discontinue et se situe surtout pendant la nuit et le début de matinée (8h30-13h).

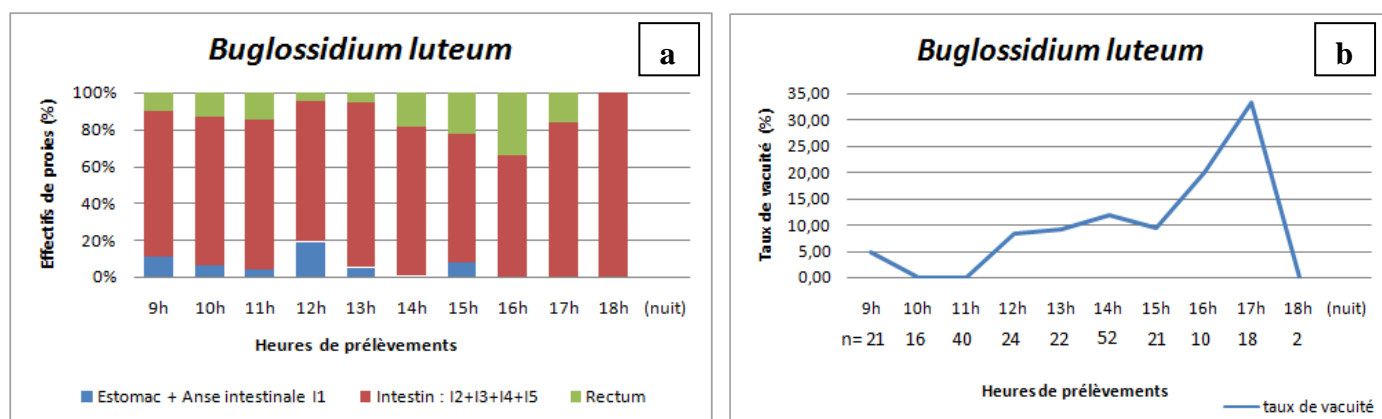


Figure 18. Localisation des proies (a) et taux de vacuité (%) (b) des tractus digestifs de *Buglossidium luteum* en fonction de l'heure de prélèvement (n = nombre d'individus observés).

III.5.3. Un régime alimentaire supposé diurne et crépusculaire : *P. platessa*

Pour la plie, il existe une différence significative entre l'heure de prélèvement et le nombre moyen des proies (Hobs = 26,89 > Hcrit = 24,99 ; p value = 0,030), mais pas pour le poids moyen des proies (Hobs = 20,82 < Hcrit 24,99 ; p value = 0,143) par tractus digestif. La différence de nombre moyen de proies entre les individus de cette espèce est relativement

faible et le test post-hoc ne montre pas de différence significative entre chaque heure de prélèvement.

La plie a un taux de vacuité de 4,67 % et environ 1/3 de ces proies est localisé dans l'estomac et la première anse intestinale, le reste des proies étant situé dans l'intestin (Figure 19). Le taux de vacuité de cette espèce est relativement faible au cours de la journée et il est nul au moment du crépuscule (17h-18h) : cette espèce semble se nourrir de jour et au début de la nuit. Les mollusques et les polychètes sont les proies préférentielles de la plie et chaque heure de prélèvement correspond à une prise de nourriture pour cette espèce ; elle se nourrit donc principalement le jour.

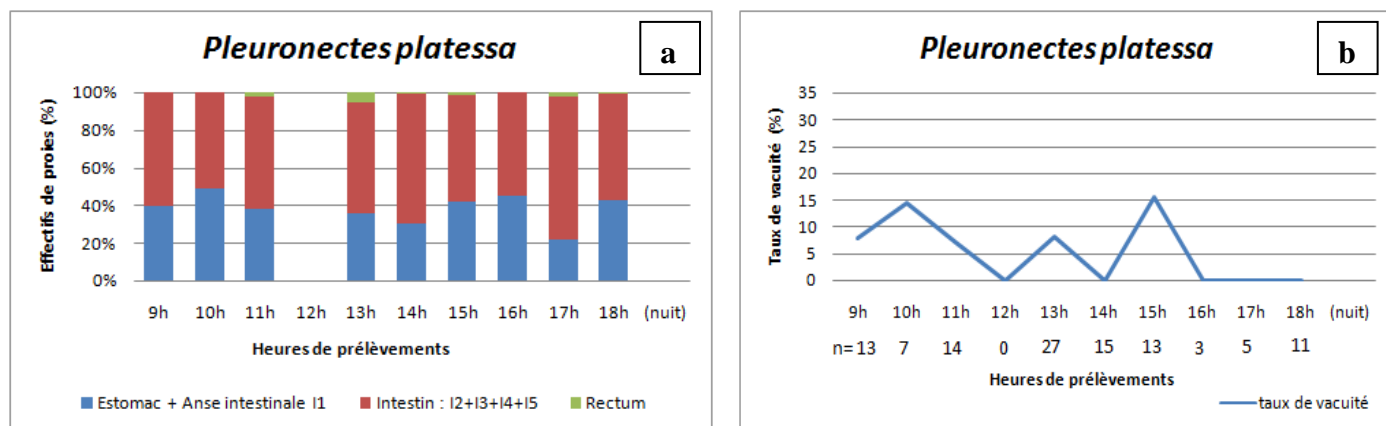


Figure 19. Localisation des proies (a) et taux de vacuité (%) (b) des tractus digestifs de *Pleuronectes platessa* en fonction des heures de prélèvements (n = nombre d'individus observés).

III.6. Le partage des ressources alimentaires

III.6.1. La largeur des niches alimentaires (Shannon-Wiener)

Bien que les trois espèces de poissons plats étudiées consomment préférentiellement les mêmes catégories de proies, les largeurs de leurs niches alimentaires (B) à l'échelle de la baie de Seine diffèrent. En effet, la niche alimentaire de *Buglossidium luteum* est plus large (B=93,3) que celle de *Solea solea* (B=45,7) et de *Pleuronectes platessa* (B=23,4). Le régime alimentaire de *B. luteum* est beaucoup plus diversifié que celui des deux autres espèces.

A l'échelle des strates et des stations, il est observé que la largeur des niches alimentaires est plus élevée lorsque plusieurs espèces sont présentes sur le même site (Tableau 7a). De plus, la largeur de la niche alimentaire des trois espèces est plus grande au niveau des stations situées en aval (sonde des 5-10m) qu'en amont (sonde inférieure à 5m) de l'estuaire:

- *B. luteum*: B=76,2 à la station 29 (strate H: aval) et B=6,30 à la station 33 (strate E: amont).
- *S. solea*: B=26,8 à la station 29 (strate H) et B=15,04 à la station 33 (strate E).
- *P. platessa*: B=10,8 à la station 29 (strate H) et B=4,97 à la station 19 (strate E).

Pour les classes de taille, la largeur des niches alimentaires est la plus élevée au niveau de la classe [7,9[pour *S. solea* (B=54,12) et de la classe [9,11[pour *P. platessa* (B = 13,70) et *B. luteum* (B=93,71) (Tableau 7b).

Tableau 7. Largeur des niches alimentaires (B) des juvéniles des trois espèces de poissons plats au niveau des strates (a) et des classes de taille (b)

strate	<i>B.luteum</i>	<i>S.solea</i>	<i>P.platessa</i>
A	39,93	-	-
C	74,88	1,65	-
D	39,05	9,84	17,64
E	41,69	25,78	15,81
F	-	17,62	-
G	38,23	-	-
H	79,74	22,4	9,79
I	24,66	7,96	5,25
J	22,88	-	-
K	37,13	-	1,52
L	3,15	-	1

a

(cm)	<i>B.luteum</i>	<i>S.solea</i>	<i>P.platessa</i>
[5;7[	4,88	1,90	4,88
[7;9[	62,79	54,12	6,34
[9;11[	93,71	29,38	13,70
[11;13[	50,83	13,02	12,17
[13;15[	-	-	9,08
[15;17[	-	-	6,69

b

III.6.2. Le chevauchement des niches alimentaires

Le chevauchement global des niches obtenues pour chaque paire de poissons est classé de 0,22 à 0,34. Le chevauchement global des niches est plus élevé entre *S. solea* et les deux autres espèces ($T=0,34$ pour les deux paires d'espèces) qu'entre *P. platessa* et *B. luteum* ($T=0,22$). Au niveau des strates, le chevauchement des niches est plus élevé entre *S. solea* et *B. luteum* ($T=0,38$) à la strate H et entre *S. solea* et *P. platessa* pour les strates I ($T=0,18$), E ($T=0,35$) et D ($T=0,44$). Pour les stations, le chevauchement des niches dépend exclusivement du site étudié (Figure 20). Le chevauchement alimentaire est plus élevé pour les trois espèces au niveau des stations 16,17, 29 et 30 que des autres stations.

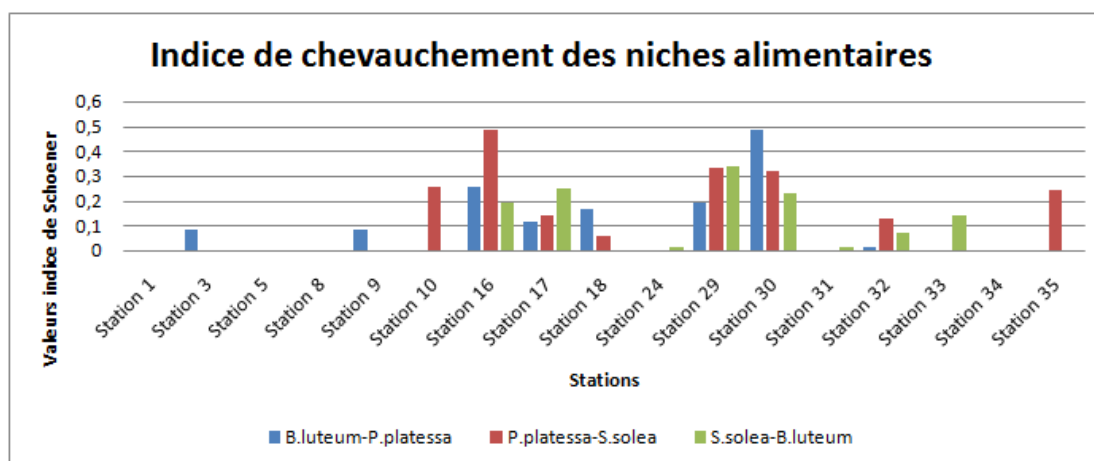


Figure 20. Chevauchement des niches alimentaires par station.

En ce qui concerne les différentes classes de taille, les chevauchements alimentaires sont plus importants entre les deux soléïdés (*B. luteum* et *S. solea* : $0,25 < T < 0,33$) qu'entre les deux soléïdés et *P. platessa*. Toutefois, les indices de Schoener calculés dans les différentes parties de l'étude sont sensiblement inférieurs à 0,6 ; ils ne sont donc pas considérés comme significatifs. En conclusion, il ne semble pas exister de réel chevauchement alimentaire entre ces espèces.

IV. DISCUSSION

L'absence de chevauchement observé entre les niches alimentaires de *Solea solea*, *Buglossidium luteum* et *Pleuronectes platessa* indique que les trois espèces partagent les

ressources alimentaires disponibles de l'estuaire de Seine. Ce partage des ressources alimentaire peut être expliqué par la distribution spatiale et la composition du régime alimentaire des espèces.

IV.1. La répartition spatiale des juvéniles de *Solea solea*, *Buglossidium luteum* et *Pleuronectes platessa* dans la baie de Seine.

Dans l'estuaire de Seine, les juvéniles de *S. solea*, et de *P. platessa* sont principalement concentrés au niveau d'une zone de bathymétrie inférieure à 10 m, incluant le secteur estuarien, ce qui correspond aux précédentes observations pour cette même espèce dans cette zone (Morin *et al.* 1997). Les juvéniles de *B. luteum* sont essentiellement présents à l'extérieur de la sonde des 10 m (Figure 21). La distribution spatiale de chaque espèce semble être essentiellement influencée par la bathymétrie.

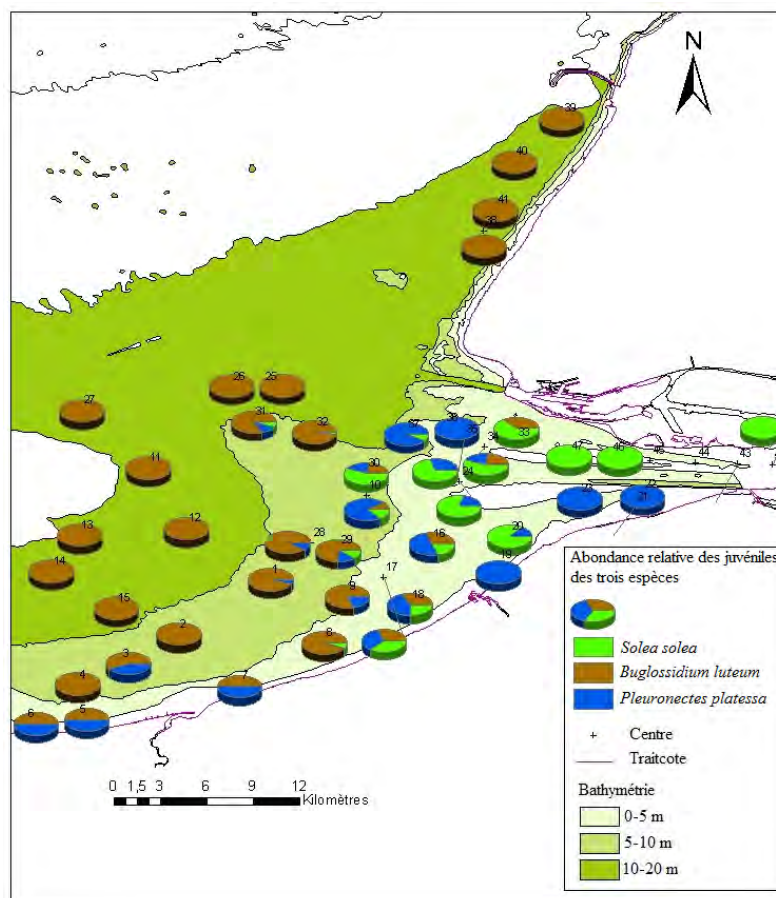


Figure 21. Carte des abondances relatives des juvéniles de *B. luteum*, de *P. platessa* et de *S. solea*

Au sein même de cette zone, la distribution des juvéniles de chacune des espèces semble nettement influencée par leurs propres exigences biologiques.

Les juvéniles de la sole commune *S. solea* semblent très liés aux influences estuariennes de la Seine. C'est une espèce inféodée à l'estuaire. Elle a été observée essentiellement à l'intérieur de la sonde des 10 m et dans la fosse Nord de l'estuaire. Sa distribution spatiale semble être calquée avec la répartition par tache des sédiments fins et vaseux de l'estuaire de Seine et de son embouchure (Morin *et al.* 1997). Cette observation a aussi été effectuée par Rogers

(1989) sur les côtes du nord du Pays de Galles et par Dorel *et al.* (1991) dans la baie de Vilaine ainsi que par Guérault *et al.* (1997) dans le golfe de Gascogne. La distribution spatiale de cette espèce n'a pas évolué depuis 1981 et ce malgré les travaux d'extension du port du Havre, Port 2000, qui ont fortement perturbé la fosse nord (Annexe 3). De plus, cette espèce semble être tolérante à la dessalure, elle est généralement observée dans des salinités comprises entre 28 et 34 (pour cette étude : 30 et 33) et elle peut tolérer un minimum de 18 dans l'estuaire de Seine (Morin *et al.* 1997).

L'influence estuarienne semble plus indirecte pour les juvéniles de la petite sole jaune, *B. luteum*, et de la plie, *P. platessa*. *B. luteum* est souvent observée à l'extérieur de la sonde des 10 m. Cette espèce est concentrée au niveau des sédiments sableux ou sablo-vaseux (Amara *et al.* 2003) et elle semble moins tolérante à la dessalure. Elle est généralement retrouvée à des salinités supérieures à 30,62 en estuaire de Seine. *P. platessa* est aussi présente dans la sonde des 10 m mais elle est plus inféodée aux fonds sableux (Moles & Norcross 1995, Morin *et al.* 1997). Sa distribution s'étend le long de la côte entre le Havre et Ouistreham et sa distribution est toujours la même depuis 1981 (Annexe 4). Cette espèce semble être tolérante à des variations de salinité (de 34,17 à 31,51).

La distribution spatiale de ces espèces est différente et il existe finalement très peu de zones où ces trois espèces partagent le même habitat (sur 47 stations, 22 seulement sont occupées par deux ou trois des espèces étudiées).

IV.2. Le régime alimentaire des juvéniles de *Solea solea*, *Buglossidium luteum* et *Pleuronectes platessa* dans l'estuaire de Seine.

IV.2.1. La morphologie du tractus digestif et le comportement alimentaire

Les poissons ont un régime alimentaire dépendant de la morphologie de leurs tractus digestifs, de leurs classes de taille et de leurs rythmes d'alimentation (De Groot 1971). Des différences de morphologie du tractus digestif, de classes de tailles et de rythme alimentaire existent entre les Soleidae (*S. solea* et *B. luteum*) et les Pleuronectidae (*P. platessa*), avec des conséquences sur leur alimentation respective.

- La morphologie du tractus digestif

Les tractus digestifs de *S. solea* et *B. luteum* sont caractérisés par un œsophage et un estomac de très petite taille avec des boucles intestinales très compliquées. Ces espèces sont morphologiquement adaptées à des proies peu mobiles et sont supposées se nourrir principalement de polychètes et de mollusques (De Groot 1971) (Figure 22a).



Figure 22. Morphologie des tractus digestifs de *Buglossidium luteum*, *Solea solea* (a) et de *Pleuronectes platessa* (b)

Le tractus digestif de *P. platessa* est caractérisé par un œsophage et un estomac de petite taille (mais une taille supérieure à celle des Soleidés) et des boucles intestinales très compliquées (Figure 22b). Cette espèce est supposée se nourrir de crustacés, de mollusques et de polychètes (De Groot 1971). Dans la présente étude, les trois espèces montrent des préférences alimentaires bien définies, en mangeant principalement des polychètes, des mollusques et des crustacés.

Quand elle est immature, *S. solea* est généralement reconnue comme une consommatrice de polychètes, de mollusques (juvéniles et siphons) et de crustacés (De Groot 1971, Braber & De Groot 1973, Lagardère 1987). Ceci est en accord avec les observations faites dans cette étude et sur d'autres sites : Baie de Douarnenez (Quiniou 1978), estuaire du Tage (Costa 1988) et dans le sud de la Mer du Nord (Braber & De Groot 1973).

Les juvéniles de *B. luteum* sont supposés consommer principalement des crustacés (Tito de Morais 1986). Dans le Golfe de Fos (Nord Ouest Méditerranéen) (Darnaude *et al.* 2001) et dans l'estuaire de Seine, cette espèce consomme une grande quantité de crustacés mais son régime alimentaire montre une certaine diversité avec une présence de polychètes et de mollusques dans son alimentation. Ce changement d'alimentation reflète la haute adaptabilité trophique des juvéniles de *B. luteum*, qui peuvent adapter leur alimentation en consommant une variété importante de proies (ici mollusques et polychètes), quand ils sont confrontés à une réduction de leurs proies préférentielles (crustacés) (Tito de Morais 1984).

Les juvéniles de *P. platessa* de l'estuaire de Seine ont un régime alimentaire relativement similaire à d'autres sites. D'après Edwards & Steele (1968) et Quiniou (1978), les juvéniles de plie se nourrissent principalement de siphons de mollusques bivalves, accompagnés de polychètes.

- Les classes de tailles

Le régime alimentaire des deux Soleidae (*S. solea* et *B. luteum* : les deux plus petites espèces) ne changent pas entre les différentes classes de taille des juvéniles. Le régime alimentaire de ces deux espèces est toujours représenté par des polychètes et des crustacés (Morin *et al.* 1997 ; Amara *et al.* 2003). Pour *P. platessa*, la consommation de polychètes est d'autant plus réduite que la taille des juvéniles s'accroît (Minet 1974). L'inverse est observé pour la consommation de mollusques. Toutefois, même si les régimes alimentaires des deux soléidés ne montrent pas de différence en fonction de la taille des juvéniles, ces trois espèces privilégient la prise de proies de plus en plus grandes au fur et à mesure de leurs croissances. Ceci peut s'expliquer par leur morphologie : les plus grands ont une ouverture de bouche plus importante leur permettant de manger des proies plus grandes que les plus petits (Pasquaud *et al.* 2004).

- Le rythme alimentaire

Lors de cette étude, aucun prélèvement n'a été effectué la nuit, les observations concernant le rythme alimentaire sont donc limitées. *S. solea* et *B. luteum* semblent se nourrir principalement la nuit vu que leur taux de vacuité est relativement élevé entre 12h et 16h. *P. platessa* présente un régime alimentaire supposé diurne et crépusculaire : le taux de vacuité de

cette espèce est relativement faible au cours de la journée. Ces résultats sont en accord avec la bibliographie disponible sur le rythme alimentaire de ces espèces (Kruuk 1963; Thijssen *et al.* 1974; Tito de Morais 1984). Toutefois, certains auteurs comme Gibson *et al.* (1998) démontrent que la plie se nourrit aussi la nuit. Cette espèce semble avoir un rythme alimentaire à la fois diurne et nocturne.

La sole commune *Solea solea* est un prédateur nocturne d'invertébrés benthiques sessiles ou peu mobiles (De Groot 1971 ; Molinero & Flos 1992). Les jeunes soles ont un rythme d'activité alimentaire journalier marqué, avec l'alternance d'ingestion de proies principalement en période nocturne et de périodes de transit alimentaire diurnes durant lesquelles le tube digestif se vide progressivement (Laffargue 2004). Chez cette espèce, la recherche de nourriture commence par la diminution de l'éclairement au crépuscule (Kruuk 1963), réponse due à la sensibilité de la sole aux très faibles éclaircissements (Champalbert *et al.* 1991), par ailleurs inhibée par la pleine lumière (Ellis *et al.* 1997). La petite sole jaune *Buglossidium luteum* montre une activité de prise alimentaire discontinue qui se situe surtout pendant la nuit et le début de la matinée (Tito de Morais 1984). Les deux soléidés sont des espèces qui ne se servent pas de leurs visions pour se nourrir (De Groot 1971). La plie *Pleuronectes platessa* présente une période d'ingestion de proies principalement diurne (Gibson 1973 ; Thijssen *et al.* 1974). De plus, De Groot (1969) indique que cette espèce, utilise principalement le sens de la vision pour rechercher sa nourriture ; ces lobes optiques sont très développés.

En ce qui concerne la relation proie - prédateur, certains invertébrés benthiques contribuent à synchroniser leur activité selon celui de leur prédateur et selon un rythme circadien. En effet, certains polychètes et de nombreux crustacés effectuent des émergences nocturnes dans la colonne d'eau. Par exemple, les cumacés *Diastylis bradyi* et *Pseudocuma longicornis*, endobenthiques le jour, effectuent des migrations nycthémerales la nuit (Wang & Dauvin 1994) et sont par conséquent plus accessibles pour de jeunes soles et de petites soles jaunes en recherche de nourriture la nuit. Il en est de même pour certains amphipodes, notamment l'espèce *Ampelisca brevicornis* qui est tubicole le jour et nage dans la colonne d'eau la nuit. De plus, ces petits crustacés sont particulièrement abondants l'été, dans les zones sablo-vaseuses intertidales et subtidales (Dauvin 1988a, b) et constituent un type de proies préférentielles au début de la saison de croissance (été) pour la petite sole jaune et la sole commune (Lagardère 1987).

L'existence de différents rythmes alimentaires dans un assemblage de poissons aurait tendance à faciliter le partage interspécifique des ressources disponibles (Carter *et al.* 1991).

IV.2.2. La variabilité spatiale du régime alimentaire et l'utilisation de la macrofaune benthique par les poissons

Lors de cette étude, une variation du régime alimentaire des trois espèces de poissons plats en fonction de l'espace a été mise en évidence. La plie *P. platessa*, la sole commune *S. solea* et la petite sole jaune *B. luteum* sont des prédateurs secondaires se nourrissant de proies endogées comme les mollusques bivalves et les annélides sédentaires (Dauvin 1988c). Au niveau de l'estuaire, il existe un gradient d'enrichissement des espèces endogées de l'amont vers l'aval de l'estuaire (Duhamel 2001) (Figure 23). La largeur des niches alimentaires de

chaque espèce de poissons plats étudiés est plus élevée au niveau des stations et des strates (C, D, G, H, J, K) situées en aval de l'estuaire. Ces trois espèces de poissons plats ont donc un plus grand nombre de proies à leur disposition en se déplaçant vers l'aval.

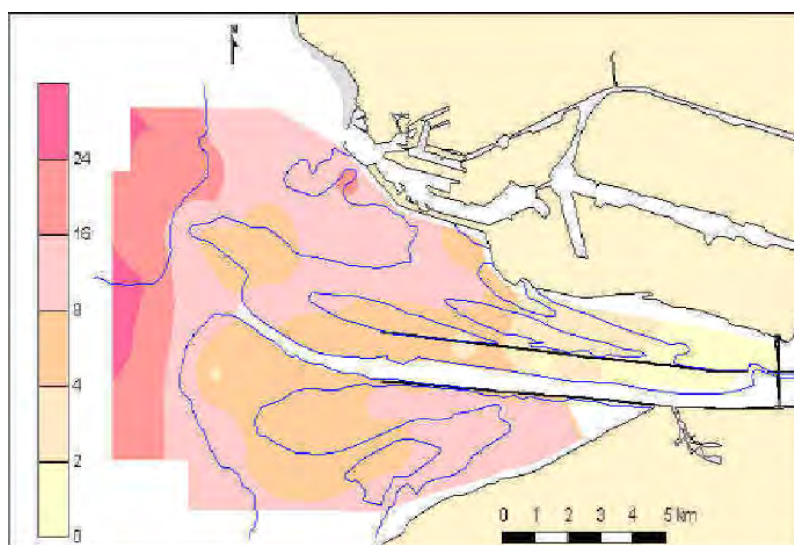


Figure 23. Répartition du nombre d'espèces endogées de la macrofaune benthique de l'estuaire de Seine en septembre 2000

La globalisation des résultats acquis permet de faire une première observation des relations macrofaune/poissons benthiques sur un exemple où il existe des données précises sur la composition de la macrofaune de l'estuaire de Seine en 2006 (Pectow 2006) (Tableau 8). Les résultats sur le macrobenthos de la campagne COLMATAGE 2008 ne sont pas à ce jour disponibles. L'échantillonnage de la macrofaune a été réalisé à la benne Hamon (tamisage de la faune sur 2 mm) : cette technique entraîne toutefois un sous-échantillonnage du suprabenthos (notamment les décapodes, les mysidacés et les amphipodes) et de la mégafaune (grands gastéropodes).

Tableau 8. Composition moyenne du macrobenthos et de l'épifaune vagile échantillonnés à la benne Hamon en mars 2006 et des proies identifiées dans les contenus stomacaux des trois espèces étudiées au sein de l'estuaire de Seine en septembre 2008 (nombre d'individus par catégorie ramené à 1000 individus).

	Benne	<i>S. solea</i>	<i>B. luteum</i>	<i>P. platessa</i>
Espèces	Nombre pour 1000 individus	Nombre pour 1000 individus	Nombre pour 1000 individus	Nombre pour 1000 individus
Polychètes	547,56	571,04	112,71	486,60
Bivalves	295,18	40,98	78,00	319,59
Gastéropodes	34,49	2,73	13,98	0,00
Cumacés	0,45	24,59	73,49	11,34
Isopodes	0	2,73	0,90	0,00
Mysidacés	0,07	5,46	59,06	0,00
Décapodes	2,14	109,29	104,60	3,09
Amphipodes	10,50	240,44	285,20	172,16
autres	107,16	0,00	0,90	6,19
	73 prélèvements	102 tractus digestifs	226 tractus digestifs	107 tractus digestifs

Dans l'estuaire de Seine, les polychètes sont consommées préférentiellement par la sole commune *S. solea*, très recherchées par la plie *P. platessa* et modérément consommées par la petite sole jaune *B. luteum*. Parmi ces espèces de polychètes, les oweniidés (*Owenia fusiformis*), les terebellidés (*Pectinaria koreni*), les magelonidés, et les aphroditidés (*Sthenelais boa*) sont les plus abondants dans les tractus digestifs de ces trois espèces. Les ampharetidés (*Ampharete balthica*) et les nephtyidés (*Nephtys hombergii*) très abondantes dans l'estuaire de Seine sont quasiment absentes dans les tractus digestifs. Il semble, par conséquent, qu'il existe pour ces trois espèces de poissons plats, un préférendum pour les polychètes tubicoles.

Les gastéropodes surtout représentés par les *Nassarius* spp. sont délaissés par les poissons necto-benthiques. Les bivalves, notamment *Abra alba* et *Phaxas pellucidus*, sont recherchés par *B. luteum*, *S. solea* et surtout par *P. platessa* (Morin *et al.* 1997). Les bivalves sont sous-consommés par les deux soléidés mais ils subissent une prédation plus soutenue par *P. platessa*. Les siphons de bivalves peuvent fournir une part importante de la nourriture des poissons plats (De Vlas 1979).

Les crustacés sont « sur-consommés » par ces trois espèces de poissons benthiques. Les isopodes ne forment qu'une faible part du régime alimentaire des deux soléidés. Les cumacés (*Diastylis* spp.), les mysidacés (*Gastrosaccus spinifer*), les amphipodes (ampeliscidés) et les décapodes (*Philocheras bispinosus*) sont très recherchés par les trois espèces de poissons plats étudiés. Les ampeliscidés sont fréquemment rencontrés chez les pleuronectidés (*P. platessa*) et les soléidés (*S. solea* et *B. luteum*) (Jones 1952). La part des *Ampelisca*, notamment *Ampelisca brevicornis* pour cette étude, dans le régime alimentaire des poissons benthiques est très importante même dans les stations où ils sont peu abondants sur le fond (Dauvin 1988c). Il est donc nécessaire d'étudier le benthos en parallèle de l'étude des contenus stomacaux.

Il apparait, par conséquent, une sélection des proies de la part des poissons necto-benthiques étudiés. Toutefois, la comparaison des données de benne Hamon de mars 2006 et des contenus stomacaux de septembre 2008 est à prendre avec précaution : en effet, les études menées sur le régime alimentaire des juvéniles de poisson sont réalisées en automne au moment où la macrofaune benthique est présente en densité importante. La sélection des proies est donc surtout basée sur leur accessibilité (Sorbe 1981). Ces espèces de poisson présentent donc une alimentation de type opportuniste, adaptant leur régime alimentaire en fonction des disponibilités des proies qui varient qualitativement et quantitativement dans l'espace.

V. CONCLUSION

L'étude du régime alimentaire, par une analyse des contenus stomacaux, des juvéniles de *S. solea*, *B. luteum* et *P. platessa* a permis de donner un premier aperçu des relations trophiques macrobenthos-poissons necto-benthiques au sein de l'estuaire de Seine. Ces données sur le régime alimentaire des poissons plats s'intègrent dans une contribution à la connaissance générale de l'état de santé des nourriceries de l'estuaire de Seine (projet COLMATAGE).

Les juvéniles des trois espèces montrent un partage des ressources alimentaires disponibles. En effet, les différences de rythme alimentaire (nocturne pour les soléidés et supposé diurne pour la pleuronectidé), de préférence alimentaire (*S. solea* : polychètes, *B. luteum* : crustacés/polychètes/mollusques et *P. platessa* : mollusques/polychètes) et de distribution spatiale de ces trois espèces semblent limiter les éventuelles interactions qui peuvent exister entre elles. De plus, les poissons sont capables d'adapter leurs régimes alimentaires en fonction des proies disponibles et accessibles, ce qui rend difficile toute comparaison entre estuaires et au sein d'un même estuaire. En conclusion, il apparaît ainsi que le régime alimentaire des poissons necto-benthiques n'est pas indépendant de la nature et de l'abondance des peuplements benthiques. Il est donc indispensable d'intégrer tous les niveaux trophiques (sédiments, macrobenthos et peuplements piscicoles) pour comprendre le fonctionnement et évaluer la capacité d'accueil en juvéniles d'une nourricerie.

Il sera ensuite intéressant de compléter cette étude par l'analyse des isotopes stables qui ont été réalisés sur les mêmes poissons afin de les comparer avec les données de contenus stomacaux. L'étude des isotopes stables a l'avantage de renseigner sur la région où le poisson s'est alimenté (Riera 2005) et d'avoir une vision de la nourriture réellement incorporée par l'individu. De plus, une étude sur l'apport énergétique des proies potentielles pourrait être envisagée afin de justifier le choix de telles ou telles espèces de proies par les poissons étudiés.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(citées selon les normes de la revue Biological Invasions)

- Abble KW, Manderson JP, Studholme AL (1999) Habitat quality for shallow water fishes in an urban estuary: the effects of man-made structures on growth. *Mar Ecol Prog Ser* 187:227-235
- Amara R, Mahé K, Le Pape O, Desroy N (2003) Growth, feeding and distribution of the solenette *Buglossidium luteum* with particular reference to its habitat preference. *J Sea Res* 51:211-217
- Beck MW, Heck KL, Able KW, Childers DL, Eggleston DB, Gillanders BM, Halpern B, Hays CG, Hoshino K, Minello TJ, Orth RJ, Sheridan PF, Weinstein MP (2001) The identification, conservation, and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates. *Biosciences* 51:633-641
- Blaber SJM, Blaber TG (1980) Factors affecting the distribution of juvenile estuarine and inshore fish. *J Fish Biol* 17:143-162
- Braber L, De Groot SJ (1973) The food of five flatfish species (Pleuronectiformes) in the southern north sea. *Neth J Sea Res* 6:163-172
- Carter CG, Grove DJ, Carter DM (1991) Trophic resource partitioning between two coexisting flatfish species off the north coast of Anglesey, North Wales. *Neth J Sea Res* 27:325-335
- Champalbert G, Macquart-Moulin C, Patrity G, Chiki D (1991) Ontogenic variations in the phototaxis of larval and juvenile sole *Solea solea* L. *J Exp Mar Biol Ecol* 149:207-225
- Costa MJ (1988) Ecologie alimentaire des poissons de l'estuaire du Tage. *Cybiurn* 12:301-320
- Costanza R, Darge R, Degroot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill RV, Paruelo J, Raskin RG, Sutton P, Vandenbelt M (1997) the value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387:253-260

- Darnaude AM, Harmelin-Vivien ML, Salen-Picard C (2001) Food partitionning among flatfish (Pisces : Pleuronectiformes) juveniles in a Mediterranean coastal shallow sandy area. *J Mar Biol Ass UK* 81:119-127
- Dauvin JC (1988a) Biologie, dynamique, et production de populations de crustacés amphipodes de la Manche occidentale. 1. *Ampelisca tenuicornis* Liljeborg. *J Exp Mar Biol Ecol* 118:55-84
- Dauvin JC (1988b) Biologie, dynamique, et production de populations de crustacés amphipodes de la Manche occidentale. 2. *Ampelisca brevicornis* (Costa). *J Exp Mar Biol Ecol* 119:213-233
- Dauvin JC (1988c) Rôle du macrobenthos dans l'alimentation des poissons démersaux vivant sur les fonds de sédiments fins de la Manche occidentale. *Cah Biol Mar* 29:445-467
- Dauvin JC (2002) Patrimoine Biologique et chaînes alimentaires, Programme scientifique Seine Aval, Vol 7
- Dauvin JC, Desroy N, Janson AL, Vallet C, Duhamel S (2006) Recent changes in estuarine benthic and suprabenthic communities resulting from the development of harbour infrastructure. *Mar Poll Bull* 53:80-90
- De Groot SJ (1969) Digestive system and sensorial factors in relation to the feeding behaviour of flatfish (Pleuronectiformes). *J Cons Int Explor Mer* 32:385-394
- De Groot SJ (1971) On the inter-relationships between morphology of the alimentary tract, food and feeding behaviour in flatfish (Pisces: pleuronectiforms). *Neth J Sea Res* 5:121-196
- De Vlas J (1979) Annual food intake by plaice and flounder in a tidal flat area in the Dutch Wadden Sea, with special reference to consumption of regenerating parts of macrobenthic prey. *Neth J Sea Res* 13:117-153
- Dorel D, Koutsikopoulos C, Desaunay Y, Marchand J (1991) Seasonal distribution of young sole (*Solea solea* (L.)) in the nursery ground of the Bay of Vilaine (Northern Bay of Biscay). *Neth J Sea Res* 27:297-306
- Duhamel S (2001) Le macrozoobenthos de l'estuaire de la Seine. Actualisation cartographique en relation avec la couverture sédimentaire. Rapport final, CSLHN, 22 pp
- Edwards R, Steele JH (1968) The ecology of 0-group plaice and common dabs at loch Ewe. *J Exp Mar Biol Ecol* 2:215-238
- Elliott M, O'Reilly MG, Taylor CJL (1990) The Forth estuary: a nursery and overwintering area for North Sea Fishes. *Hydrobiologia* 195:89-103
- Ellis T, Howell BR, Hughes RN (1997) The cryptic responses of hatchery-reared sole to a natural sand substratum. *J Fish Biol* 51:389-401
- Gibson RN (1973) The intertidal movements and distribution of young fish on a sandy beach with special reference to the plaice (*Pleuronectes platessa* L.). *J Exp Mar Biol Ecol* 12:79-102
- Gibson RN (1994) Impact of habitat quality and quantity on the recruitment of juvenile flatfishes. *Neth J Sea Res* 32:191-206
- Gibson RN, Phil L, Burrows MT, Modin J, Wennhage H, Nickell LA (1998) Diel movements of juvenile plaice *Pleuronectes platessa* in relation to predators, competitors, food availability and abiotic factors on a microtidal nursery ground. *Mar Ecol Prog Ser* 165:145-159
- Gilliers C, Amara R, Bergeron JP, Le Pape O (2004) Comparison of growth and condition indices of juvenile flatfish in different coastal nursery grounds. *Env Biol Fish* 71:189-198
- Guérault D, Marchand J, Desaunay Y (1997) Cartographie des nourriceries littorales de poissons du golfe de Gascogne. Rapports scientifiques et techniques, 136 pp

- Hureau JHC (1970) Biologie comparée de quelques poissons antarctique (Nototheniidae). Bull Inst Oc Monaco 68:1-250
- Jones NS (1952) The bottom fauna and the food of flatfish off the Cumberland Coast. J Anim Ecol 21:182-205
- Keast A (1978) Trophic and spatial inter-relationships in the fish species of an Ontario temperate lake. Env Bio Fish 3:7-31
- Koutsikopoulos C, Désaunay Y, Dorel D, Marchand J (1989) The role of coastal areas in the life history of sole (*Solea solea* L.) in the Bay of Biscay. Scient Mar 53, 2-3:567-575
- Kruuk H (1963) Diurnal periodicity in the activity of the common sole, *Solea vulgaris* Quensel. Neth J Sea Res 2:1-28
- Laffargue P (2004) Interactions entre comportement et variations de la croissance des juvéniles de la sole (*Solea solea*) dans les nourriceries des pertuis charentais. Thèse de doctorat Université de la Rochelle, 206 pp.
- Lagardère JP (1987) Feeding ecology and daily food consumption of the common sole, *Solea solea* Q., juveniles on the French Atlantic coast. J Fish Biol 30:91-104
- Lesueur P (1999) Sables, chenaux, vasières : dynamique des sédiments et évolution morphologique. Programme scientifique Seine Aval, Vol 3
- Marshall S, Elliott M (1998) Environmental influences on the fish assemblage of the Humber estuary, U.K. Estuar Coast Shelf Sci 46:175-184
- Miller JM, Reed JP, Pietrafesa LJ (1984) Patterns, mechanisms and approaches to the study of migrations of estuarine dependent fish larvae and juveniles. In: Mechanisms of migration in fishes (JDMc Cleave et al., eds, Plenum New York, p 209-225)
- Minet JP (1974) Données sur la biologie de la plie américaine *Hippoglossoides platessoides* des bancs méridionaux de Terre-Neuve et du plateau du Cap Breton. Rev Trav Inst Pêches marit 38:343-434
- Moles A, Norcross BL (1995) Sediment preference in juvenile pacific flatfishes. Neth J Sea Res 34:177-182
- Molinero A, Flos R (1991) Influence of sex and age on the feeding habits of the common sole *Solea solea*. Mar Biol 111:493-501
- Molinero A, Flos R (1992) Influence of season on the feeding habits of the common sole *Solea solea*. Mar Biol 113:499-507
- Morin J, Riou P, Lemoine M, Le Pape O, Bessineton C, Vedieu C, Simon S (1997) Etude des nourriceries de la baie de Seine orientale et de l'estuaire de la Seine. Synthèse des connaissances. *Convention d'aide à la recherche n° 96/1212618/BMF avec la Préfecture de Région de Haute-Normandie et le Port Autonome du Havre. Rapport Final*, 74 pp.
- Pasquaud S, Girardin M, Elie P (2004) Etude du régime alimentaire des gobies du genre *Pomatoschistus* (*P. microps* et *P. minutus*) dans l'estuaire de la Gironde (France). Cybium 28:99-106
- Pihl L, Baden SP, Diaz RJ (1991) Effects of periodic hypoxia on distribution of demersal fish and crustaceans. J Exp Mar Biol Ecol 108:349-360
- Pihl L, Cattrijsse A, Codling I, Mathieson S, Mc Lusky DS, Roberts C (2002) Habitats use by fishes in estuaries and other brackish waters. In: Fishes in estuaries (Elliott & Hemingway, eds, Blackwell Science Ltd, London, p 10-53)
- Quiniou L (1978) Les poissons démersaux de la baie de Douarnenez. Alimentation et Ecologie. Thèse de doctorat de l'université de Bretagne Occidentale, 210 pp.
- Riera P (2005) Ecologie isotopique. Apports des isotopes stables du carbone et de l'azote à l'étude des réseaux trophiques littoraux et côtiers. Habilitation à diriger des recherches. Université Pierre et Marie Curie (Paris VI), 58pp.

- Riou P (1999) Etude des nourriceries côtières et estuariennes de sole *Solea solea* et de plie *Pleuronectes platessa* en Manche Est. Importance écologique de l'estuaire de Seine. Thèse de doctorat de l'université de Caen, 300 pp.
- Rogers SI (1989) The ecology of juvenile dover sole *Solea solea* L.: a review of the literature. Prog Under Sci 14:53-66
- Rosecchi E, Nouaze Y (1987) Comparaison de cinq indices alimentaires utilisés dans l'analyse des contenus stomacaux. Rev Trav Inst Pêches marit 49: 11-123
- Sorbe JC (1981) Rôle du benthos dans le régime alimentaire des poissons démersaux du secteur Sud-Gascogne. Kieler Meeresforsch Sonderh 5:479-489
- Thijssen R, Lever AJ, Lever J (1974) Food composition and feeding periodicity of 0-group plaice (*Pleuronectes platessa*) in the tidal area of a sandy beach. Neth J Sea Res 8:369-377
- Tirasin EM, Jorgensen T (1999) An evaluation of the precision of diet description. Mar Ecol Prog Ser 182:243-252
- Tito de Morais L (1984) Rythmes et rations alimentaires des juvéniles de deux espèces de Pleuronectiformes de Méditerranée occidentale. Vie Milieu 34:141-147
- Tito de Morais L (1986) Gastric evacuation of juveniles of two flatfish from a western Mediterranean Bay. Mar Ecol 7:255-264
- Schoener TW (1970) Non-synchronous spatial overlap of lizards in patchy habits. Ecology 51:408-418
- Van der Veer HW, Bergham R, Miller JM, Rijnsdorp AD (2000) Recruitment in flatfish, with special emphasis on North Atlantic species: Progress made by the Flatfish Symposia. ICES J Mar Sci 57:202-215
- Wang Z, Dauvin JC (1994) The suprabenthic crustacean fauna of the infralittoral fine sand community from the Bay of Seine (eastern English Channel): Composition, swimming activity and diurnal variation. Cah Biol Mar 35:135-155
- Zander CD (1982) Feeding ecology of littoral Gobiid and Blennioid fishes of the Banyuls area (Mediterranean sea) -I Main food and trophic dimension of niche and ecotope. Vie Milieu 32:1-10

Table des illustrations

Figure 1. Zones de nourriceries de l'estuaire de Seine	2
Figure 2. <i>Solea solea</i> (Linneaus, 1758)	3
Figure 3. <i>Buglossidium luteum</i> (Risso, 1810)	3
Figure 4. <i>Pleuronectes platessa</i> (Linneaus, 1758)	3
Figure 5. Chalut à perche (Cp3r) muni d'un racasseur	4
Figure 6. Carte de localisation des traits de chalut et des différentes strates d'échantillonnage	5
Figure 7. Tractus digestif de la petite sole jaune : <i>Buglossidium luteum</i> (Risso, 1810)	6
Figure 8. Carte des faciès sédimentaires de la baie de Seine (Lesueur 1999)	10
Figure 9. Carte de salinité des différentes stations d'échantillonnages de la baie de Seine d'après les mesures récoltés par la campagne COLMATAGE en septembre 2008	10
Figure 10. Carte de distribution des abondances des juvéniles de a) <i>S. solea</i> b) <i>B. luteum</i> et c) <i>P. platessa</i>	12
Figure 11. MFI des grandes catégories de proies identifiées dans les tractus digestifs de a) <i>Solea solea</i> b) <i>Buglossidium luteum</i> et c) <i>Pleuronectes platessa</i>	14
Figure 12. Variations spatiales (strates) des MFI (Indice alimentaire principal) des polychètes, des mollusques, des crustacés et des autres items alimentaires identifiés dans les contenus stomacaux de a) <i>Solea solea</i> , b) <i>Buglossidium luteum</i> , et c) <i>Pleuronectes platessa</i>	17
Figure 13. Régime alimentaire de <i>Solea solea</i> : MFI de chaque catégorie de proies (polychètes, mollusques, crustacés et autres) par station	18
Figure 14. Régime alimentaire de <i>Buglossidium luteum</i> : MFI de chaque catégorie de proies (polychètes, mollusques, crustacés et autres) par station	19

Figure 15. Régime alimentaire de <i>Pleuronectes platessa</i> : MFI de chaque catégorie de proies (polychètes, mollusques, crustacés et autres) par station	20
Figure 16. Variations par taille des MFI (Indice alimentaire principal) des polychètes, des mollusques, des crustacés et des autres items alimentaires identifiés dans les contenus stomacaux de a) <i>Solea solea</i> , b) <i>Buglossidium luteum</i> et c) <i>Pleuronectes platessa</i>	22
Figure 17. Localisation des proies (a) et taux de vacuité (%) (b) des tractus digestifs de <i>Solea solea</i> en fonction de l'heure de prélèvement	23
Figure 18. Localisation des proies (a) et taux de vacuité (%) (b) des tractus digestifs de <i>Buglossidium luteum</i> en fonction de l'heure de prélèvement	23
Figure 19. Localisation des proies (a) et taux de vacuité (%) (b) des tractus digestifs de <i>Pleuronectes platessa</i> en fonction des heures de prélèvements	24
Figure 20. Chevauchement des niches alimentaires par station	25
Figure 21. Carte des abondances relative des juvéniles de <i>B. luteum</i> , de <i>P. platessa</i> et de <i>S. solea</i>	26
Figure 22. Morphologie des tractus digestifs de <i>Buglossidium luteum</i> , <i>Solea solea</i> (a) et de <i>Pleuronectes platessa</i> (b)	27
Figure 23. Répartition du nombre d'espèces endogées de la macrofaune benthique de l'estuaire de Seine en septembre 2000	30

Table des tableaux

Tableau 1. Nombre et longueur total (mm) des poissons étudiés	7
Tableau 2. Moyenne (\pm SD) du nombre et du poids moyen des proies par tractus digestif pour les juvéniles des trois espèces étudiées	13
Tableau 3. Régime alimentaire des juvéniles des trois espèces étudiées	13
Tableau 4. Importance des différentes proies de polychètes, de mollusques et de crustacés dans le régime alimentaire des trois espèces étudiées	15
Tableau 5. Moyenne du nombre et du poids moyen des proies par tractus digestifs pour les juvéniles des trois espèces de poissons étudiés (strates)	16
Tableau 6. Moyenne du nombre et du poids moyen des proies par tractus digestifs pour les juvéniles des trois espèces de poissons étudiés (classe de tailles)	21
Tableau 7. Largeur des niches alimentaires (B) des juvéniles des trois espèces de poissons plats au niveau des strates (a) et des classes de taille (b)	25
Tableau 8. Composition moyenne du macrobenthos et de l'épifaune vagile échantillonné à la benne et des proies identifiées dans les contenus stomacaux des trois espèces étudiés (nombre d'individus par catégorie ramené à 1000)	30

Annexes

Liste des annexes

(pagination propre aux annexes)

Annexe 1 : Liste faunistique des espèces benthiques consommées par les trois espèces de poissons plats	1
Annexe 2 : Données environnementales récoltées lors de la campagne Colmatage de septembre 2008	2
Annexe 2' : Diagramme de Folk (1954)	3
Annexe 3 : Répartition spatiale de la sole de 1981 à 2008	4
Annexe 4 : Répartition spatiale de la plie de 1981 à 2008	5
Annexe 5 : Régime alimentaire des juvéniles de <i>Solea solea</i> (principales espèces trouvées dans les contenus stomacaux)	6
Annexe 6 : Régime alimentaire des juvéniles de <i>Buglossidium luteum</i> (principales espèces trouvées dans les contenus stomacaux)	7
Annexe 7 : Régime alimentaire des juvéniles de <i>Pleuronectes platessa</i> (principales espèces trouvées dans les contenus stomacaux)	8
Annexe 8 : Photos de quelques proies trouvées dans les contenus stomacaux des trois espèces de poissons plats	9
Annexe 9 : Tableau des effectifs de proies dans chaque segment du tractus digestif des trois espèces de poissons plats	10

Annexe 1 : Liste faunistique des espèces benthiques consommées par les trois espèces de poissons plats

ANNELIDES : Polychètes

- Ampharete balthica* (Eliason, 1955)
Eunereis longissima (Johnston, 1840)
Glycera spp.
Lanice conchilega (Pallas, 1766)
Magelona mirabilis (Johnston, 1865)
Magelona spp.
Marphysa belii (Audouin & Milne-Edwards, 1833)
Nephtys spp.
Nephtys hombergii (Savigny, 1818)
Némertes
Nereidae
Owenia fusiformis (Delle Chiaje, 1841)
Pectinaria koreni (Malmgren, 1866)
Pygospio elegans (Claparède, 1863)
Spionidae
Stenelais boa (Johnston, 1840)

MOLLUSQUES : Bivalves

- Abra alba* (Wood, 1802)
Cardium echinatum (Park, 1976)
Cerastoderma edule (L., 1758)
Ensis spp.
Macoma balthica (L., 1758)
Mysella bidentata (Montagu, 1803)
Nucula nucleus (L., 1758)
Phaxas pellucidus (Pennant, 1777)
Spisula spp.
Spisula subtruncata (Costa, 1778)
Tellina fabula (Gmelin, 1791)
Thracia spp.

MOLLUSQUES : Gastéropodes

- Euspira pulchella* (Risso, 1826)
Nassarius spp.
Nassarius reticulatus (L., 1758)

ECHINODERMETES

- Echinocyamus pusillus* (O.F.Müller, 1776)

PYCNOGONIDES

- Anoplodactylus petiolatus* (Krøyer, 1844)

COPEPODES HARPACTICOIDES

FORAMINIFERES

HYDRAIRE

CRUSTACES : Amphipodes caprellidés

- Pariambus typicus* (Sars, 1895)
Phthisica marina (Slabber, 1749)

CRUSTACES : Amphipodes gammaridés

- Abdulomelita obtusata* (Montagu, 1813)
Ampelisca brevicornis (Costa, 1853)
Ampelisca spinipes (Boeck, 1861)
Ampelisca tenuicornis (Liljeborg, 1855)
Bathyporeia spp.
Corophium volutator (Pallas, 1766)
Ischyroceridae
Leucothoe spp.
Leucothoe incisa (Robertson, 1892)
Leucothoe liljeborgi (Boeck, 1861)
Leucothoe spinicarpa (Abildgaard, 1789)
Megaluropus agilis (Hoek, 1889)
Melita palmata (Montagu, 1804)
Monoculodes spp.
Orchomene nana (Krøyer, 1846)
Periculodes longimanus (Bate and Westwood, 1868)
Pontocrates altamarinus (Bate and Westwood, 1862)
Urothoe elegans (Bate, 1857)

CRUSTACES : Décapodes

- Carcinus maenas* (L., 1758)
Ebalia tumefacta (Montagu, 1808)
Pinnotheres pisum (L., 1767)
Psidia longicornis (L., 1767)

CRUSTACES : Isopodes

- Idotea* spp.
Gnathia spp.

CRUSTACES : Crevettes

- Crangon crangon* (L., 1758)
Crangonidae
Philocheira bispinosus (Hailstone, 1835)

CRUSTACES : Cumacés

- Bodotria* spp.
Diastylis spp.
Pseudocuma spp.

CRUSTACES : Mysidacés

- Gastrosaccus spinifer* (Goës, 1863)

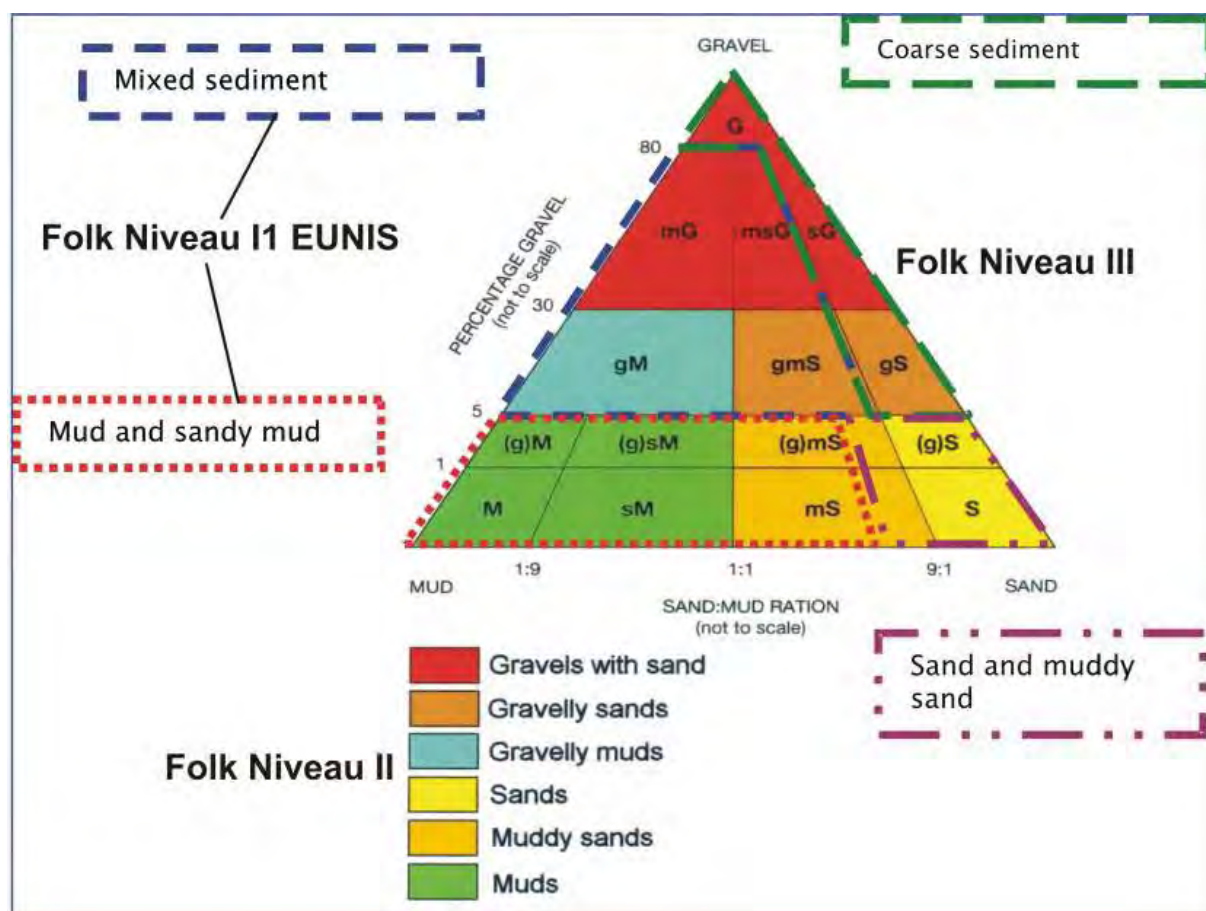
CRUSTACES : Paguridés

Annexe 2 : Données environnementales récoltées lors de la campagne Colmatage de septembre 2008

Paramètres environnementaux					Abondance des espèces (nombre d'individus)		
Traits de chalut	Classement Folk	Température	Salinité	Bathymétrie	<i>Buglossidium luteum</i>	<i>Pleuronectes platessa</i>	<i>Solea solea</i>
1	gS	17,1	33,21	2	92	4	0
2	(g)mS	17,2	33,56	2	12	0	0
3	gmS	17,0	33,36	2	216	9	0
4	mS	16,8	33,38	2	50	0	0
5	S	16,5	33,10	1	2	2	0
6	S	16,2	33,15	1	1	1	0
7	gS	16,4	32,83	1	1	1	0
8	(g)mS	17,0	33,01	1	8	3	1
9	(g)S	17,1	33,12	1	56	12	0
10	mS	17,0	33,24	2	8	83	12
11	(g)S	16,9	33,49	3	40	0	1
12	gS	17,1	33,68	3	136	0	0
13	(g)S	17,2	33,79	3	12	0	0
14	(g)S	17,2	33,80	3	112	0	0
15	(g)S	17,2	33,70	3	124	1	0
16	S	17,0	33,03	1	8	13	5
17	(g)mS	17,0	32,95	1	4	5	5
18	(g)S	17,0	32,84	1	4	6	3
19	S	16,8	32,23	1	0	7	0
20	mS	16,9	32,63	1	0	3	13
21		16,6	30,66	1	0	1	0
22		16,8	31,51	1	0	1	0
23	(g)sM	16,9	32,30	1	0	2	1
24	S	16,9	33,58	1	0	1	4
25	(g)S	16,7	34,11	3	455	2	1
26	S	16,7	34,12	3	128	1	1
27	S	16,7	33,94	3	28	1	0
28	(g)mS	16,7	33,42	2	96	12	1
29	gS	16,7	33,48	2	96	26	12
30	S	16,7	33,95	2	96	103	259
31	S	16,7	34,08	2	29	0	2
32	(g)S	16,7	34,09	2	108	6	2
33	mS	16,7	33,31	1	3	0	7
34	S	16,7	33,49	1	2	4	5
35	mS	16,7	33,91	1	0	14	29
36	S	16,8	33,98	1	0	7	1
37	S	16,7	33,96	2	0	13	1
38	sG	16,8	34,13	3	5	0	0
39	(g)mS	16,9	34,15	3	10	0	0
40	gmS	16,9	34,15	3	9	0	0
41	S	16,9	34,17	3	5	1	3
42		16,6	30,58	1	0	0	1
43	S	16,6	31,04	1	0	0	14
44	S	16,6	32,68	1	0	0	66
45	sM	16,6	32,88	1	0	0	0
46	sM	16,7	32,94	1	0	0	0
47	sM	16,7	32,81	1	0	0	0

Classe	Bathymétrie
1	< 5m
2	entre 5 et 10m
3	> 10m

Annexe 2' : Diagramme de Folk (1954)

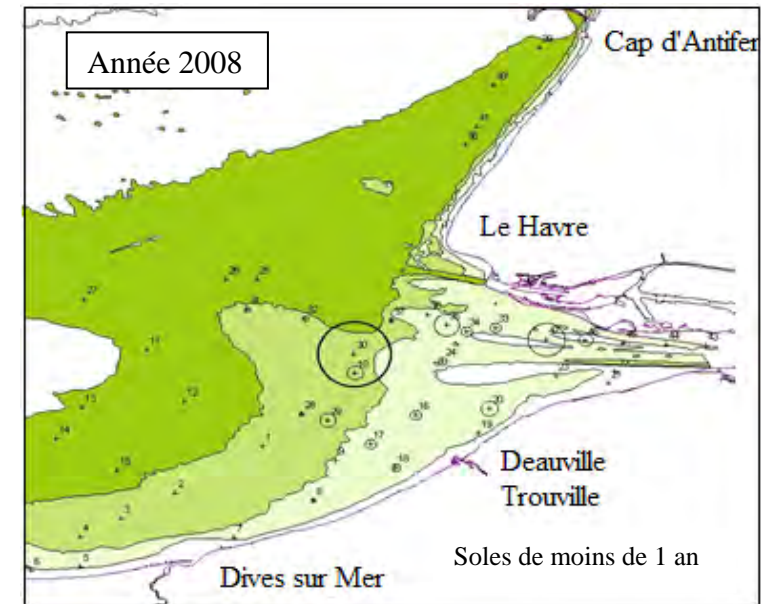
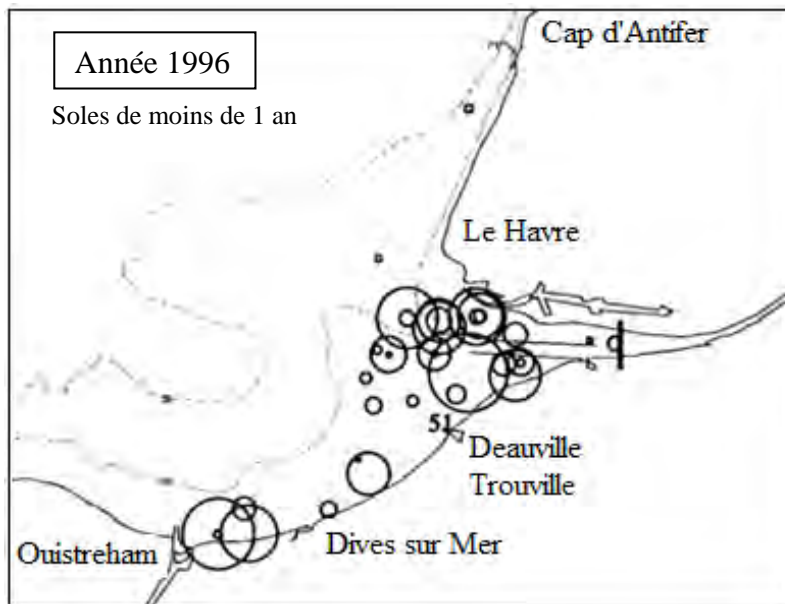
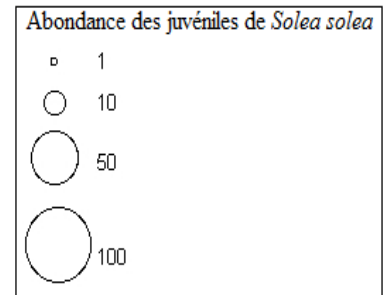
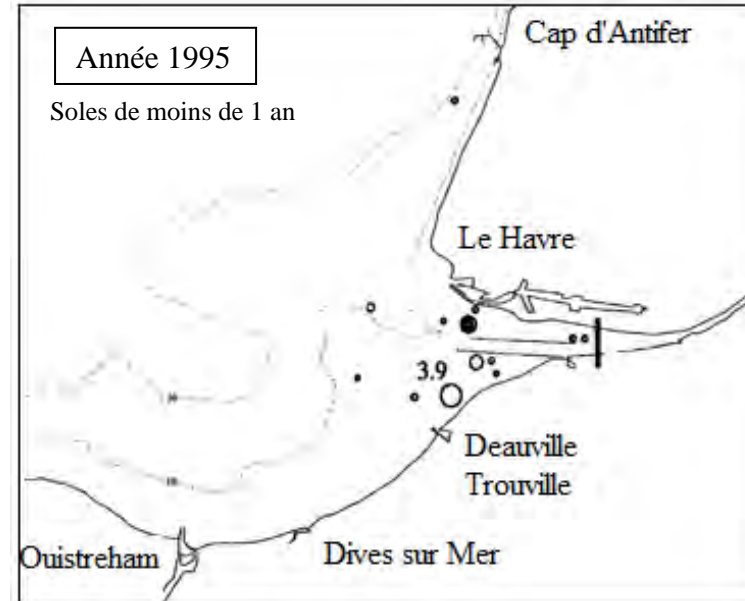
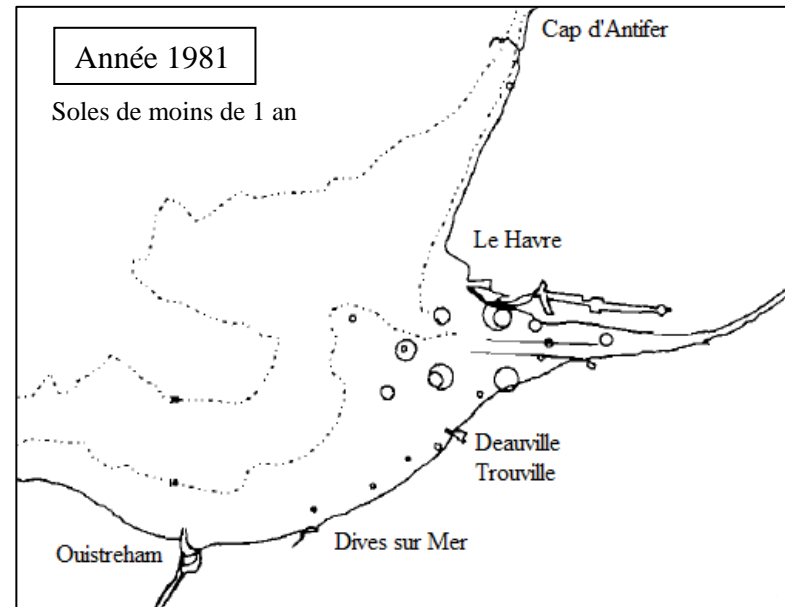


Source : Rapport du réseau de surveillance benthique. Région Bretagne.

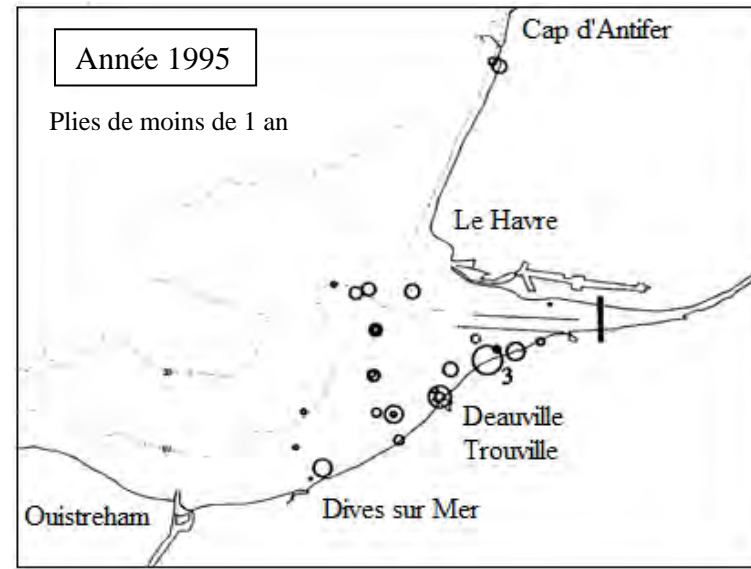
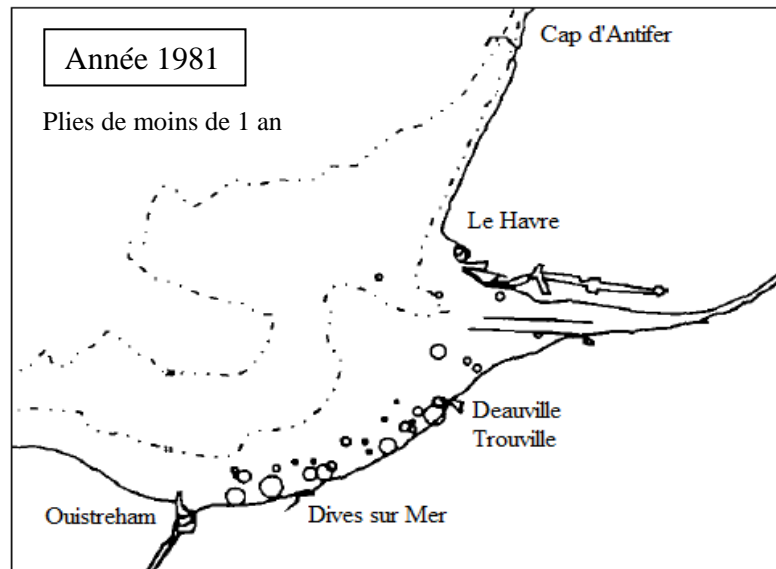
Titre : Approche sectorielle subtidale : Identification et caractérisation des habitats benthiques du secteur Vilaine.

sédiments	significations
G	Graviers
mG	Graviers avec un peu de vase
msG	Graviers avec un peu de vase et de sable
sG	Graviers avec un peu de sable
M	Vase
Ms	Vase sableuse
Mg	Vase avec un peu de graviers
M(g)	Vase avec quelques graviers
Ms(g)	Vase sableuse avec quelques graviers
S	Sable
Sm	Sablo vaseux
Sg	Sable avec un peu de graviers
Smg	Sablo vaseux avec un peu de graviers
S(g)	Sable avec quelques graviers
Sm(g)	Sablo vaseux avec quelques graviers

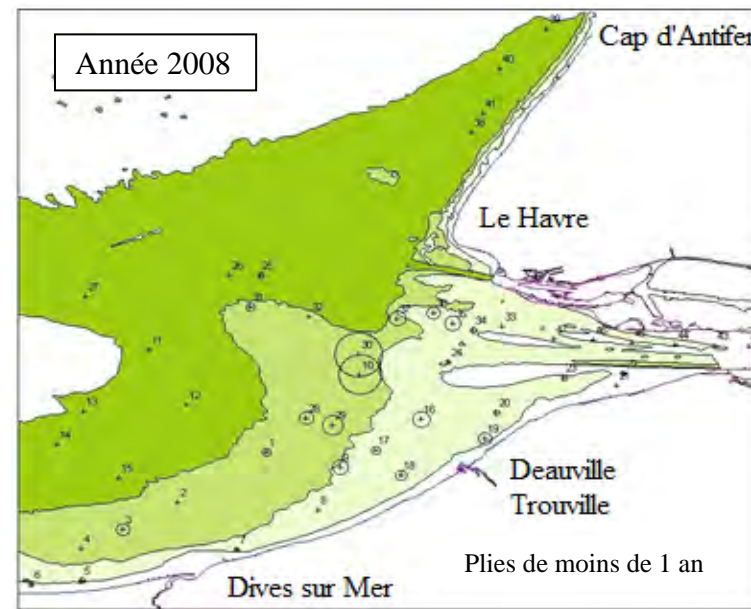
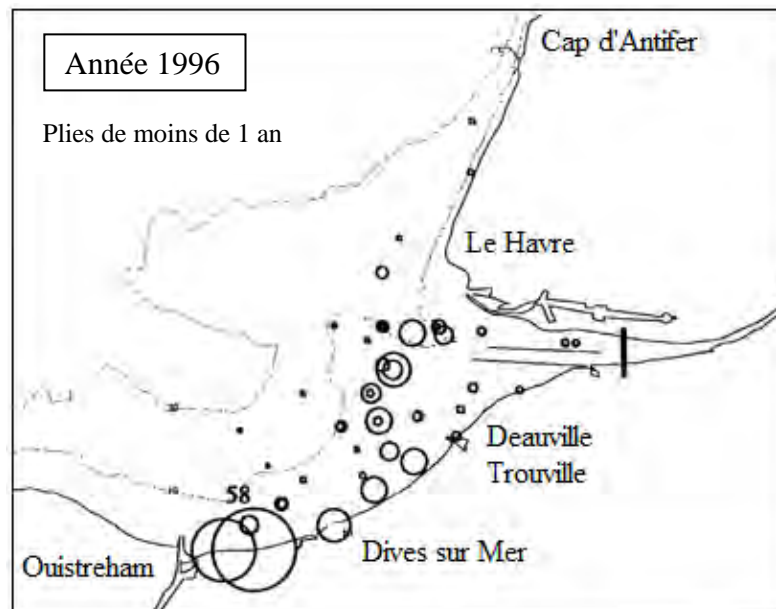
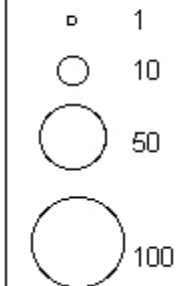
Annexe 3 : Répartition spatiale de la sole de 1981 à 2008



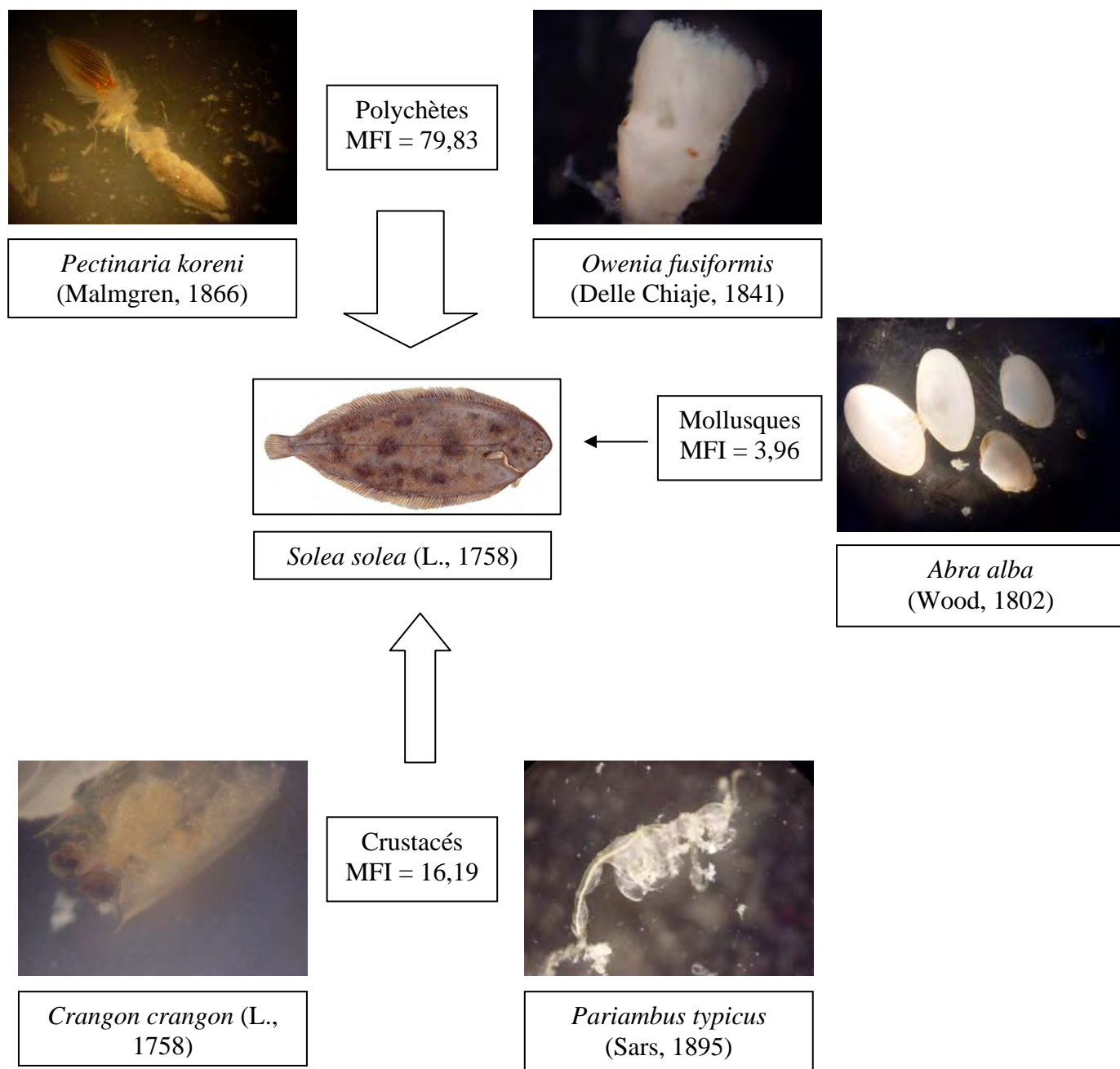
Annexe 4 : Répartition spatiale de la plie de 1981 à 2008



Abondance des juvéniles de
Pleuronectes platessa



Annexe 5 : Régime alimentaire des juvéniles de *Solea solea* (principales espèces trouvées dans les contenus stomacaux)



**Annexe 6 : Régime alimentaire des juvéniles de *Buglossidium luteum*
(principales espèces trouvées dans les contenus stomacaux)**



Ampelisca brevicornis
(Costa, 1853)



Copépodes
harpacticoïdes



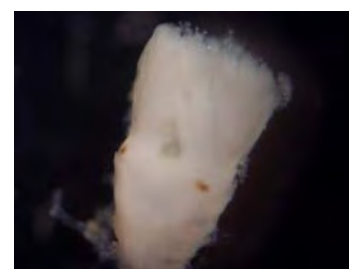
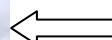
Philocheiras bispinosus
(Hailstone, 1835)

Crustacés
MFI = 38,07



Buglossidium luteum (Risso, 1810)

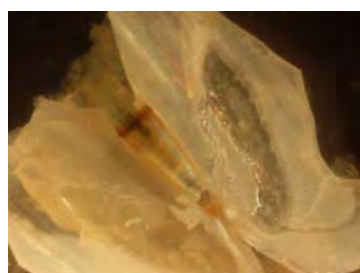
Polychètes
MFI = 32,96



Owenia fusiformis
(Delle Chiaje, 1841)



Mollusques
MFI = 25,48



Phaxas pellucidus
(Pennant, 1777)



Abra alba
(Wood, 1802)

**Annexe 7 : Régime alimentaire des juvéniles de *Pleuronectes platessa*
(principales espèces trouvées dans les contenus stomacaux)**

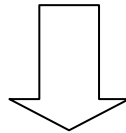


Phaxas pellucidus
(Pennant, 1777)

Mollusques
MFI = 48,77



Abra alba
(Wood, 1802)

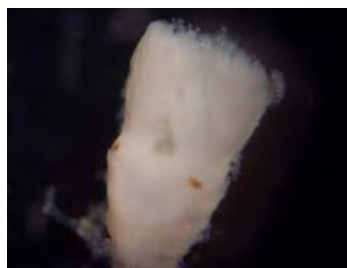
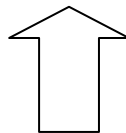


Pleuronectes platessa (L., 1758)

Crustacés
MFI = 3,51



Pariambus typicus
(Sars, 1895)



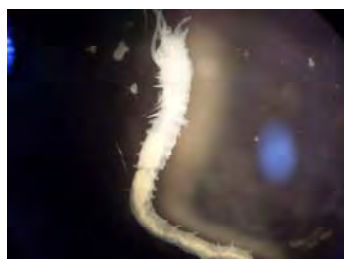
Owenia fusiformis
(Delle Chiaje, 1841)

Polychètes
MFI = 45,07

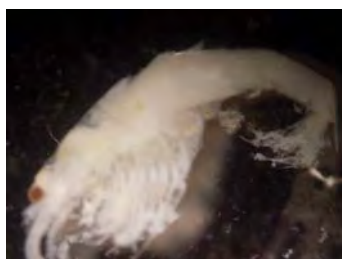


Pectinaria koreni
(Malmgren, 1866)

**Annexe 8 : Photos de quelques proies trouvées dans les contenus stomacaux
des trois espèces de poissons plats**



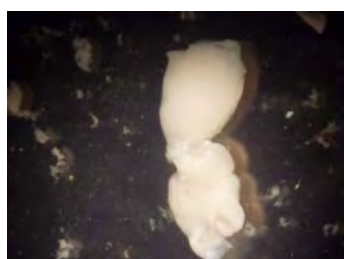
Ampharete balthica
(Eliason, 1955)



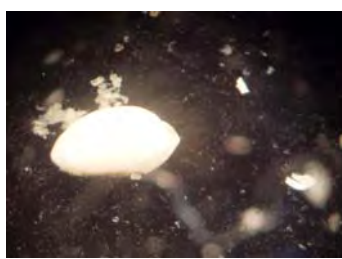
Gastrosaccus spinifer
(Goës, 1863)



Diastylis spp.



Siphon de bivalve



Foraminifères



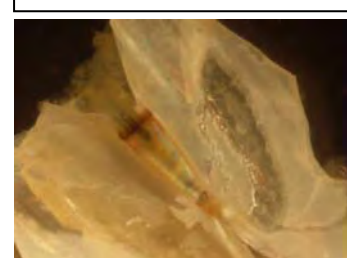
Abra alba
(Wood, 1802)



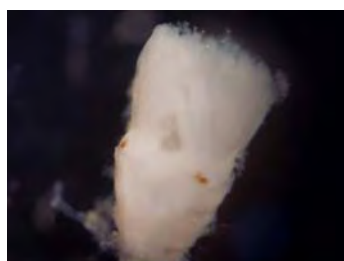
Pinotheres pisum
(L., 1767)



Leucothoe incisa
(Robertson, 1892)



Phaxas pellucidus
(Pennant, 1777)



Owenia fusiformis
(Delle Chiaje, 1841)



Pectinaria koreni
(Malmgren, 1866)



Nephtys spp.

Annexe 9 : Tableau des effectifs de proies dans chaque segment du tractus digestif des trois espèces de poissons plats

S. solea

Heure de prélèvement	Nbre de tractus analysés	Nbre de tractus vides	Estomac + I1	I2+I3+I4+I5	Rectum	Taux de vacuité
9h	10	1	9	30	3	9,09
10h	10	0	4	34	2	0,00
11h	0	0	0	0	0	0,00
12h	0	0	0	0	0	0,00
13h	35	5	27	103	5	14,29
14h	15	2	10	66	6	13,33
15h	5	1	0	10	1	20,00
16h	12	4	7	24	7	33,33
17h	1	0	0	1	3	0,00
18h	14	4	3	9	2	28,57
(nuit)						

B. luteum

Heure de prélèvement	Nbre de tractus analysés	Nbre de tractus vides	Estomac + I1	I2+I3+I4+I5	Rectum	Taux de vacuité
9h	21	1	32	231	30	4,76
10h	16	0	12	147	24	0,00
11h	40	0	22	432	77	0,00
12h	24	2	47	185	11	8,33
13h	22	2	13	226	14	9,09
14h	52	6	2	343	79	12,00
15h	21	2	13	111	36	9,52
16h	10	2	0	23	12	20,00
17h	18	6	0	42	8	33,33
18h	2	0	0	48	0	0,00
(nuit)						

P. platessa

Heure de prélèvement	Nbre de tractus analysés	Nbre de tractus vides	Estomac + I1	I2+I3+I4+I5	Rectum	Taux de vacuité
9h	13	1	27	41	0	7,69
10h	7	1	29	30	0	14,29
11h	14	1	36	57	2	7,14
12h	0	0	0	0	0	0,00
13h	27	2	77	127	12	8,00
14h	15	0	61	142	1	0,00
15h	13	2	22	30	1	15,38
16h	3	0	14	17	0	0,00
17h	5	0	8	28	1	0,00
18h	11	0	90	119	1	0,00
(nuit)						

RESUME

Le régime alimentaire de trois espèces de poissons plats, *Solea solea*, *Buglossidium luteum* (Soleidae) et *Pleuronectes platessa* (Pleuronectidae), a été étudié afin d'observer le partage des ressources alimentaires entre leurs juvéniles dans les aires de nurseries 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 actifs 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.

Mots-clés : nurserie, estuaire de Seine, relations trophiques, régime alimentaire, compétition, *Solea solea*, *Buglossidium luteum*, *Pleuronectes platessa*.

ABSTRACT

Diet of the three flatfish species, *Solea solea*, *Buglossidium luteum* (Soleidae) and *Pleuronectes platessa* (Pleuronectidae), was studied to observe food partitioning between their juveniles in nursery areas of the bay and estuary of Seine. These three species have a different spatial distribution (mainly influenced by the bathymetry). They have the same diet (polychaetes, molluscs and crustaceans) but showed different food preferences. *S. solea*, mainly consumed polychaetes and *B. luteum* has a diversified food, while *P. platessa* preyed essentially molluscs and polychaetes. This study showed also a spatial diet variability of these flatfish species. They have an opportunistic feeding mode, adapting their diet to the prey availability which changes in the area studied. Moreover, their feeding rhythms are different: the two Soleidae are principally active during the night and the Pleuronectidae during the day. Differences in spatial distributions, food preferences and feeding rhythms probably reduce their potential interactions.

Key-words: Nursery ground, Seine estuary, trophic links, diet, competition, *S. solea*, *B. luteum*, *P. platessa*.