

Morin J.<sup>(1)</sup>, Le Pape O.<sup>(2)</sup>, Amara R.<sup>(3)</sup>, Mahé K.<sup>(4)</sup>, Gilliers C.<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Département Ressources Halieutiques Manche-Mer du Nord. Laboratoire Ressources Halieutiques, Ifremer, Avenue du Général de Gaulle, 14520 Port-en-Bessin

<sup>(2)</sup> Département Halieutique, Agrocampus Rennes, 5 rue de St Briec, CS 84215, 35042 Rennes

<sup>(3)</sup> Université du Littoral-Côte d'Opale, CNRS UMR8013, Avenue Foch, 62930 Wimereux

<sup>(4)</sup> Département Ressources Halieutiques Manche-Mer du Nord. Laboratoire Ressources Halieutiques, Ifremer, 150, quai Gambetta, 62321 Boulogne-sur-Mer

---

## **Identification des habitats essentiels de nourriceries de poissons à partir d'indicateurs faunistiques**

### **Qualité de ces habitats pour les juvéniles de soles en estuaire de Seine**

#### **Programme Seine Aval**

#### **Année 2005**

**Thème**  
**« Halieutique, habitats et**  
**restauration des fonctionnalités biologiques »**

-----

**Identification des habitats essentiels de nourriceries de poissons**  
**à partir d'indicateurs faunistiques**

**Qualité de ces habitats pour les juvéniles de soles en estuaire de**  
**Seine**

-----

Morin J.<sup>(1)</sup>, Le Pape O.<sup>(2)</sup>, Amara R.<sup>(3)</sup>, Mahé K.<sup>(4)</sup>, Gilliers C.<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> *Département Ressources Halieutiques Manche-Mer du Nord. Laboratoire Ressources Halieutiques, Ifremer, Avenue du Général de Gaulle, 14520 Port-en-Bessin*

<sup>(2)</sup> *Département Halieutique, Agrocampus Rennes, 5 rue de St Briec, CS 84215, 35042 Rennes*

<sup>(3)</sup> *Université du Littoral-Côte d'Opale, CNRS UMR8013, Avenue Foch, 62930 Wimereux*

<sup>(4)</sup> *Département Ressources Halieutiques Manche-Mer du Nord. Laboratoire Ressources Halieutiques, Ifremer, 150, quai Gambetta, 62321 Boulogne-sur-Mer*

## Résumé

---

De nombreuses espèces de poissons marins passent, au cours de leur cycle biologique, par des habitats restreints et instables que sont les nourriceries côtières et estuariennes. Ces écosystèmes sont essentiels pour la croissance et la survie des jeunes poissons.

Des études récentes menées dans le cadre des programmes Seine Aval 1 et 2, ainsi que dans d'autres projets, ont permis de montrer que l'estuaire de Seine abrite des quantités importantes de juvéniles (Morin *et al.*, 1997) mais que cet estuaire est soumis à une pression anthropique importante qui perturbe la fonction de nourricerie qu'il devrait normalement jouer. Il existe, en effet, un paradoxe entre les disponibilités nutritives de l'estuaire et les communautés ichtyologiques qui exploitent cette ressource (Mouny, 1998) et ce constat se vérifie spécifiquement pour les juvéniles d'espèces d'intérêt halieutique (Riou, 1999; Le Pape *et al.*, 2000 ; Le Pape *et al.*, accepté).

La qualité d'un habitat résulte d'interactions diverses et, en l'absence de données sur une longue période au cours de laquelle les conditions du milieu ont évolué, ne peut être mesurée directement. Elle peut seulement être décrite sur la base d'une comparaison inter-sites. Les travaux menés depuis l'année 2000, dans le cadre des Programmes « Seine Aval », ont eu pour objectif d'évaluer la qualité de l'estuaire de Seine en tant que nourricerie de poissons. Basés sur une étude comparative de sites de nourriceries de Manche Est et du golfe de Gascogne, puis de trois sites de la baie de Seine, ils utilisent la croissance et la condition des juvéniles de soles de moins d'un an (groupe 0) comme indicateurs de qualité de ces habitats de nourriceries. Les juvéniles prélevés dans l'estuaire de Seine, fortement anthropisé, présentent des performances écologiques plus faibles que ceux provenant des autres sites de nourriceries (Morin *et al.*, 2002 ; Morin *et al.*, 2003 ; Gilliers *et al.*, 2004 ; Gilliers, 2004). Il était intéressant de vérifier si les indicateurs utilisés pour mesurer ces performances étaient pertinents à une échelle géographique plus petite, celle d'un estuaire. Les mesures d'indices de condition et de croissance effectuées sur des juvéniles de soles prélevés en 2003 et 2004 en trois secteurs de l'estuaire de Seine, selon une radiale « Pont de Normandie – embouchure de l'estuaire », montrent l'existence d'un gradient géographique dans les performances biologiques de ces juvéniles. Les poissons provenant de la partie la plus interne de l'estuaire (fosse nord) présentent des indices de condition et de croissance plus faibles que ceux provenant du secteur de l'embouchure. A échelle locale, il est donc possible de mettre en évidence des différences dans la qualité des habitats de nourriceries. Les habitats de nourriceries côtières et estuariennes sont indispensables au développement des juvéniles de bon nombre d'espèces marines, juvéniles qui rejoignent ensuite les stocks du large et contribuent ainsi au recrutement. Le caractère déterminant de cette écophase côtière ou estuarienne, pour les juvéniles, permet de considérer que la dégradation de ces habitats côtiers est une des causes principales de diminution du recrutement et donc de la taille des populations marines qui occupent ces habitats. L'identification et la caractérisation des habitats essentiels à la survie et à la croissance des juvéniles de poissons constitue un préalable aux travaux de préservation ou de réhabilitation des fonctionnalités de nourriceries de l'estuaire de Seine. Les études menées sur les côtes françaises, en prenant la sole pour exemple, ont permis d'identifier les sites de nourriceries côtières et estuariennes, en mettant en relation la répartition spatiale des juvéniles avec des paramètres physiques du milieu. La relation avec les peuplements macro-épibenthiques associés (poissons et invertébrés) restait, par contre, encore peu connue. Une recherche de descripteurs potentiels des habitats de nourriceries de soles de groupe 0 (G0) a été effectuée à partir des données environnementales et de peuplement recueillies, pour une grande part, lors des échantillonnages effectués au chalut à perche, à l'automne, de 1995 à 2002.

Une série d'analyses descriptives a tout d'abord permis de mettre en évidence l'existence de relations entre la présence ou l'abondance de soles G0 et les variables environnementales et/ou faunistiques telles que bathymétrie, structure sédimentaire, richesse spécifique, densité des peuplements associés aux captures de soles, densité d'individus appartenant à des

groupes fonctionnels préalablement définis, en particulier les groupes trophiques. Les variables de peuplements ont été analysées sous deux formes, toutes espèces sauf la sole et toutes espèces sans les poissons (macro-épibenthos).

Les variables identifiées comme descripteurs potentiels de la présence et/ou de l'abondance de soles G0 ont été utilisées pour la modélisation des habitats de soles G0. En raison de l'existence d'une grande proportion de valeurs nulles (absence de soles G0) deux modèles ont été successivement construits : un modèle binomial pour la « présence de soles G0 » et un modèle Gaussien pour les « densités positives de soles G0 ». Dans les deux cas, une procédure de type « stepwise » a tout d'abord été appliquée à un modèle complet incluant toutes les variables précédemment retenues comme descripteurs potentiels, ainsi que leurs interactions. Cette procédure a permis de déterminer et conserver les variables contribuant de façon significative au modèle final.

La présence de soles G0 peut ainsi être modélisée à l'aide des variables profondeur, sédiment, densités log-transformées de carnivores et densités log-transformées de « détritivores + déposivores + suspensivores », et par les interactions entre ces variables. La profondeur apparaît comme la variable contribuant le plus à l'explication de la présence de soles G0. Les variables de peuplement liées aux groupes trophiques y contribuent également de façon significative mais à un niveau moindre. Par contre, les données de sédiment utilisées y contribuent peu, contrairement à ce qui est indiqué dans la bibliographie pour d'autres sites de nourriceries. Les densités positives de soles G0 sont modélisées uniquement par les variables de peuplement précédemment citées et qui peuvent être considérées comme des descripteurs indirects de la richesse biologique d'un milieu convenant à l'installation des juvéniles de soles.

Ces résultats montrent que la description des habitats de juvéniles de soles serait améliorée si les données environnementales et de peuplement étaient recueillies sur le terrain de façon simultanée. Si de nouvelles séries d'échantillonnage étaient programmées en estuaire de Seine, il serait souhaitable de les réaliser de façon « intégrée » en incluant notamment le recueil et l'identification du sédiment superficiel et du benthos endogé.

D'un point de vue opérationnel, on peut considérer que l'on dispose d'indicateurs de qualité du milieu au travers des performances biologiques des juvéniles de soles, dont la pertinence a été démontrée en différents sites estuariens et faciles à mesurer. La méthode de caractérisation des habitats essentiels à la survie et à la croissance des juvéniles de soles peut être appliquée à d'autres espèces et à d'autres sites de nourriceries.

# Sommaire

<b>Résumé .....</b>	<b>3</b>
<b>1. Introduction .....</b>	<b>6</b>
<b>2. Indices de condition et de croissance mesurés sur les juvéniles de sole .....</b>	<b>7</b>
2.1. Analyses réalisées en 2005 à l'échelle de l'estuaire de la Seine...	7
2.2. Prélèvements de juvéniles de soles (G0) réalisés en 2005 .....	9
<b>3. Identification des habitats de juvéniles de soles (G0) en estuaire de Seine à partir d'indicateurs environnementaux et faunistiques.....</b>	<b>10</b>
3.1 Matériel et méthodes .....	10
3.1.1.Zone d'étude .....	10
3.1.2 Données de chalutage .....	11
3.1.3 Descripteurs physiques .....	11
3.1.4 Descripteurs de peuplements .....	12
3.1.5 Analyse préliminaire des données.....	12
3.1.6 Modélisation de la présence et de l'abondance de soles G0 .	12
3.2.Résultats .....	13
3.2.1.Analyse préliminaire des données et regroupements préalables de descripteurs .....	13
3.2.2 Relations entre présence de soles G0 et descripteurs physiques et de peuplements. Recherche des variables les mieux corrélées à la présence de soles G0	17
3.2.3 Relations entre abondance de soles G0 et descripteurs physiques et de peuplements. Recherche des variables les mieux corrélées à l'abondance de soles G0	20
3.2.4 Modélisation de la présence de sole G0.....	22
3.2.5 Modélisation de l'abondance de sole G0.....	26
<b>Conclusion.....</b>	<b>28</b>
<b>Remerciements.....</b>	<b>29</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>30</b>

## 1. Introduction

---

De nombreuses espèces de poissons marins passent, au cours de leur cycle biologique, par des habitats restreints et instables que sont les nourriceries côtières et estuariennes. Ces écosystèmes sont essentiels pour la croissance et la survie des jeunes poissons. Le caractère déterminant de cette écophase côtière ou estuarienne, pour les juvéniles, permet de considérer que la dégradation de ces biotopes côtiers est une des causes principales de diminution du recrutement et donc de la taille des populations marines qui occupent ces habitats. L'état de santé et l'abondance des juvéniles de poissons dépendent non seulement de la qualité des habitats de nourriceries mais également de leur superficie.

Des études récentes menées dans le cadre des programmes Seine Aval 1 et 2, ainsi que dans d'autres projets, ont permis de montrer que l'estuaire de Seine abrite des quantités importantes de juvéniles (Morin *et al.*, 1997) mais qu'il est soumis à une pression anthropique importante qui perturbe la fonction de nourricerie qu'il devrait potentiellement jouer. Il existe, en effet, un paradoxe entre les disponibilités nutritives de l'estuaire et les peuplements ichtyologiques qui exploitent cette ressource (Mouny, 1998) et ce constat se vérifie spécifiquement pour les juvéniles d'espèces d'intérêt halieutique (Riou, 1999; Le Pape *et al.*, 2000 ; Le Pape *et al.*, accepté).

La qualité des habitats de nourriceries de l'estuaire de Seine a été étudiée au travers des performances biologiques des juvéniles de moins d'un an (groupe 0) en prenant pour exemple la sole. Cette espèce de forte valeur commerciale, bien étudiée, est présente sur pratiquement tous les sites de nourriceries. Une comparaison de ces performances a tout d'abord été effectuée à large échelle géographique (2001-2002), sur différents sites de nourriceries de l'Atlantique et de la Manche est. Les soles de groupe 0 récoltées sur les sites les plus contaminés (Seine et Gironde) présentent les indices de croissance et de condition les plus faibles (Gilliers *et al.*, 2004)). A l'échelle d'un même bassin, celui de la baie de Seine, les soles de groupe 0 prélevées en estuaire de Seine (2002-2003) présentent des performances biologiques plus faibles que celles provenant des sites adjacents que sont la baie de l'Orne et la baie des Veys. Il nous est apparu intéressant de regarder si à l'échelle de l'estuaire de Seine il existait des différences de performances biologiques. Une première série de prélèvements (2003) et d'analyses, réalisés selon une radiale fond estuaire/embouchure, a permis de mettre en évidence un gradient au sein de cet estuaire. Une deuxième série de prélèvements (2004) et d'analyses effectuée en 2005 a eu pour objectif de confirmer ces observations.

Dans un objectif de préservation et de réhabilitation des fonctionnalités de l'estuaire de Seine, dont celle de nourricerie pour les poissons, il a été entrepris d'identifier les habitats nécessaires à l'installation des juvéniles de poissons et tout particulièrement ceux de sole de groupe 0. La caractérisation de ces habitats a été effectuée à partir d'indicateurs environnementaux et faunistiques, en s'appuyant sur les données récoltées au cours des campagnes automnales de chalutage réalisées de 1995 à 2002 en estuaire de Seine. Ce travail fait suite à une précédente analyse de la structuration spatiale des peuplements échantillonnés au chalut à perche.

## 2. Indices de condition et de croissance mesurés sur les juvéniles de sole

---

### 1.1. Analyses réalisées en 2005 à l'échelle de l'estuaire de la Seine

Les études menées à l'échelle de la baie de Seine (2002-2003) ont montré que les juvéniles de Groupe 0 (individus de moins de 1 an, ci-après appelés G0), récoltés à l'embouchure de l'estuaire de Seine présentent des performances biologiques significativement plus faibles que ceux collectés sur les sites de la baie de l'Orne et de la baie des Veys.

Les travaux menés en 2003 ont montré qu'en plus des différences observées entre ces 3 sites, il existe également des différences à l'intérieur même de l'estuaire de Seine. Les juvéniles de soles prélevés dans la zone la plus interne (C) présentent des valeurs significativement plus faibles que ceux récoltés aux points A et B, quel que soit l'indicateur biologique considéré (Fig. 1).

Afin de confirmer ces observations des prélèvements ont été à nouveau réalisés à l'automne 2004, en différents points de l'estuaire de Seine situés entre le pont de Normandie et l'embouchure de l'estuaire (Fig. 1). Les indices de conditions K et R ont été mesurés sur 169 individus et 49 ont fait l'objet de mesures de croissance récente CR. Pour ces trois indices, les valeurs mesurées au point C' (fond de l'estuaire) sont significativement inférieures à celles mesurées dans les secteurs A' et B' situés à proximité de l'embouchure de l'estuaire. On observe donc un gradient des performances biologiques des juvéniles au sein même de l'estuaire de Seine. Ces comparaisons intra-estuaire effectuées à l'automne, deux années successives (2003-2004), montrent que les individus présents dans la fosse nord de l'estuaire de Seine présentent des performances biologiques (condition et croissance récente) plus faibles que ceux présents dans les secteurs localisés à l'embouchure. Cette zone de vase de la fosse nord, identifiée comme nourriceries de poissons, est pourtant une zone de forte productivité benthique (Dauvin 2002), mais très anthropisée, elle fournirait un habitat de moins bonne qualité pour les juvéniles de soles.

Sur un même secteur de nourricerie, la qualité de l'habitat semble donc varier à échelle locale et probablement en fonction du degré de perturbation anthropique. Ces résultats sont en effet à mettre en relation avec les travaux de Burgeot et *al.* (1999) qui ont montré l'impact de la contamination sur la physiologie de plusieurs espèces de poissons en estuaire de Seine. Cela a déjà été constaté par Able et *al.* (1999) et par Burke et *al.* (1993) sur des secteurs de nourriceries sujets aux activités humaines. Dans le cadre de cette étude, une explication possible est qu'au niveau des zones ouvertes du large, l'habitat est relativement plus favorable. En effet, les contaminants qui arrivent à la mer sont dilués sous l'effet du fort hydrodynamisme. Ces zones moins confinées sont moins soumises aux phénomènes de pollution de l'eau et des sédiments, et d'anoxie. Ce résultat peut être également en partie lié à la faible mobilité et aux mouvements limités des juvéniles de groupe 0 de poissons plats sur la nourricerie en période estivale, comme cela a été montré pour la sole (Moles et *al.*, 1994) ainsi que pour le flet l'hiver (Saucerman & Deegan 1991). De plus, Dalla Via et *al.* (1994) ont montré que lorsqu'elles sont soumises à des conditions environnementales stressantes comme l'hypoxie, les soles réduisent leur activité locomotrice et se maintiennent sur le fond. Enfin, Moles et *al.* (1994) ont constaté que les juvéniles de plusieurs espèces de poissons plats ne montraient pas de comportement d'évitement face à des sédiments contaminés, si le type de sédiments et la nourriture leur étaient favorables.

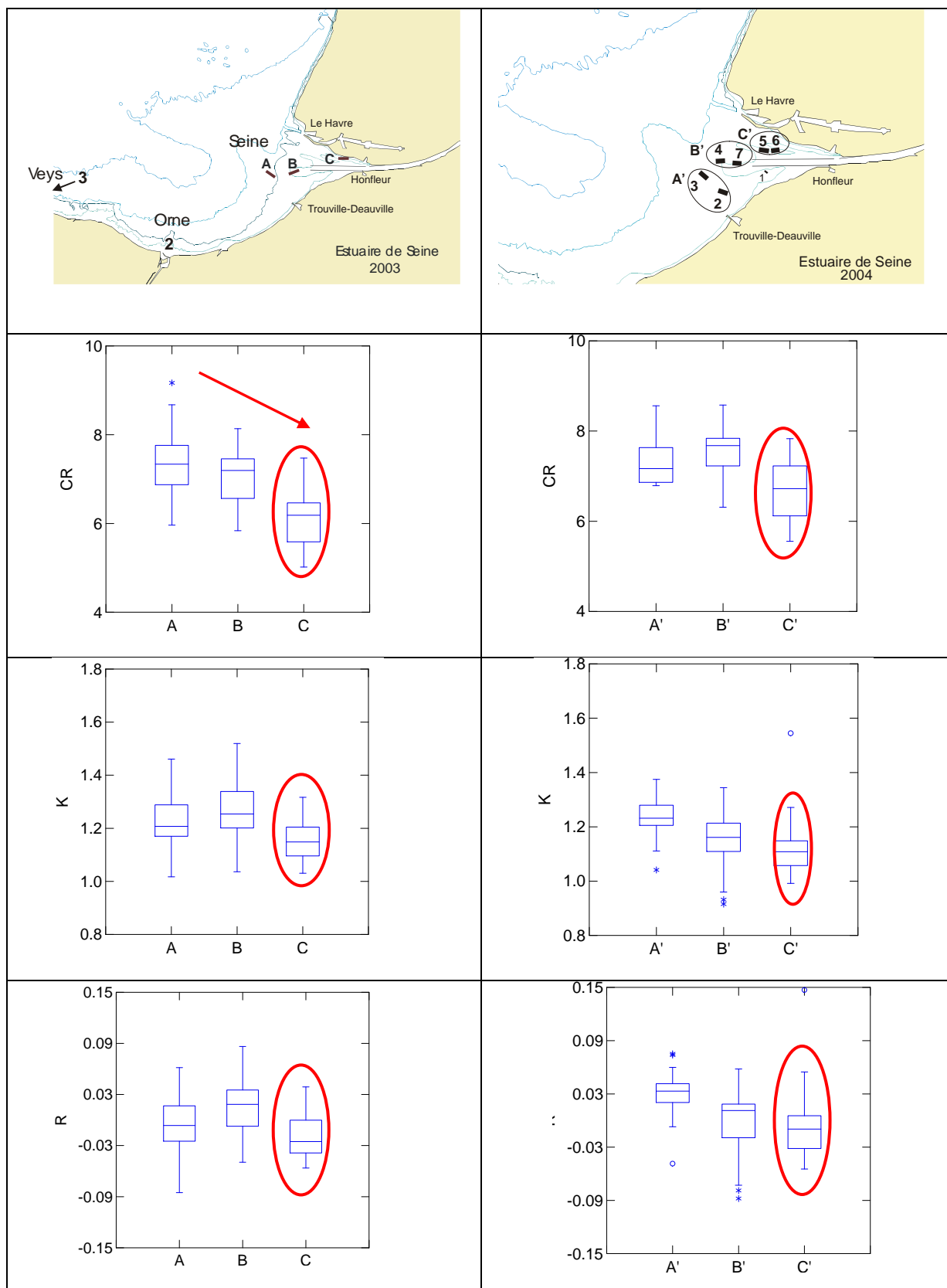


Figure 1 : Indices de croissance et de condition mesurés sur les soles groupe 0 prélevées à l'automne 2003 et 2004, en estuaire de Seine.

Les « diagrammes en boîte » ou « boxplot » indiquent les valeurs de la médiane, des quartiles 25% et 75% ainsi que les valeurs maximum et minimum.



## 1.2. Prélèvements de juvéniles de soles (G0) réalisés en 2005

Lors des précédents travaux menés à large échelle géographique, dans le cadre du Programme Seine Aval, une relation négative a été mise en évidence entre les performances biologiques des juvéniles de soles et le degré de contamination des sites de nourricerie étudiés. Les plus faibles performances écologiques sont observées dans les secteurs estuariens les plus contaminés, la Seine et la Gironde, la Seine se distinguant par une contamination organique élevée (Gilliers et *al.*, accepté).

Les travaux menés à l'échelle de l'estuaire de Seine, en 2003 et 2004, ont montré l'existence d'un gradient de performances biologiques à l'intérieur de l'estuaire. Il est prévu de mettre en parallèle les performances biologiques des juvéniles de soles et le degré de contamination organique mesuré dans ces mêmes poissons. Les résultats de dosages de contaminants organiques effectués dans le cadre d'autres programmes, sur de jeunes soles prélevées en 2003 et 2004, seront mis à notre disposition par le laboratoire « Contaminants Organiques » du département Biogéochimie et Ecotoxicologie de l'Ifremer. Dans cet objectif, une série supplémentaire de prélèvements de juvéniles de soles de G0 a été effectuée à l'automne 2005 dans l'estuaire de Seine, entre le pont de Normandie et l'embouchure. A partir d'un bateau loué à un pêcheur professionnel, 10 traits de chalut ont été réalisés en trois secteurs différents de l'estuaire (Fig. 2).

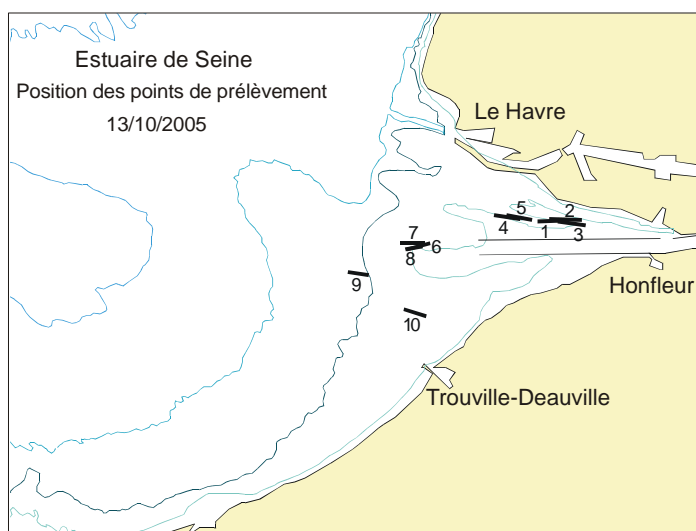


Figure 2 : Position des points de prélèvements de juvéniles de soles à l'automne 2005

Tableau 1 : Prélèvements de juvéniles de soles par secteur

Secteur	Traits	Nombre de soles G0
Fosse nord 1	1-2-3	16
Fosse nord 2	4-5	59
Embouchure	6-7-8	35
Large embouchure	9-10	38

### 3. Identification des habitats de juvéniles de soles (G0) en estuaire de Seine à partir d'indicateurs environnementaux et faunistiques

Une précédente étude, réalisée en 2004 dans le cadre du Programme Seine Aval (Morin et al., 2005), a permis d'établir un état des peuplements halieutiques de l'estuaire de Seine basé sur les espèces, leurs abondances et leurs distributions, prenant en compte les variabilités inter-annuelles d'abondance des différentes espèces. Cet état pourrait servir de « référence », à une période donnée, pour étudier l'impact d'éventuels aménagements ou d'actions de réhabilitation.

L'objectif du présent travail est d'améliorer l'identification et la caractérisation des habitats de nourriceries de l'estuaire de Seine, à partir d'indicateurs environnementaux et aussi d'indicateurs de peuplements (poissons et invertébrés) capturés au chalut à perche, lors des campagnes d'automne réalisées en estuaire de Seine, de 1995 à 2002.

Un habitat de nourricerie peut être caractérisé par des descripteurs de type environnemental (bathymétrie, sédiment superficiel, salinité), de type faunistique (richesses spécifiques, abondances numérique ou pondérale) ou de type fonctionnels (abondances par groupe fonctionnel). Pour l'estuaire de Seine, une première analyse de ces descripteurs potentiels d'habitats de nourriceries a été effectuée, en 2004. Des relations ont été mises en évidence entre la présence/abondance de juvéniles de soles, et les descripteurs physiques ou fonctionnels tels que, bathymétrie, sédiment, abondance d'individus d'autres espèces associées aux captures de soles, abondance d'individus appartenant à certains groupes fonctionnels.

Les travaux menés en 2005 ont eu pour objectif de déterminer de façon statistique les variables expliquant le mieux la présence de soles de G0 (âge inférieur à un an), pour ensuite construire un modèle d'habitats de nourriceries de juvéniles de soles en estuaire de Seine.

#### 3.1 Matériel et méthodes

##### 3.1.1. Zone d'étude

La zone prise en compte pour l'analyse des peuplements est celle régulièrement échantillonnée de 1995 à 2002, et située dans une zone de bathymétrie inférieure à 20 mètres (Fig. 3). Les secteurs estuariens, comme celui de la Seine, peu profonds et recouverts de substrats meubles, sont habituellement fréquentés par les juvéniles de poissons dont ceux de soles (Riou et al., 2001 ; Le Pape et al., 2003).

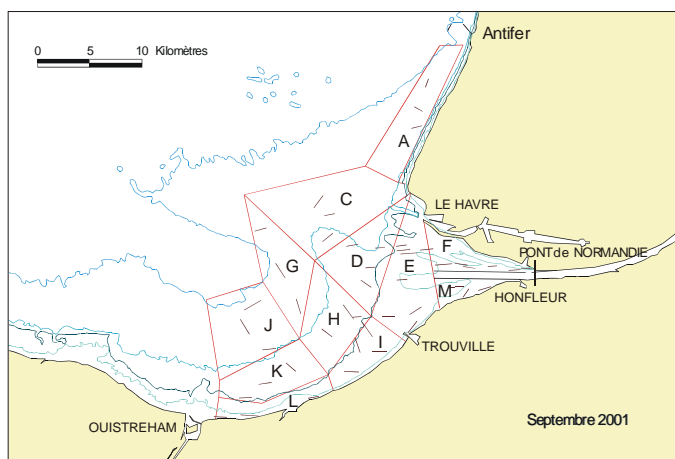


Figure 3 : Localisation du secteur d'étude.

### 3.1.2 Données de chalutage

De 1995 à 2002 une campagne annuelle de chalutage a été réalisée à l'automne. Cette saison est la plus appropriée pour l'étude des nourriceries côtières et estuariennes, en raison de l'abondance des juvéniles sur ces sites et aussi de leur taille qui permet de limiter les problèmes dus à la sélectivité de l'engin de pêche.

Les échantillonnages ont été réalisés avec un chalut à perche de maillage 20 mm, maille étirée, et muni d'une chaîne (racasseur) fixée en avant du bourrelet ventral, selon une méthodologie standardisée. Entre 45 et 60 traits ont été réalisés chaque année, ce qui représente un total de 284 traits pour les campagnes prises en compte dans cette étude. Les chalutages ont été réalisés de jour, dans des secteurs allant d'une bathymétrie inférieure à 5 m jusqu'à la sonde des 20 m.

A chacun des traits, toutes les soles (*Solea solea*) ont été comptabilisées, mesurées et pesées. Les âges ont été déterminés à partir des distributions de tailles pour les individus de moins de 1 an (groupe 0), et à partir de la lecture des otolithes pour les individus de plus de 1 an. Les densités de soles de groupe 0 (nombres/km<sup>2</sup>) ont été calculées pour chacun des traits de chalut. Toutes les autres espèces capturées ont également été identifiées, comptées et pesées et leurs densités (nombres/km<sup>2</sup>) calculées pour chaque trait.

### 3.1.3 Descripteurs physiques

Dans la base de données, des descripteurs physiques tels que bathymétrie, profondeur, sédiment et salinité ont été associés aux traits de chalut.

L'information relative à la bathymétrie est issue des cartes établies par le SHOM<sup>1</sup>. A chaque trait est attribuée une modalité (classe bathymétrique) parmi les trois retenues pour répondre à la problématique côtière (Tab. 2).

La profondeur moyenne de chacun des traits réalisés a également été retenue comme variable pouvant être liée à la présence et à l'abondance de soles.

La détermination des classes sédimentaires s'est appuyée sur les travaux de Lesueur (1999) et Lesourd (2000) en estuaire de Seine et ce, à partir des cartes de faciès sédimentaires réalisées par ces auteurs (échantillonnages réalisés entre 1993 et 1996). Le positionnement des traits de chalut sur ces cartes sédimentaires a permis d'attribuer à chacun d'eux une classe de sédiment. Afin de disposer de classes plus homogènes, et pour réaliser certaines analyses statistiques ou graphiques, des classes sédimentaires ont été regroupées, comme par exemple les sables moyens et les sables moyens envasés (Tab. 2).

Les données de salinité proviennent des relevés effectués directement à bord, lors des campagnes de chalutage. La salinité mesurée près du fond a été divisée en 2 modalités (Tab. 2). Pour des raisons techniques, ces données ne sont disponibles que pour une partie des campagnes.

Tableau 2 : Descripteurs physiques : bathymétrie, sédimentologie et salinité.

Classes de bathymétrie	Classes de sédiments	Classes de sédiments regroupées	Classes de salinité
< 5 m	Sédiments fins vaseux	Sédiments fins vaseux (ou vases)	<31
De 5 à 10 m	Sable fin	Sable fin	>=31
De 10 à 20 m (ou plus)	Sable moyen Sable moyen envasé	} Sables moyens	

<sup>1</sup> SHOM : Service Hydrographique et Océanographique de la Marine

### 3.1.4 Descripteurs de peuplements

L'objectif étant de rechercher les relations entre la présence/abondance des soles G0 et les descripteurs de peuplements, aucun des individus appartenant à cette espèce (*Solea solea*) n'est inclus dans les descripteurs utilisés.

Nous avons considéré, *a priori*, à partir de travaux antérieurs, qu'un habitat de nourricerie pouvait être décrit par le nombre d'espèces présentes sur cet habitat (richesses spécifiques), l'abondance de celles-ci (densités totales) et également par l'abondance des individus appartenant à différents groupes fonctionnels (Le Pape et *al.*, accepté). Ces descripteurs ont été utilisés en prenant en considération, soit toutes les espèces (autres que la sole), soit toutes les espèces autres que les poissons (macro-épibenthos).

Chacune des espèces identifiées lors des campagnes de chalutage peut être caractérisée par des fonctionnalités écologiques relatives à la mobilité, au mode de vie et aux relations trophiques. Les différents taxons peuvent ainsi être regroupés en groupes fonctionnels (ou guildes) selon une classification précédemment utilisée par Baulier (2003) et Cloarec (2004)<sup>2</sup>(Tab. 3).

Tableau 3 : Groupes fonctionnels utilisés

Groupes écologiques	Modalités
Mobilité	Aucune, faible, moyenne, forte
Mode de vie	Sessile, nageur, rampeur-marcheur, fouisseur
Trophique	Carnivore, nécrophage, herbivore, détritivore, suspensivore, dépositivore sélectif, dépositivore non sélectif

### 3.1.5 Analyse préliminaire des données

Une analyse préliminaire des données a été effectuée de façon à identifier les meilleurs descripteurs potentiels des habitats de nourriceries de l'estuaire de Seine. Des représentations graphiques, associées à des tests statistiques, ont été utilisées dans cet objectif.

Une part important des traits de chalut utilisés dans cette étude ne contient pas de sole G0, d'où une proportion importante de valeurs nulles dans la base de données. La présence de soles G0 et les densités positives (valeurs non nulles) de soles G0 ont été étudiées de façon séparée à l'aide d'une approche de type delta (Le Pape et *al.*, 2003).

### 3.1.6 Modélisation de la présence et de l'abondance de soles G0

Les variables identifiées comme descripteurs potentiels de la présence de sole G0 ont ensuite été utilisées dans des Modèles Linéaires Généralisés (GLM), modèle binomial pour la présence de soles G0 et modèle gaussien pour les densités positives de soles G0 (Le Pape et *al.*, 2003).

Dans le but d'identifier les variables contribuant de façon significative aux modèles, des procédures de type stepwise ont été utilisés. Celles-ci ont pour objet d'explorer l'effet de l'ajout ou du retrait des différents variables du modèle. Le point de départ est un « modèle complet », incluant toutes les variables retenues, ainsi que leurs interactions. L'effet du retrait ou de l'ajout de chacune de ces variables ou de leur interaction, peut être mesuré par la valeur de l'AIC comparativement à celle du modèle nul, ou par la valeur de la p value liée à un test du  $\chi^2$ .

$$AIC = -2 \log(L) + 2p$$

L : vraisemblance du modèle

P : nombre de paramètres introduits

<sup>2</sup> Codes établis à partir de diverses sources bibliographiques et à partir d'informations communiquées par des benthologues (Baulier, 2003 ; Cloarec, 2004).

Le critère AIC permet de juger de la pertinence d'un modèle en tenant compte du pourcentage de déviance expliquée et du nombre de degrés de liberté. Plus l'AIC est faible, plus le modèle est pertinent. Si  $AIC < AIC$  du modèle nul cela signifie que le retrait, ou l'ajout, de la variable améliore le modèle de façon significative. Une valeur de la p-value  $< 0,05$  signifie que la variable considérée contribue au modèle de façon significative.

Les variables sont retirées une à une dans un ordre inverse à celui de leur contribution au modèle puis réinjectées pour mesurer leur degré de contribution au modèle. Au terme de cette procédure, on dispose d'un modèle ne contenant que les variables contribuant de façon significative au modèle.

### **3.2.Résultats**

#### 3.2.1.Analyse préliminaire des données et regroupements préalables de descripteurs

##### **3.2.1.1. Présence et indices d'abondance de soles G0**

Une proportion importante (58%) des traits de chalut réalisés ne comprend pas de capture de soles G0. Ce constat nous a conduit à réaliser des analyses de deux types, les unes avec la totalité des traits, les autres avec uniquement les traits où les juvéniles de soles G0 sont présents.

Les densités positives (valeurs non nulles) de soles G0 suivent une distribution log-normale. Les données de densités (x) ont donc été transformées en  $\ln(x+1)$  ce qui a également pour avantage de limiter le poids (statistique) des fortes densités

Les analyses réalisées avec les données en biomasses de soles  $G0/km^2$ , ont donné des résultats similaires à celles effectuées avec les densités en nombres d'individus/ $km^2$ . Le choix a été fait de travailler uniquement sur les densités.

##### **3.2.1.2.Descripteurs physiques**

Le secteur de nourricerie prospecté au chalut à perche est situé en secteur côtier et estuarien de faible profondeur. La moitié des traits a été réalisée dans la strate de bathymétrie inférieure à 5 m, et sur des fonds de sédiments fins plus ou moins vaseux. La proportion de traits de chalut effectués dans la classe de plus faible salinité est inférieure à 20% pour l'ensemble du secteur prospecté. (Tab. 4).

Tableau 4: Répartition des traits en fonction des descripteurs physiques.

Descripteurs physiques	Répartition des traits (% par rapport au nombre total de traits-284)
<b>Classes bathymétriques</b>	
prof<5m	50,4
5<=prof<10m	21,8
10m<=prof<20m	27,8
<b>Classes sédimentaires</b>	
sédiments fins vaseux	51,4
sable fin	23,2
sable moyen	19,4
Sable moyen envasé	6,0
<b>Classes de salinité</b>	
salinité<31	19
salinité>=31	81

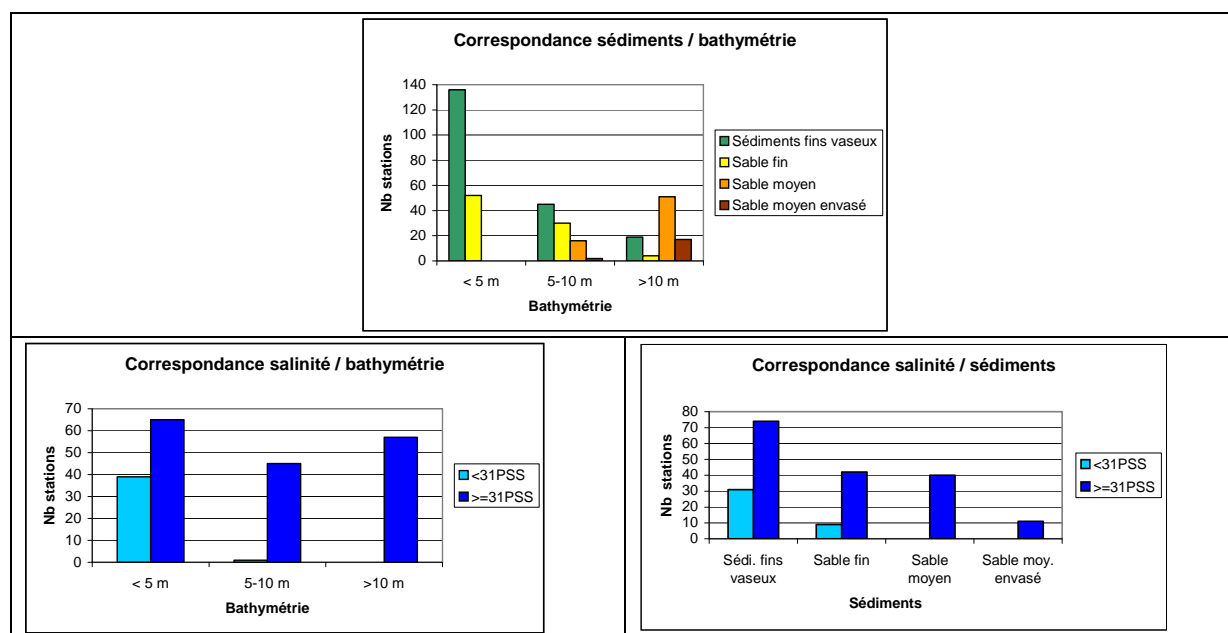


Figure 4: Relations entre les descripteurs physiques

La Figure 4 montre qu'il existe une relation forte entre la présence de sédiments fins (vase et sable fin) et la bathymétrie. Le nombre de stations avec des sédiments fins décroît avec l'augmentation de la bathymétrie. A l'inverse, le nombre de traits avec des sédiments plus grossiers (sables moyens), absents dans la première classe de profondeur, augmente avec la bathymétrie, ce qui est typique d'un secteur estuarien.

La relation entre salinité d'une part, et bathymétrie et sédiment d'autre part, est également forte, les eaux dessalées étant situées plus à l'intérieur de l'estuaire, en secteurs peu profonds et majoritairement couverts de sédiments fins plus ou moins vaseux. Dans les secteurs dessalés, la salinité est un facteur qui peut varier en fonction du cycle de la marée. La salinité mesurée à proximité du fond au moment du prélèvement ne constitue peut-être pas un bon descripteur et peut difficilement être retenu comme

descripteur d'un habitat. Une salinité moyenne ou une amplitude de salinité constituerait un meilleur indicateur plus facilement utilisable pour caractériser chaque point d'échantillonnage. La variable salinité, mesurée au moment du prélèvement, et non disponible pour l'ensemble des campagnes de chalutage, n'a pas été retenue comme descripteur dans le cadre de cette étude.

### ***3.2.1.3.Descripteurs de peuplements associés aux captures de soles***

#### **Richesses spécifiques et densités totales**

Les richesses spécifiques suivent une distribution se rapprochant d'une loi normale tandis que les densités totales, avec ou sans poissons, suivent des distributions log-normales. Celles-ont été transformées en  $\ln(x+1)$  ce qui a également pour effet de diminuer le poids (statistique) des fortes densités.

#### **Descripteurs fonctionnels**

Dans ce type d'analyse, ce ne sont plus les densités par espèce qui sont utilisées mais les densités correspondant à l'ensemble des individus appartenant à un même groupe fonctionnel. Le tableau 5 indique la répartition numérique des individus au sein des trois groupes fonctionnels pris en compte : mode trophique, mobilité et mode de vie.

Tableau 5 : Occurrences des différents groupes fonctionnels et densités moyennes des individus appartenant à chacun des groupes

	Toutes espèces		Macro-épibenthos	
	Occurrence % (*)	Moyennes de densités (nb/km <sup>2</sup> ) (**)	Occurrence % (*)	Moyennes de densités (nb/km <sup>2</sup> ) (**)
code trophique				
Carnivore	100.0	914009	99.3	827169
Nécrophage	61.6	49791	61.6	49791
Herbivores	26.1	4824	26.1	4824
Détritivores	40.5	4931	40.5	4931
Suspensivores	53.9	474414	53.9	474393
Dépositivores sélectifs	11.3	130328	11.3	130328
Dépositivores non	11.3	1000	11.3	1000
code mobilite				
aucune	49.3	593828	48.9	593807
faible	73.6	379391	73.6	379391
moyenne	85.6	390109	85.6	390109
forte	100.0	215970	99.6	129130
code mode de vie				
sessile	16.9	120775	16.5	120754
nageur	100.0	185926	97.5	99085
rampant marcheur	97.5	787891	97.5	787891
fouisseur	53.9	484706	53.9	484706

Le terme « macro-épibenthos » recouvre les espèces autres que les poissons.

(\*) Occurrence : pourcentage de traits où le groupe est observé, par rapport au nombre total de traits effectués.

(\*\*) Moyennes de densités : moyennes des densités sur l'ensemble des traits où le groupe est observé.

Les occurrences et les densités sont peu différentes lorsque toutes les espèces sont prises en compte ou lorsque seules les espèces macro-épibenthiques sont considérées. Les différences correspondent essentiellement aux groupes qui sont les plus caractéristiques des poissons, c'est-à-dire les carnivores, les nageurs, et les individus à forte mobilité.

Pour un meilleur équilibre entre les variables, certaines modalités voisines ont été regroupées :

- dépositivores sélectifs et dépositivores non sélectifs,
- sessiles et fouisseurs.

Afin de voir s'il existe des relations entre les différentes guildes précédemment définies, une analyse en composantes principales a été réalisée sur les données de densités log-transformées ( $\ln(x+1)$ ) (Fig. 5).

Les résultats indiquent que 56,8 % de la variance sont expliqués par les deux premiers axes, et que les corrélations les plus fortes sont observées pour :

- mobilité nulle, sessile-fouisseur et suspensivore ;
- mobilité forte et nageur ;
- sessile-fouisseur et suspensivore ;
- mobilité moyenne et rampant-marcheur.

Il existe donc des correspondances entre les groupes fonctionnels utilisés. Chaque espèce est caractérisée par 3 descripteurs : 1 groupe trophique, 1 groupe mode de vie et 1 groupe



mobilité et les densités calculées pour chacun de ces groupes sont issues des mêmes données de peuplement.

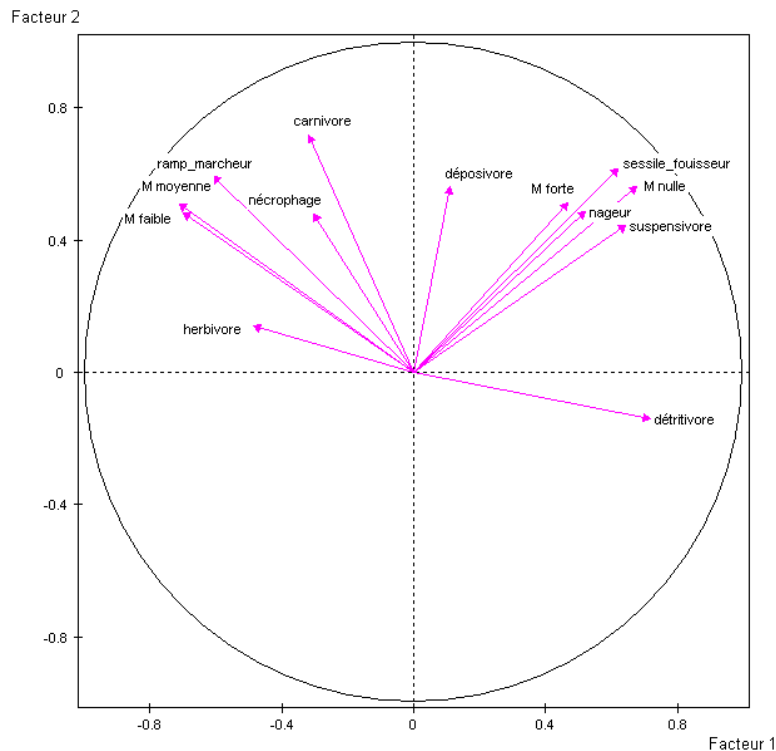


Figure 5 : ACP réalisée sur les groupes fonctionnels, toutes espèces prises en compte.

Pour la construction d'un modèle, il est préférable de ne pas utiliser des variables colinéaires, ce qui aurait une incidence sur la qualité de celui-ci. Il est préférable de choisir une seule guildes dont l'interprétation écologique est plus pertinente. Le type trophique a été retenu pour la recherche d'indicateurs d'habitats de nurseries dans le but de construire un modèle de répartition des jeunes soles. De plus, les différentes analyses réalisées au cours de cette étude ont montré la pertinence d'un regroupement des 3 groupes trophiques détritivores, dépositores et suspensivores. Quatre groupes trophiques ont donc été retenus pour la recherche d'indicateurs des habitats de sole G0 : carnivore, nécrophage, herbivore, détritivore + suspensivore + dépositore.

### 3.2.2 Relations entre présence de soles G0 et descripteurs physiques et de peuplements. Recherche des variables les mieux corrélées à la présence de soles G0

Une analyse graphique des données (Fig. 6) montre que la probabilité de présence de soles de groupe 0 est différente selon les classes bathymétriques. Cette probabilité est plus élevée dans les secteurs de faible profondeur alors qu'elle est nulle dans les secteurs de bathymétrie supérieure à 10 m. Cela se vérifie pour toutes les années d'observation. La présence de soles G0 est également liée à la profondeur mesurée lors des chalutages (variable continue), elle-même en relation avec la classe de bathymétrie (variable discrète). Une modélisation réalisée successivement avec les classes bathymétriques et avec la profondeur moyenne du trait, donne un résultat légèrement meilleur avec la profondeur. Par ailleurs, lorsque le choix est possible entre deux types de variables, il est préférable d'utiliser une variable continue. La probabilité de présence de soles de groupe 0 est différente selon

le type de sédiment. Celle-ci apparaît plus élevée dans les secteurs de sédiments fins et vaseux.

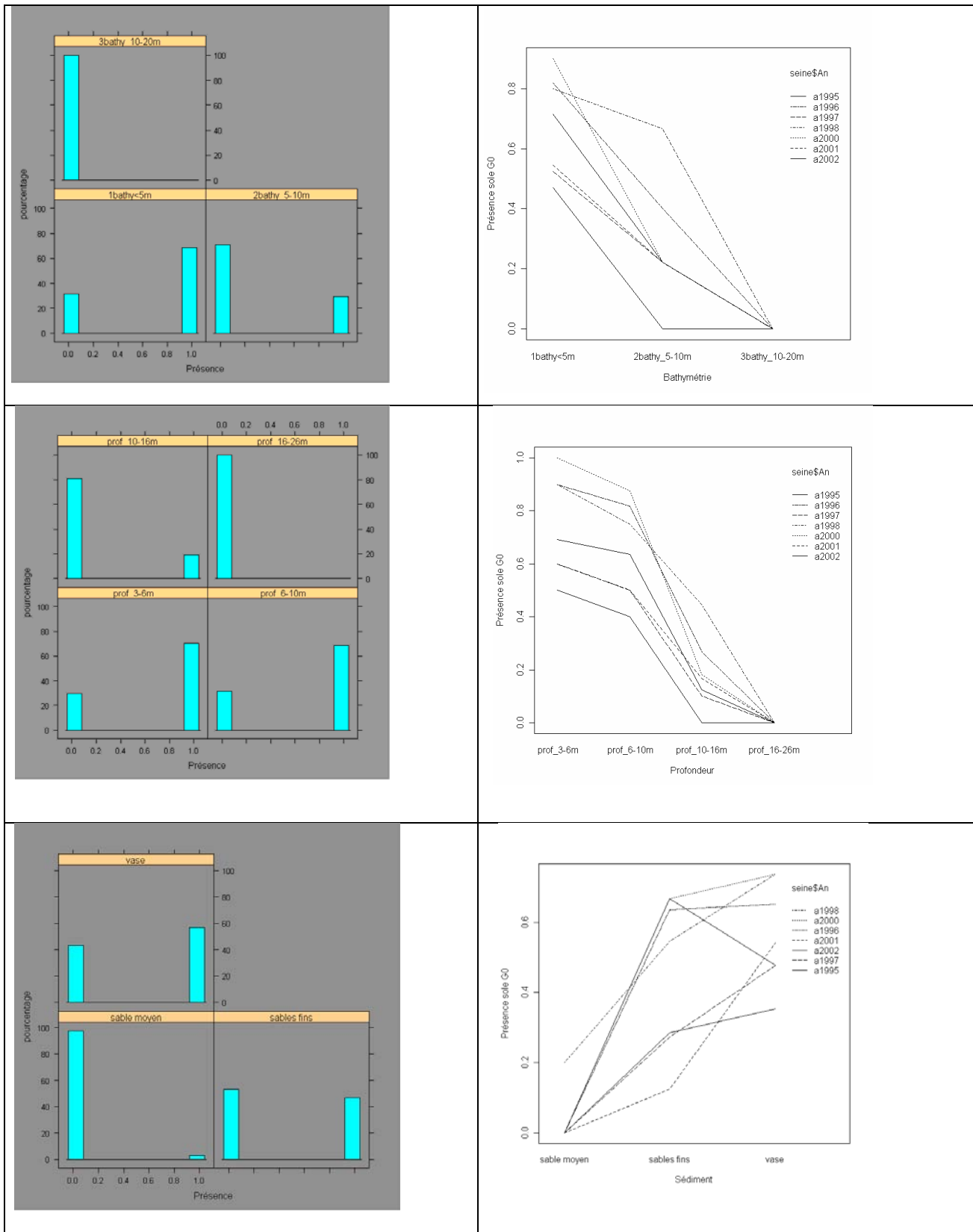


Figure 6 : Probabilités de présence des soles G0 en fonction des modalités des descripteurs physiques. Colonne de gauche, proportions de présence (1.0) et d'absence (0.0) toutes années réunies ; colonne de droite, probabilités de présence pour chacune des années d'observation.

La probabilité de présence de soles G0 est également liée à la densité (densité log-transformée) des individus appartenant au groupe mixte « détritivore+dépositivore+suspensivore ». Une relation existe également avec l'abondance de carnivores, mais la courbe présente la forme d'un dôme (Fig. 7).

Par contre, cette probabilité de présence n'est pas liée aux autres descripteurs de peuplements tels que richesse spécifique, densité totale des peuplements associés aux captures de soles, et densité des individus appartenant aux autres groupes trophiques pris en compte dans cette étude (herbivores, nécrophages).

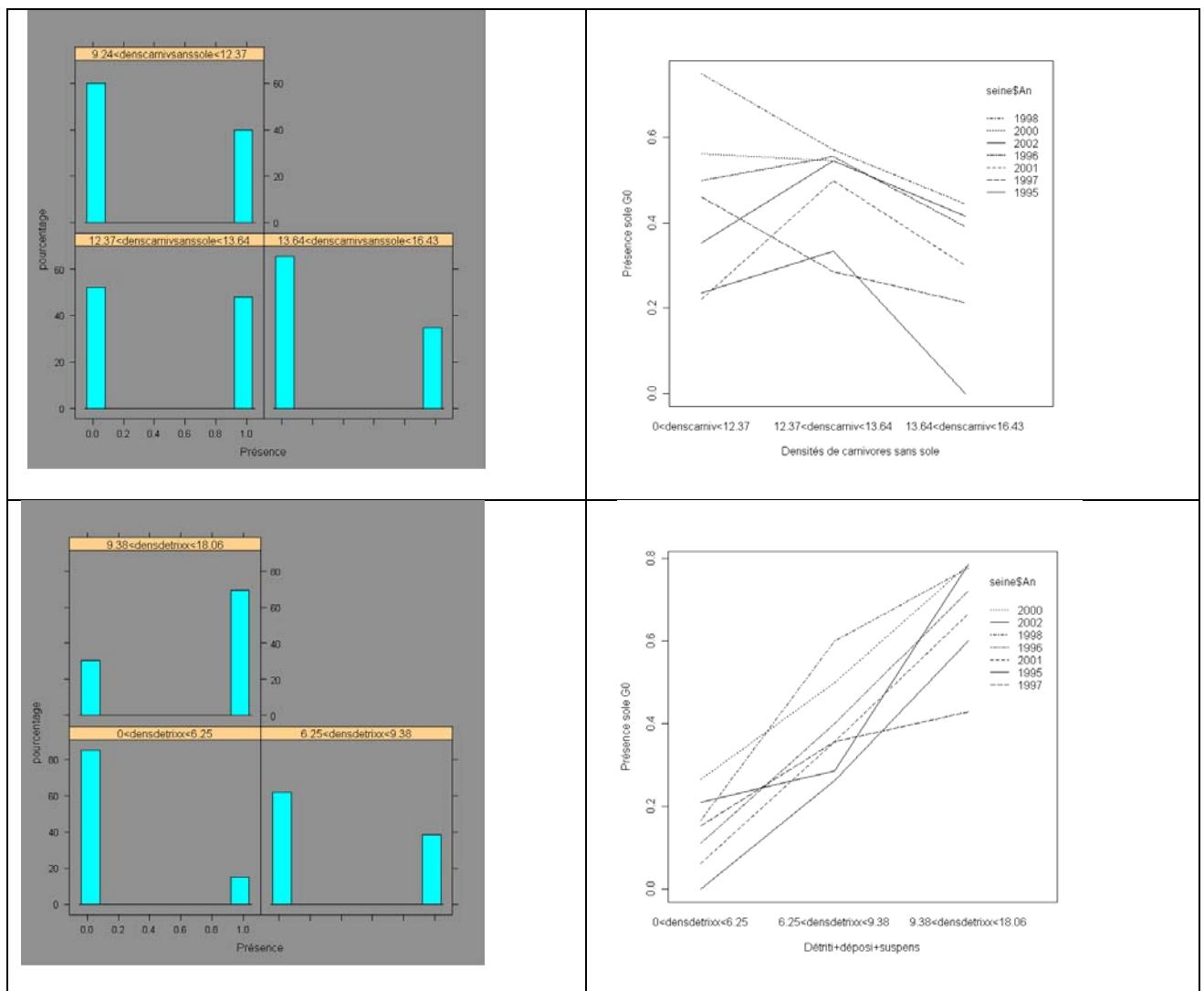


Figure 7 : Probabilités de présence des soles G0 en fonction des descripteurs de peuplements. Colonne de gauche : proportions de présence (1.0) et d'absence (0.0) toutes années réunies ; colonne de droite : probabilités de présence selon les classes de densités, pour chaque année d'observation.

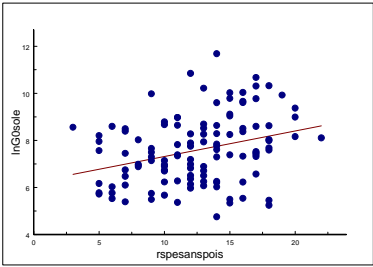
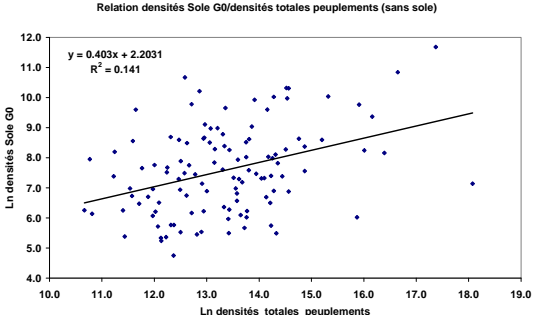
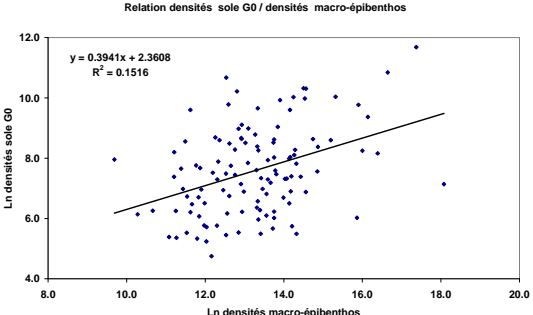
Les variables bathymétrie, profondeur, sédiment et densités des groupes trophiques « carnivores », « détritivore+dépositivore+suspensivore » ont été retenues comme variables pouvant expliquer la présence de soles G0.

### 3.2.3 Relations entre abondance de soles G0 et descripteurs physiques et de peuplements. Recherche des variables les mieux corrélées à l'abondance de soles G0

Les variables liées à la présence de soles G0 étant identifiées, la deuxième phase de l'analyse consiste à déterminer les variables liées à l'abondance des soles G0 pour les traits où celles-ci sont présentes.

Les densités positives de soles G0 sont liées de façon significative aux descripteurs de peuplements tels que richesse spécifique (toutes espèces sans les poissons), densités log-transformées des peuplements associés (toutes espèces sans la sole ou toutes espèces sans les poissons), densités log-transformées des individus appartenant au groupe trophique carnivore (toutes espèces sans la sole), densités log-transformées des individus appartenant au groupe trophique « détritivores + déposivores + suspensivores » (Fig. 8). Il n'a par contre pas été mis en évidence de relation significative entre les densités positives (valeurs non nulles) de soles G0 et les densités d'individus appartenant aux groupes trophiques, nécrophages et herbivores.

La qualité de la relation entre les densités positives de soles G0 et les densités totales des peuplements associés est légèrement supérieure lorsque les poissons ne sont pas pris en compte.

<p>Ln densités soles G0/ Richesses spécifiques sans la sole</p> <p>Relation non significative</p>	<p>Ln densités soles G0/ Richesses spécifiques sans les poissons</p>  <p>Relation significative ; p-value=0.0007456</p>
<p>Ln densités soles G0/Ln densités totales sans la sole</p>  <p>Relation significative ; p-value=0.0000327</p>	<p>Ln densités soles G0/Ln densités totales sans les poissons</p>  <p>Relation significative ; p-value=0.00001562</p>

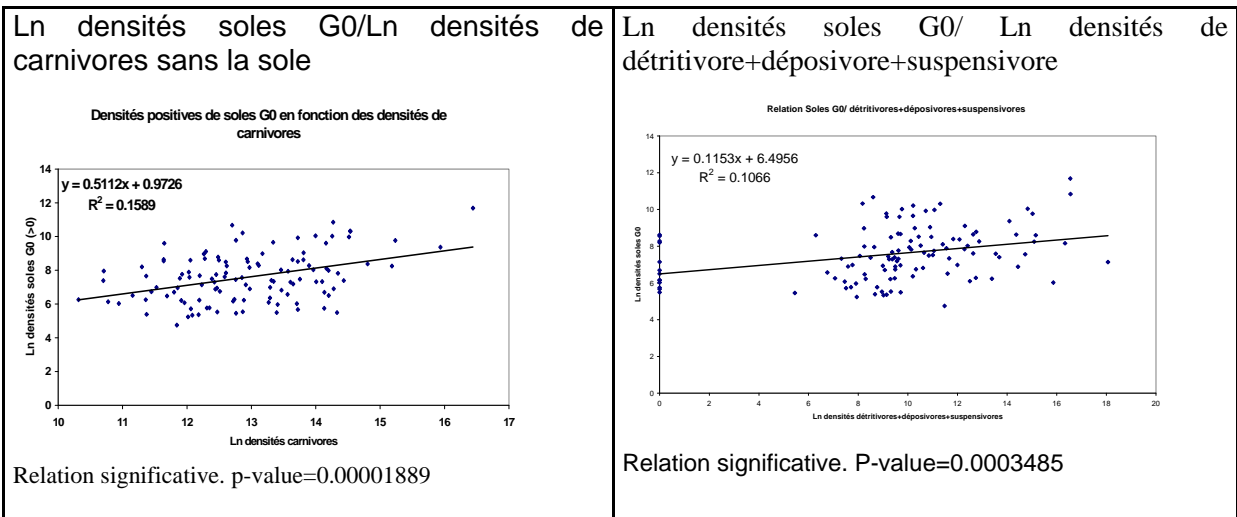


Figure 8 : Relations entre les densités log-ransformées de soles G0 et les descripteurs de peuplements

Le lien entre les densités positives (valeurs non nulles) de soles G0 et les descripteurs physiques que sont la bathymétrie, la profondeur et le sédiment est, par contre, plus faible. Ces variables expliquent principalement la présence de soles G0. Ces juvéniles sont en effet présents dans des proportions importantes dans les secteurs de bathymétrie < 5 m et sur des sédiments vaseux (Fig. 9).

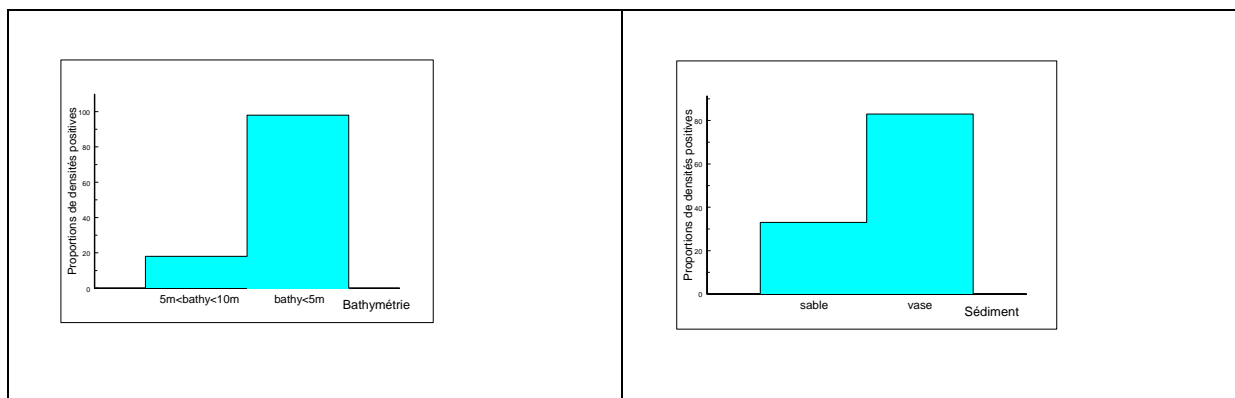


Figure 9 : Répartition des densités positives de soles G0 en fonction des classes de bathymétrie et de sédiment.

### 3.2.4 Modélisation de la présence de sole G0

#### 3.2.4.1 Construction du modèle

Suite aux analyses précédemment réalisées, les variables retenues pour la modélisation de la présence de soles G0 sont la profondeur (ou la classe bathymétrique), le sédiment, les densités log-transformées d'individus appartenant au groupe trophique carnivore\* et les densités log-transformées de « détritivore + déposivore + suspensivore ». Le modèle utilisé est de type binomial (lien logit).

Les « stepwise » (cf. § 3.1.6, page12) ont successivement été réalisées à partir de deux modèles complets incluant les variables précédemment citées ainsi que leurs interactions. Une première procédure a été réalisée avec la variable « profondeur » et une deuxième avec la variable « classe bathymétrique ». Il a ainsi été possible de déterminer les variables contribuant de façon significative à chacun des deux modèles.

\* remarque : la répartition des probabilités de présence de soles G0 en fonction des densités log-transformées de carnivores présente une courbe en forme de cloche, cette variable trophique est entrée dans le modèle de départ sous la forme  $\ln(\text{densités de carnivores sans sole}) + \ln(\text{densités de carnivores sans sole})^2$ .

La procédure de sélection des variables a permis d'aboutir à deux modèles de type binomial utilisant respectivement la variable profondeur (A) et la variable classe bathymétrique (B) comme descripteurs de la bathymétrie.

#### Modèle A

$$\text{Presence} \sim \text{ProfMoy} + \text{as.factor}(\text{Sédiment}) + \text{LnDens-carnivores-sanssole} + \text{LnDens-carnivores-sanssole}^2 + \text{LnDens-déposi-détriti-suspens} + \text{ProfMoy:LnDenscarnivores-sanssole} + \text{ProfMoy:LnDenscarnivores-sanssole}^2 + \text{as.factor}(\text{Sédiment}): \text{LnDenscarnivores-sanssole} + \text{as.factor}(\text{Sédiment}): \text{LnDenscarnivores-sanssole}^2 + \varepsilon$$

\*  $\varepsilon$  : terme d'erreur

Tableau 6 : Résultats de modélisation de la présence de sole G0 - Modèle binomial (avec la variable « profondeur moyenne » comme descripteur bathymétrique). Tableau d'analyse de la déviance indiquant les contributions respectives des variables contenues dans le modèle.

	Df	Deviance	Resid. Df	Resid. Dev	P(> Chi )
NULL			283	384.13	
ProfMoy	1	130.16	282	253.97	3.780e-30
as.factor(Sédiment3)	2	6.04	280	247.93	0.05
LnDenscarnivsanssole	1	16.10	279	231.83	6.002e-05
LnDenscarnivsanssole2	1	5.72	278	226.12	0.02
lnDens-déposi-détriti-suspens	1	9.06	277	217.06	2.614e-03
ProfMoy:LnDenscarnivsanssole	1	0.01	276	217.05	0.94
ProfMoy:LnDenscarnivsanssole2	1	5.55	275	211.50	0.02
as.factor(Sédiment3):LnDenscarnivsanssole	2	2.87	273	208.63	0.24
as.factor(Sédiment3):LnDenscarnivsanssole2	2	11.72	271	196.91	2.845e-03

Déviance : part de la déviance supplémentaire reliée à la variable testée.

Resid. Dev. : déviance résiduelle, non expliquée par la variable testée et les variables précédemment testées (lignes précédentes).

Df : degrés de liberté(ddl) perdus à chaque ajout de variable testée.

Resid. Df. : degrés de liberté résiduels (nb observations - nb degrés de liberté perdus par l'ajout de variables testées).

P(>|Chi|) : p-value attachée au test du Chi<sup>2</sup>. Une valeur<0,05 indique que la variable correspondante contribue de façon significative au modèle, au seuil de 95 pour cent.

Les résultats du modèle A (Tab.6) confirment l'influence prépondérante du facteur profondeur dans la répartition des soles G0, en estuaire de Seine (P(>|Chi|)=3,780e-30 et déviance=130,16). Cette variable pourrait presque, à elle seule, expliquer la présence de soles en secteur estuarien. Les densités log-transformées d'individus appartenant au groupe trophique carnivore et les densités log-transformées de « détritivore + déposivore + suspensivore » contribuent également de façon

significative au modèle mais de façon moins importante ( $P(>|\text{Chi}|)=6,002\text{e-}05$  et ( $P(>|\text{Chi}|)=2,614\text{e-}03$ ).

Par contre, la variable sédiment contribue peu à l'explication de la présence de soles G0 ( $P(>|\text{Chi}|)=0,05$  et déviance=6,04, contrairement à ce qui pourrait être attendu. Le Pape et *al.* (2003) et Cloarec (2004) ont montré, pour les sites de nourriceries du golfe de Gascogne, un effet significatif du sédiment sur la présence de soles G0, celles-ci étant plus abondantes sur les sédiments de faible granulométrie. La préférence des juvéniles de soles pour les sédiments fins et vaseux a également été mise en évidence par Rogers (1989) sur les côtes nord du Pays de Galles. Cet auteur a constaté que les densités de juvéniles de soles étaient plus élevées sur les substrats où la proportion de matière organique est la plus importante, substrats qui abritent généralement les proies benthiques préférentielles des juvéniles de soles.

La faible contribution de la variable sédiment peut résulter du fait que la caractérisation du sédiment, pour chacun des traits de chalut, a été faite *a posteriori*, à partir d'une carte de sédiments superficiels (Lesueur, 1999 et Lesourd, 2000) établie à une période donnée. Or ces sédiments superficiels ont, à l'intérieur de l'estuaire de Seine, une répartition qui peut varier selon les saisons et aussi selon les années. Le modèle de présence des soles G0 gagnerait en qualité si le sédiment était identifié à partir de prélèvements effectués de façon simultanée à ceux de soles et de la faune associée et si le sédiment était caractérisé par une variable numérique liée à la granulométrie et à la proportion de matière organique.

### Modèle B

Presence ~ as.factor(ClasBathy) + LnDens-carnivores-sanssole + LnDens-déposi-détriti-suspens + LnDens-carnivores-sanssole<sup>2</sup> + as.factor(ClasBathy): LnDens-carnivores-sanssole<sup>2</sup> + ε

Tableau 7 : Résultats de modélisation de la présence de sole G0 - Modèle binomial (avec la variable « classe bathymétrique » comme descripteur bathymétrique). Tableau d'analyse de la déviance indiquant les contributions respectives des variables contenues dans le modèle.

	Df	Deviance	Resid.	Df	Resid.	Dev	P(> Chi )
NULL				283		384.13	
as.factor(ClasBathy)	2	131.31		281		252.82	3.065e-29
LnDenscarnivsanssole	1	10.01		280		242.82	1.559e-03
lnDens-déposi-détriti-suspens	1	12.53		279		230.29	4.005e-04
LnDenscarnivsanssole2	1	3.99		278		226.30	0.05
as.factor(ClasBathy):LnDenscarnivsanssole2	2	8.29		276		218.01	0.02

Le modèle B obtenu en utilisant la variable « classe bathymétrique » confirme la prépondérance de la bathymétrie dans la répartition des soles G0 ( $P(>|\text{Chi}|)=3,065\text{e-}29$  et déviance=131,31) par rapport aux autres variables. La variable sédiment n'apparaît pas comme variable contribuant au modèle B.

### 3.2.4.2 Prédiction de la présence de sole G0

Les modèles précédemment construits peuvent être utilisés pour prédire la probabilité de présence de soles G0, en fonction de la valeur des paramètres constituant ces modèles. Des exemples sont donnés dans les figures 10 à 13.

Conformément aux résultats du modèle A de présence/absence, les valeurs prédites de probabilités de présence de soles G0 sont fortement liées à la profondeur. Ces probabilités sont légèrement plus élevées dans les secteurs de sédiments vaseux que dans les secteurs de sable fin (Fig. 10). Les prédictions faites en fonction des abondances d'individus appartenant aux groupes trophiques utilisés dans les modèles, donnent des résultats moins pertinents. L'exemple donné ici pour les détritivores + dépositivores + suspensivores (Fig. 11-12) montre que l'erreur d'estimation est beaucoup plus élevée, et résulte d'une contribution beaucoup plus faible de cette variable au modèle de présence.

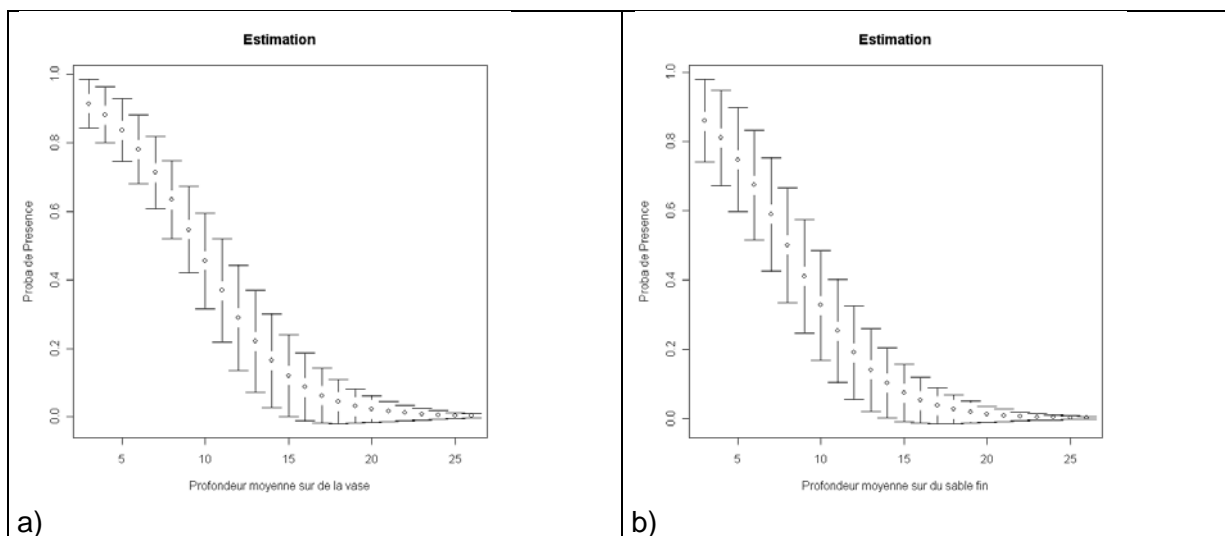


Figure 10 : Prédiction de la probabilité de présence de sole GO en fonction de la profondeur, a) sur sédiment vaseux, b) sur sable fin, pour une valeur moyenne des variables trophiques.

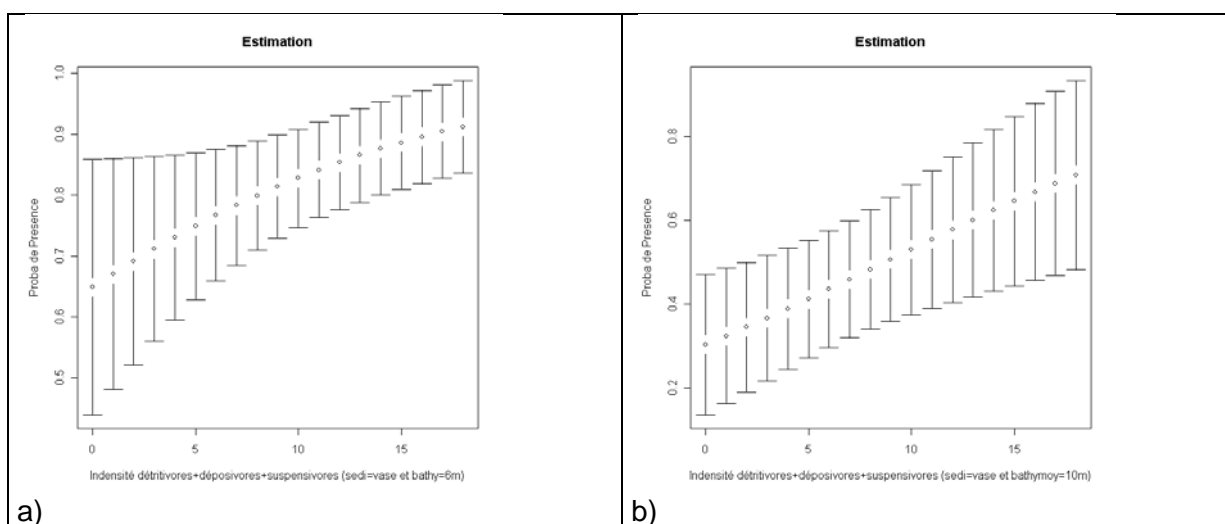


Figure 11 : Prédiction de la probabilité de présence de sole GO en fonction de l'abondance de détritivores + suspensivores + dépositivores, sur sédiment vaseux, a) pour une profondeur de 6m, a) pour une profondeur de 10m.



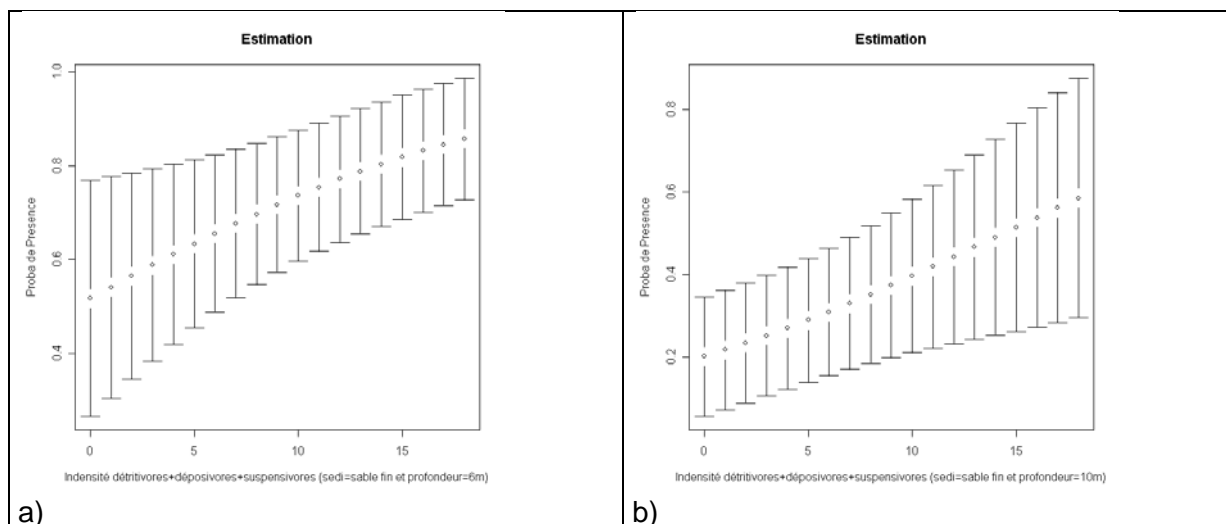


Figure 12 : Prédiction de la probabilité de présence de soleG0 en fonction de l'abondance de détritivores + suspensivores + déposivores, sur sable fin, a) pour une profondeur de 6m, a) pour une profondeur de 10m .

Les valeurs prédites de probabilités de présence de soles G0 sont également liées à la classe de bathymétrie conformément aux résultats du modèle B de présence/absence (Fig. 13).

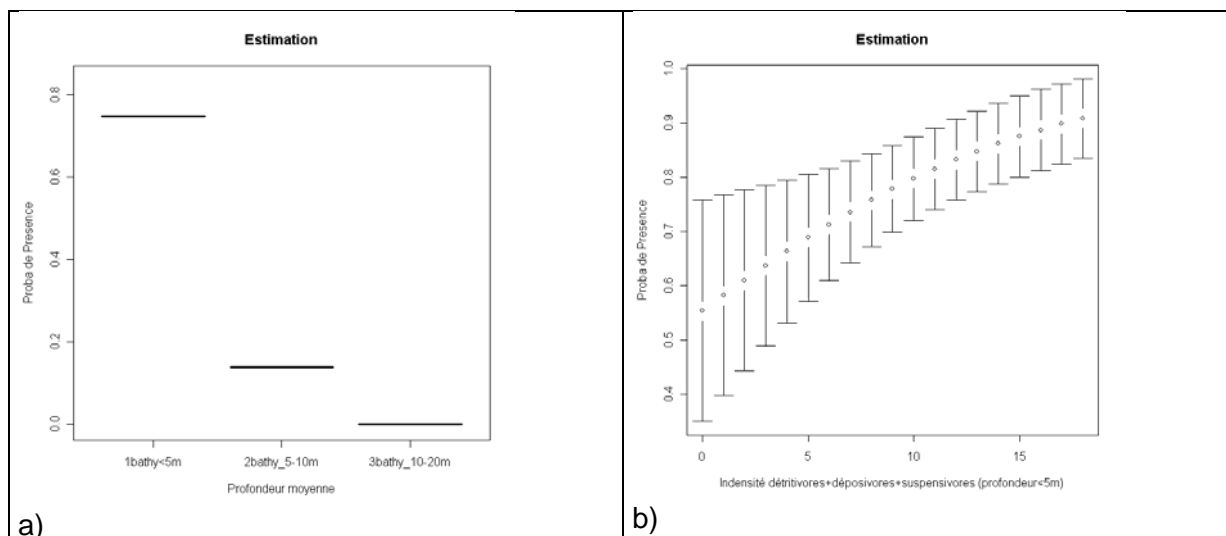


Figure 13 : Prédiction de la probabilité de présence de sole G0, a) en fonction de la classe de bathymétrie, pour une valeur moyenne des variables trophiques. b) en fonction de l'abondance de détritivores + suspensivores + déposivores, pour la classe de bathymétrie < 5m.

### 3.2.5 Modélisation de l'abondance de sole G0

#### 3.2.5.1 Construction du modèle

Les variables retenues pour la modélisation de l'abondance de soles G0 sont les richesses spécifiques (toutes espèces sans poissons), les densités log-transformées de carnivores (sans sole), et les densités log-transformées de « détritivore+dépositivore+suspensivore ». La variable densités totales (tous individus autres que les poissons) n'a pas été retenue car elle est constituée pour une grande partie par les deux variables trophiques précédentes. Bien que peu significatives de façon individuelle, les variables d'environnement (profondeur et sédiment) ont été ajoutées au modèle de départ pour la procédure de stepwise (cf. § 3.1.6, page12), car il n'est pas exclu, *a priori*, que leur interaction avec d'autres variables ait un effet significatif. Pour décrire l'abondance de soles G0 (densités positives log-transformées) un modèle de type gaussien (lien « identity »), a été utilisé.

Comme dans le cas précédent (modélisation de la présence de soles G0) la procédure « stepwise » a été utilisée pour explorer l'effet de l'ajout ou du retrait des différents termes du modèle, en partant d'un modèle complet incluant toutes les variables, environnementale et de peuplement, ainsi que leurs interactions.

La procédure de sélection des variables a permis d'aboutir au modèle suivant :

$$\ln(\text{Densite}) \sim \ln\text{Dens-carnivores-sanssole} + \ln\text{Dens-déposi-détriti-suspens} + \ln\text{Dens-carnivores-sanssole} : \ln\text{Dens-déposi-détriti-suspens} + \varepsilon$$

Tableau 8 : Résultats de la modélisation des densités positives de sole G0 – Modèle gaussien.

	Df	Deviance	Resid.	Df	Resid.	Dev	P(> Chi )
NULL				115		241.585	
LnDenscarnivsanssole	1	35.955		114		205.630	1.112e-06
lnDensT5678sanssole	1	22.235		113		183.395	1.280e-04
LnDenscarnivsanssole:lnDensT5678sanssole	1	13.647		112		169.747	0.003

Les résultats de la modélisation (Tab. 8) montrent que, là où sont présents les juvéniles de soles, leur densité est principalement expliquée par les variables de peuplement que sont les densités log-transformées de carnivores sans sole ( $P(>|Chi|)=1,112e-06$  et déviance=35,955) et les densités log-transformées de détritivores + dépositivores + suspensivores ( $P(>|Chi|)=1,280e-04$  et déviance=22,235) sans que la relation soit obligatoirement causale, dans le sens relation trophique. Les variables de peuplement sont considérés ici comme des indicateurs indirects d'habitats convenant aux jeunes soles indiquant, entre autres choses, une certaine richesse du milieu en matière organique consommée par les détritivores + dépositivores + suspensivores et abondante dans les sédiments vaseux, ainsi qu'une probable richesse en proies benthiques consommées par les carnivores.

Les observations effectuées lors de l'analyse préliminaire des données sont confirmées. Les paramètres physiques seraient déterminants pour l'installation des soles G0, mais le seraient beaucoup moins pour leur densité.

#### 3.2.5.2 Prédiction de l'abondance de sole G0

Là où les soles G0 sont présentes, il est possible de prédire leurs densités (densités log-transformées) à partir des résultats du modèle précédent. Ces densités sont liées à celles des individus appartenant aux groupes trophiques pris en compte (Fig. 14) conformément au modèle. La prédiction apparaît de meilleure qualité lorsqu'on se rapproche de la partie centrale de la distribution des valeurs prédites.

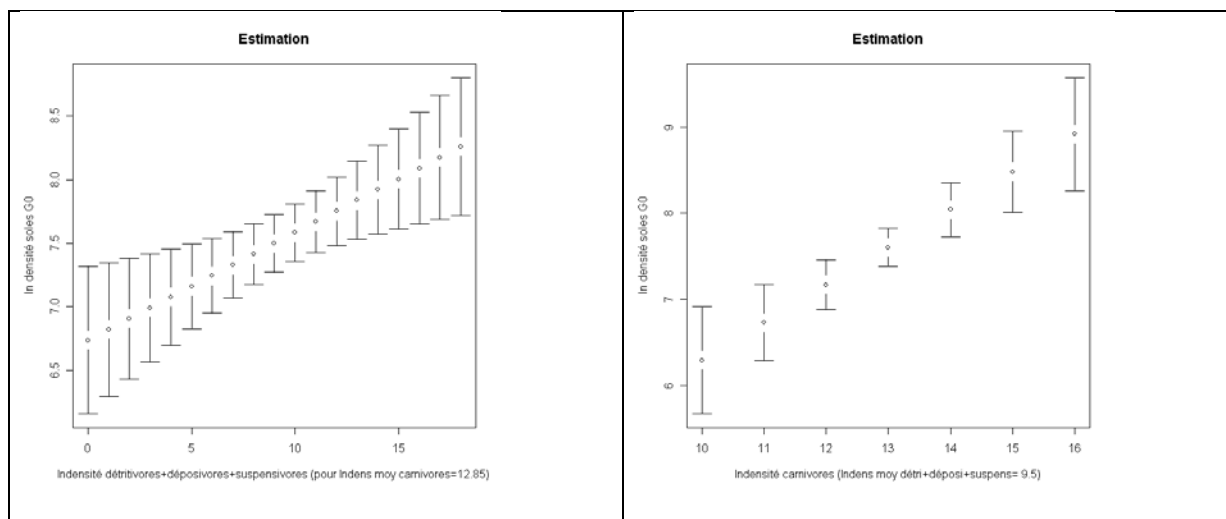


Figure 14 : Prédiction de densités (log-transformées) de sole G0  
a) en fonction des Ln(densité de détritivores + suspensivores + dépositivores), pour Ln(densité) moyen de carnivores = 12.85.  
b) en fonction des Ln(densité de carnivores), pour Ln(densité) moyen de détritivores + suspensivores + dépositivores = 9.5.

-----

## Conclusion

---

Différentes études ont montré que la qualité et la superficie des habitats de nourriceries côtières et estuariennes avaient une influence sur la survie et la croissance des juvéniles de poissons. L'ensemble des études menées à différentes échelles géographiques a conduit au constat que, en estuaire de Seine, les performances biologiques des juvéniles de soles sont moins bonnes que sur les autres sites de nourriceries de Manche est et du golfe de Gascogne (Le Pape et *al.*, accepté). Les travaux de Riou (1999) et Riou et *al.* (2001) ont notamment mis en évidence une faible contribution relative des nourriceries de l'estuaire de Seine aux stocks de soles de Manche est. Les habitats de nourricerie de l'estuaire de Seine seraient de moins bonne qualité, en raison notamment d'aménagements successifs ayant pour résultat une réduction et une modification des surfaces disponibles, et en raison également d'une forte contamination. A l'intérieur même de l'estuaire de Seine, le secteur de la fosse nord, pourtant très productif, semble offrir un habitat de moins bonne qualité aux juvéniles de soles. Ceux-ci présentent en effet des performances biologiques inférieures à celles des individus capturés à l'embouchure de l'estuaire ou au large de celle-ci.

La grande complexité d'interprétation des indicateurs biologiques montre que, pour apporter un diagnostic plus pertinent, à long terme, sur la qualité des nourriceries au niveau de l'estuaire de Seine, ces résultats nécessiteraient d'être confirmés par une étude intégrée, à l'échelle de l'estuaire de Seine, incluant des approches chimiques (dosage des contaminants dans l'eau, les sédiments, le benthos et les poissons) et biologiques (indicateurs biologiques individuels et densités) en prenant en compte l'influence des variations spatiales et temporelles des indicateurs. Dans un premier temps, pour faire suite à ces travaux, il est envisagé, à l'échelle de l'estuaire de la Seine, de mettre en parallèle les performances biologiques et le degré de contamination de juvéniles de soles prélevés à l'automne en différents secteurs de cet estuaire.

La préservation ou la réhabilitation des fonctionnalités de l'estuaire de Seine, qui sont des objectifs actuels du Programme Seine Aval, passent par la préservation ou la réhabilitation des habitats nécessaires à la survie et à la croissance des jeunes poissons. Pour cela il est nécessaire d'identifier et de caractériser les habitats nécessaires à cette fonction de nourricerie. L'analyse des données de peuplement récoltées lors des campagnes de chalutage a permis d'identifier les meilleurs descripteurs de ces habitats en prenant pour exemple les jeunes soles de moins d'un an (G0). Ces descripteurs ont été utilisés comme variables pour modéliser la présence et l'abondance des juvéniles de soles G0.

La probabilité de présence de soles G0 peut être modélisée à l'aide d'un modèle binomial utilisant des variables d'environnement (profondeur et sédiment) et des variables de peuplement qui sont les densités log-transformées d'individus appartenant à des groupes trophiques (carnivores sans la sole et détritivores+dépositivores+suspensivores). La profondeur apparaît comme la variable contribuant le plus à l'explication de la présence de soles G0. Par contre, le sédiment, pourtant connu comme variable expliquant bien la présence de soles de groupe 0 sur d'autres sites de nourriceries (Le Pape et al, 2003 ; Cloarec, 2004), ne fournit pas les résultats qui pourraient être attendus.

L'abondance des jeunes soles (G0), là où celles-ci sont présentes, a été modélisée à l'aide d'un modèle Gaussien. Seules des variables de peuplement (densités log-transformées de carnivores et densités log-transformées de détritivores + dépositivores + suspensivores) contribuent à l'explication de cette abondance, sans que la relation soit obligatoirement causale. Ces variables de peuplement sont plutôt à considérer comme des indicateurs indirects d'habitats convenant aux jeunes soles. Elles indiquent, entre autres choses, une certaine richesse du milieu en matière organique consommée par les détritivores + dépositivores + suspensivores et abondante dans les sédiments vaseux ainsi qu'une probable richesse en proies benthiques consommées par les carnivores.

Ces résultats montrent que la description des habitats de juvéniles de soles pourrait être améliorée si les données environnementales et de peuplement étaient recueillies sur le terrain de façon simultanée. Si de nouvelles séries d'échantillonnage étaient programmées en estuaire de Seine, il serait souhaitable de les réaliser de façon « intégrée » en incluant notamment le recueil et l'identification du sédiment superficiel et du benthos endogé.

D'un point de vue opérationnel on peut considérer que l'on dispose d'indicateurs de qualité du milieu au travers d'indices biologiques faciles à mesurer (condition et croissance), dont la pertinence a été démontrée en différents sites estuariens. La méthode de caractérisation des habitats essentiels à la survie et à la croissance des juvéniles de soles, même si elle peut encore être améliorée par le recueil de données plus précises, peut être appliquée à d'autres espèces et à d'autres sites de nourriceries.

---

## **Remerciements**

---

Les échantillons de soles ainsi que les données utilisées pour la caractérisation des habitats ont été recueillis au cours des campagnes en mer auxquelles ont contribué de nombreux agents Ifremer du Laboratoire Ressources Halieutiques Manche-Mer du Nord et tout particulièrement Ivan Schlaich et Philippe Riou. Ont également participé à ces campagnes des agents et stagiaires de la Cellule de Suivi du Littoral Haut Normand (Le Havre), principalement Christophe Bessineton et Serge Simon. Nous remercions toutes ces personnes pour leur contribution.

Nous remercions également Bruno Ernande (Ifremer - Laboratoire Ressources Halieutiques Manche-Mer du Nord) pour ses conseils apportés en matière de modélisation.

---

## Bibliographie

---

- Able K. W., Manderson J.P., Studholme A.L. 1999. Habitat quality for shallow water fishes in an urban estuary: the effects of man-made structures on growth. *Marine Ecology Progress Series* 187: 227-235.
- Abarnou A., 2000. - Les contaminants organiques, quels risques pour le monde vivant. Programme scientifique Seine-Aval, Fascicule 13, 35 pp.
- Amara R., Maryniak C., Henry F., Courcot L., Berthot M.L., Gilliers C., **Le Pape O.**, **Morin J.**, Carpentier A., Bergeron J.P., 2001. - Localisation et diagnostic de l'état de santé des nourriceries d'espèces d'intérêt halieutique en Manche orientale. Rapport d'avancement des travaux. Programme LITEAU. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. Rapport de contrat LT 98040.
- Baulier L. (2003). Peut-on lier la répartition des nourriceries côtières à des indicateurs faunistiques?. DEA Océanologie Biologie et Environnement Marin, Univ. P et M. Curie. Option: Paramétrisation et Modélisation.
- Bertrand J., Bellail R., Le Pape O., Mahe J.C., **Morin J.**, Poulard J.C., Rochet M.J., Schlaich I., Souplet A., Trenkel V., (2003). A multispecies dynamic indicator-bases approach to the assesment of the impact of fishing on fish communities. *ICES CM* 2003/V:02, 12 pp.
- Burgeot T., Minier C., Bocquené G., Vincent F., Cachot J., Loizeau V., Jaouen A., Miramand P., Guyot T., Lesueur P., Rochard E., Boet P. (1999). Des organismes sous stress. Programme scientifique Seine-Aval, Fascicule 14, 35 pp.
- Burke J., Peters DS, Hanson, P. 1993. Morphological indices and otolith microstructure of Atlantic croaker, *Micropogonias undulatus*, as indicators of habitat quality along an estuarine pollution gradient. *Environmental Biology of Fishes* 36: 25-33.
- Cloarec A. (2004). Description de la fonctionnalité de nourricerie des secteurs côtiers et estuariens à partir des peuplements suprabenthiques. Mémoire de fin d'étude. Diplôme d'Agronomie Approfondie (DAA). Spécialisation Halieutique. Agrocampus-Rennes/Ifremer-Nantes.
- Dalla Via J, van den Thillart G, Cattani O, de Zwaan A. 1994. Influence of long-term exposure on the energy metabolism of *Solea solea*. II. Intermediary metabolism in blood, liver and muscle. *Marine Ecology Progress Series* 111: 17-27
- Dauvin J.C. (2002). Patrimoine biologique et chaînes alimentaires. Programme scientifique Seine Aval, fascicule n°7, 47 p
- Fechhelm, R.G., Griffiths, W.B., Wilson, W.J., Gallaway, B.J.& Bryan, J.D. (1995). Intra- and interseasonal changes in relative condition and proximate body composition of broad whitefish from the Prudhoe Bay Region of Alaska. *Transactions of the American Fisheries Society* 124, 508-519.
- Freeman M.C., Crawford M.K., Barrett J.C., Facey D.E., Flood M.G., Hill J., Stouder D.J., Grossman G.D. (1988); Fish assemblage stability in a Southern Appalachian stream. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* : 45, 1949-1958.
- Gilliers C. (2000). Comparaison de la qualité des nourriceries côtières du littoral Nord Pas-de-Calais à partir de l'étude d'indices de condition des juvéniles de poissons. Maîtrise, Université de Lille 1, 27 p.
- Gilliers C. (2001). Comparaison de la qualité des nourriceries côtières du littoral français à partir de l'étude d'indices de condition mesurés sur les juvéniles de poissons. Mémoire de DEA de Sciences de l'environnement marin. Université de la méditerranée, Marseille, 38 p
- Gilliers C. (2002). Indices de condition et taux de croissance récente des jeunes soles (année 2000). Dans Conséquences écologiques et écotoxicologiques de la marée noire de l' "Erika". Projet n°9 Ectophy –nourriceries, Contrat MATE-INERIS, Rapport IFREMER: 8-24.

- Gilliers C., Holley J. F., **Le Pape O.**, Amara R., **Morin J.** (2002). Qu'est-ce que la croissance des juvéniles de soles peut nous apprendre sur la qualité des habitats de nourriceries en estuaire de Seine. Communication présentée au séminaire de travail du programme Seine Aval II ; Rouen, 2-3 octobre 2002.
- Gilliers C., **Le Pape O.**, Amara R., **Morin J.**, Schlaich I. (2003). Rôle de la qualité du milieu sur la fonctionnalité des habitats côtiers en tant que nourriceries de poissons. Communication présentée au séminaire de travail du programme Seine Aval II ; Rouen, 29 septembre-1<sup>er</sup> octobre 2003.
- Gilliers C., **Le Pape O.**, Amara R., **Morin J.**, Desaunay Y. (2004). Rôle de la qualité du milieu sur la fonctionnalité des habitats côtiers en tant que nourriceries de poissons. Programme Seine-Aval II, Thème « Halieutique : habitats, peuplements et populations », Résultats des travaux de l'année 2003 : 21 pp.
- Gilliers C., **Le Pape O.**, Desaunay Y., **Morin J.**, Amara R. (2004). L'utilisation de bio-indicateurs mesurés sur les juvéniles de poissons plats pour évaluer la qualité des écosystèmes côtiers, habitats essentiels pour les poissons. Poster. *Colloque de la société française d'écologie, Journées d'écologie marine, 23-24 Juin 2004, Nantes, France.*
- Gilliers C., 2004. Recherche des bioindicateurs de la qualité des écosystèmes côtiers. Application aux nourriceries côtières et estuariennes de poissons plats. Thèse spécialité « Sciences de la vie », Université du Littoral Côte d'Opale, Novembre 2004.
- Gilliers C., Amara R., Bergeron J.P. **Le Pape O.** (2004) Comparison of growth and condition indices of flatfish juveniles (sole, dab and plaice) in different coastal nursery grounds. *Environmental biology of fishes.*
- Gilliers C., Le Pape O., Amara R., Morin J., Desaunay Y., 2004. Les estuaires fortement contaminés : des nourriceries de poissons aux performances écologiques médiocres. *In*, RNO 2004 – Surveillance du Milieu Marin. Travaux du RNO. Edition 2004. Ifremer et Ministère de l'écologie et du Développement Durable.
- Gilliers, C., **Le Pape O.**, Desaunay Y., **Morin J.**, Loizeau V., Guinand B., Amara R. (2005). Description of juvenile fish habitat quality, The problem of the spatial scale. 6<sup>th</sup> International Symposium on Flatfish Ecology. 20-25 October 2005, Maizuru, Kyoto, Japan..
- Gilliers C., Le Pape O., Desaunay, Y., Bergeron J.P., Guérault, D. & Amara R. (sous presse ). Growth and condition of juvenile sole (*Solea solea* L.) as indicators of habitat quality in coastal and estuarine nurseries in the Bay of Biscay. *Scientia marina.*
- Gilliers, C., **Le Pape O.**, **Morin J.**, Desaunay Y., Amara R. (accepté) Estimation of essential fish habitat quality with indicators of fish density and growth. A study of the common sole (*Solea solea*, L.) on nursery grounds. *Estuarine Coastal and Shelf Science.*
- Gilliers, C., **Le Pape O.**, Desaunay Y., **Morin J.**, Guérault D., Amara R. (accepté) Are growth and density quantitative indicators of essential fish habitat quality? An application to the common sole *Solea solea* nursery grounds. *Estuarine Coastal and Shelf Science.*
- Guérault D., D. Dorel & Y. Desaunay (1996). Cartographie des nourriceries littorales de poissons du Golfe de Gascogne. Rapport IFREMER; Contrat Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation 95-I1-01-02. 150 p.
- Holley J.F. (2002). Analyse des performances de croissance des juvéniles de sole sur les nourriceries côtières et estuariennes en fonction de la qualité du milieu. Mémoire de fin d'étude du Diplôme d'Agronomie Aprofondie. Option Halieutique. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes.
- Jegaden M. (2002). Analyse et comparaison des niveaux de contamination en Polychlorobiphényles et pesticides organochlorés dans les foies de juvéniles de soles provenant de nourriceries du golfe de Gascogne, de la baie de Seine et de la Somme. Maîtrise de Biochimie, Université de Rennes I: 39 p.
- Le Pape O.**, Chauvet, F., Mahévas, S., Lazure, P., Guérault, D. & Desaunay, Y. 2003 a. Quantitative description of habitat suitability for the juvenile common sole (*Solea solea* L.) in the Bay of Biscay (France) and the contribution of different habitats to the adult population. *Journal of Sea Research*, 50: 139-149.

**Le Pape O.**, Holley J., Guérault D., Désaunay Y. (2003 b). Coastal and estuarine essential fish habitat quality. Estimations based on the size of juvenile common sole (*Solea solea* L.). Estuarine, coastal and shelf science, 58 : 793-803.

**Le Pape O.**, Désaunay Y., Gilliers C., Martin J., Holley J.F., Cloarec A., Baulier L., Rolland J.L. Bonhomme F. Guinand B. **Morin J.** (2005). Habitats côtiers de nourriceries de sole : estimation et suivi de la qualité. Communication. 7<sup>ème</sup> forum halieumétrique « Du court au long terme : échelles d'analyse et de gestion des pêches », 21-23 juin 2005, Nantes, France.

**Le Pape O.** (2005) Les habitats halieutiques essentiels en milieu côtier. Les identifier, comprendre leur fonctionnement et suivre leur qualité pour mieux gérer et pérenniser les ressources marines exploitées. L'exemple des nourriceries côtières de poissons plats. *Mémoire d'habilitation à diriger des recherches*, Université de Bretagne Occidentale : 78 p.

**Le Pape O.**, Baulier L., Cloarec A., Martin J., Le LoCH F., Désaunay Y. (accepté). Habitat suitability for the juvenile common sole (*Solea solea*, L.) in the Bay of Biscay (France) : a quantitative description using indicators based on benthic fauna. *Journal of Sea Research*.

**Le Pape O.**, Gilliers C., Riou, P., **Morin J.**, Amara R. (accepté) Convergent signs of degradation of both the capacity and the quality of an essential fish habitat: synthesis on the Seine estuary (France), an highly anthropised estuary of which flatfish nursery function is altered. *Hydrobiologia*.

Lesourd S. (2000). Processus d'envasement d'un estuaire macrotidal : zoom temporel du siècle à l'heure ; application à l'estuaire de seine. Thèse de doctorat de l'Université de Caen, spécialité TH303-terre solide et enveloppe superficielle. 280 pages + annexes

Lesueur P., Lesourd S. (1999). Sables, chenaux, vasières. Dynamique des sédiments et évolution morphologique. Programme Scientifique Seine Aval. Fascicule n°3. 39 pp.

Moles A., Rice S. Norcross B. L. 1994. Non-avoidance of hydrocarbon laden sediments by juvenile flatfishes. *Netherlands Journal of Sea Research* 32: 361-367.

Morin J., Gilliers C., Schreiber N., **Le Pape O.** et Amara R. (2001). Rôle de la qualité du milieu sur la fonctionnalité des habitats côtiers en tant que nourriceries de poissons : état d'avancement des travaux. Communication présentée au séminaire de travail du programme Seine Aval II, 18-19 septembre 2001, Rouen.

**Morin J.**, Gilliers C., Schreiber N., **Le Pape O.** et Amara R., Schlaich I., Cochard M.L., Bergeron J.P. (2002). Rôle de la qualité du milieu sur la fonctionnalité des habitats côtiers en tant que nourriceries de poissons. Programme Seine-Aval II, Thème « Halieutique : habitats, peuplements et populations », Résultats des travaux de l'année 2001 : 50 pp

**Morin J.**, Schlaich I. (2002). Les peuplements de l'estuaire de Seine. Communication présentée au séminaire de travail du programme Seine Aval II, 2-3 octobre 2002, Rouen.

**Morin J.**, Gilliers C., Holley J.F., Jegaden M., **Le Pape O.**, Loizeau V., Amara R., Schlaich I., Cochard M.L. (2003). Rôle de la qualité du milieu sur la fonctionnalité des habitats côtiers en tant que nourriceries de poissons. Programme Seine-Aval II, Thème « Halieutique : habitats, peuplements et populations », Résultats des travaux de l'année 2002 : 24 pp

**Morin J.**, Gilliers C., **Le Pape O.**, Amara R. (2005). Identification des habitats essentiels de nourriceries de poissons à partir d'indicateurs faunistiques. Qualité de ces habitats pour les juvéniles de soles en estuaire de Seine. Programme Seine Aval, année 2004 – Thème « Halieutique, habitats et restauration des fonctionnalités biologiques », 37p.

**Morin J.**, Rochard E. (2005). Programme Seine Aval. Synthèse des résultats du thème « Halieutique, habitats et restauration des fonctionnalités biologiques » pour l'année 2004. 21 p.

**Morin J.**, Desroy N. (2005). Halieutique et peuplements. In Synthèse des travaux scientifiques et opérationnels réalisés entre 2001 et 2004. Rapport réalisé pour le Comité International d'Evaluation Scientifique du Programme Seine Aval. P98-107

**Morin J.**, Desroy N., Gilliers C., Duhamel S., Janson A.L., Lefrançois T., Gouneau N., Denis L., Mahé k., **Le Pape O.**, Amara R., Mayot S., Perrot Y., Cornier Th., Dauvin J.C., Feunteun E. (2005). Synthèse des travaux et résultats des projets relevant du thème « Halieutique peuplements et habitats ». Séminaire du programme Seine Aval. Rouen, Septembre 2005.



Riou (1999) Etude des nourriceries de sole et de plie en Manche Est. Importance écologique de l'estuaire de Seine. *Thèse de doctorat*, Université de Caen: 117 p.

Riou P., **Le Pape O.**, Rogers S. (2001). Relative contributions of different sole and plaice nurseries to the adult population in the Eastern Channel: application of a combined method using Generalized Linear Models and a Geographic Information System. *Aquatic Living Resources*, 14: 125-135.

Rozas L.P., Minello T.J. 1998. Nekton use of salt marsh, seagrass, and nonvegetated habitats in a south Texas estuary (USA). *Bulletin of Marine Sciences* 63: 481-501.

Rozas L.P., Zimmerman R.J. 2000. Small scale pattern of nekton use among marsh and adjacent nonvegetated areas of the Galveston Bay estuary, Texas (USA). *Marine Ecology Progress Series* 193: 217-239.

Saucerman S.E., Deegan 1991. Lateral and cross channel movement of the young of the year winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) in waquoit bay, Massachusetts. *Estuaries* 14(4), 440-446.

Sogard S. M., Able K.W., Hagan S.M. 2001. Long-term assessment of settlement and growth of juvenile winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) in New Jersey estuaries. *Journal of Sea Research* 45: 189-204.

-----

# Annexe

Liste des espèces capturées lors des campagnes d'échantillonnage réalisées au chalut à perche de 1995 à 2002, et codes d'appartenance aux groupes fonctionnels, trophique, mobilité et mode de vie.

Ces codes ont été établis par le Laboratoire EMH/Ifremer-Nantes, à partir de diverses sources bibliographiques et à partir d'informations communiquées par des benthologues. Les codes trophiques ont été établis d'après les données du réseau REBENT\*.

\* Les objectifs du réseau benthique (REBENT), piloté par Ifremer/Brest sont de recueillir et mettre en forme les données relatives à la distribution des habitats côtiers et au suivi de leur biodiversité faunistique et floristique.

Nom Scientifique	Nom Vernaculaire	Groupe trophique	Mobilité	Mode de vie
<i>Abra alba</i>	"Abra"	Dépositore sélectif	Aucune	Fouisseur
<i>Acanthocardia spp</i>	"Acanthocardia"	Suspensivore	Aucune	Fouisseur
<i>Actinia spp</i>	actinie	Carnivore	Aucune	Sessile
<i>Agonus cataphractus</i>	souris de mer	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Alloteuthis</i>	petit calmar	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Ammodytes tobianus</i>	équille	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Anguilla anguilla</i>	anguille	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Aphrodite aculeata</i>	aphrodite	Carnivore	Moyenne	Rampeur-Marcheur
<i>Apletodon dentatus</i>	"Apletodon"	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Arnoglossus spp</i>	arnoglosse	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Asterias rubens</i>	étoile de mer	Carnivore	Moyenne	Rampeur-Marcheur
<i>Atherina presbyter</i>	prêtre	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Belone belone</i>	orphie	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Blennius spp</i>	blennie	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Buccinum undatum</i>	buccin	Nécrophage	Moyenne	Rampeur-Marcheur
<i>Buglossidium luteum</i>	petite sole jaune	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Callianassa subterranea</i>	"callianasse"	Dépositore sélectif	Moyenne	Fouisseur
<i>Callionymus lyra</i>	dragonnet	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Cancer pagurus</i>	tourteau	Carnivore	Forte	Rampeur-Marcheur
<i>Carcinus maenas</i>	crabe vert	Détritivore	Forte	Rampeur-Marcheur
<i>Cardium edule</i>	coque	Suspensivore	Aucune	Fouisseur
<i>Chlamys opercularis</i>	vanneau	Suspensivore	Moyenne	Nageur
<i>Ciliata mustela</i>	motelle	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Clupea harengus</i>	hareng	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Corystes cassivelaunus</i>	crabe coryste	Suspensivore	Forte	Fouisseur
<i>Cottidae</i>	chabot de mer	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Crangon allmani</i>	"crevette"	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Crangon crangon</i>	crevette grise	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Crepidula fornicata</i>	crépidule	Suspensivore	Aucune	Sessile
<i>Dicentrarchus labrax</i>	bar	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Donax spp</i>	donace	Suspensivore	Aucune	Fouisseur
<i>Echiichthys vipera</i>	petite vive	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Echinocardium cordatum</i>	oeuf de grisard	Dépositore non sélectif	faible	Fouisseur
<i>Engraulis encrasicolus</i>	anchois	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Ensis spp</i>	couteau	Suspensivore	faible	Fouisseur
<i>Eupagurus bernhardus</i>	bernard-l'ermite	Nécrophage	Moyenne	Rampeur-Marcheur
<i>Eutrigla gurnardus</i>	grondin gris	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Gadus morhua</i>	morue	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Gobiidae</i>	gobie	Carnivore	Forte	Nageur

<i>Henricia oculata</i>	étoile	Carnivore	Moyenne	Rampeur-Marcheur
<i>Hippocampus spp</i>	hippocampe	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	lançon	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Labrus bergylta</i>	vieille	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Laevicardium crassum</i>	"Laevicardium"	Suspensivore	Aucune	Fouisseur
<i>Lepadogaster spp</i>	"Lepadogaster"	Suspensivore	Aucune	Sessile
<i>Limanda limanda</i>	limande	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Liocarcinus holsatus</i>	"crabe nageur"	Carnivore	Forte	Rampeur-Marcheur
<i>Liocarcinus marmoreus</i>	"crabe"	Carnivore	Forte	Rampeur-Marcheur
<i>Liza spp</i>	mulet	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Loliginidae</i>	calmar	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Lutreria lutreria</i>	Lutraire	Suspensivore	Aucune	Fouisseur
<i>Macoma spp</i>	"Macoma"	Suspensivore	faible	Fouisseur
<i>Macropodia longirostris</i>	"Macropodia"	Carnivore	faible	Rampeur-Marcheur
<i>Mactra corallina</i>	mactre	Suspensivore	Aucune	Fouisseur
<i>Maia squinado</i>	araignée de mer	Carnivore	Forte	Rampeur-Marcheur
<i>Merlangius merlangus</i>	merlan	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Microchirus variegatus</i>	sole perdrix	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Mullus surmuletus</i>	rouget barbet	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Mustelus asterias</i>	emissele tachete	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Mya arenaria</i>	bec de jar	Suspensivore	Aucune	Fouisseur
<i>Mya elongata</i>	mye	Suspensivore	Aucune	Fouisseur
<i>Mya truncata</i>	mye tronquée	Suspensivore	Aucune	Fouisseur
<i>Mytilus edulis</i>	moule	Suspensivore	Aucune	Sessile
<i>Nassarius spp</i>	nasse	Nécrophage	Moyenne	Rampeur-Marcheur
<i>Natica alderi</i>	natrice	Carnivore	faible	Rampeur-Marcheur
<i>Necora puber</i>	étrille	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Ophiuridae</i>	ophiure	Carnivore	faible	Rampeur-Marcheur
<i>Osmerus eperlanus</i>	éperlan	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Palaemon longirostris</i>	crevette blanche	Détritivore	Forte	Nageur
<i>Palaemon serratus</i>	bouquet	Détritivore	Forte	Nageur
<i>Pandalus montagui</i>	crevette bouquet	Détritivore	Forte	Nageur
<i>Pecten maximus</i>	coquille St Jacques	Suspensivore	faible	Nageur
<i>Pectinaria spp</i>	Pectinaire	Déposivore non sélectif	Aucune	Fouisseur
<i>Pegusa lascaris</i>	sole pole	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Platichthys flesus</i>	flet	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Pleuronectes platessa</i>	plie	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Pollachius pollachius</i>	lieu jaune	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Portumnus latipes</i>	"crabe"	Carnivore	Forte	Rampeur-Marcheur
<i>Psammechinus miliaris</i>	oursin vert	Herbivore	faible	Rampeur-Marcheur
<i>Psetta maxima</i>	turbot	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Raja alba</i>	raie blanche	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Raja clavata</i>	raie bouclée	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Raja montagui</i>	raie douce	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Sardina pilchardus</i>	sardine	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Scomber scombrus</i>	maquereau	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Scophthalmus rhombus</i>	barbue	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Scyliorhinus canicula</i>	petite roussette	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Sepia officinalis</i>	seiche	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Sepiola spp</i>	sépiole	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Solea vulgaris</i>	sole commune	Carnivore	Forte	Nageur

<i>Spisula ovalis</i>	spisule ovale	Suspensivore	Aucune	Fouisseur
<i>Spisule spp</i>	Spisule	Suspensivore	Aucune	Fouisseur
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	dorade grise	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Sprattus sprattus</i>	sprat	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Syngnathus spp</i>	aiguille de mer	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Tapes pullastra</i>	palourde bleue	Suspensivore	Aucune	Fouisseur
<i>Thyone fusus</i>	"holothurie"	Suspensivore	faible	Fouisseur
<i>Trachurus trachurus</i>	chinchard	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Trigla lucerna</i>	grondin perlon	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Trisopterus luscus</i>	tacaud	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Trisopterus minutus</i>	petit tacaud	Carnivore	Forte	Nageur
<i>Zeus faber</i>	st pierre	Carnivore	Forte	Nageur