

Découvrez un ensemble de documents, scientifiques ou techniques,  
dans la base Archimer : <http://www.ifremer.fr/docelec/>

**ifremer**

Direction des Ressources Vivantes  
Laboratoire Ressources Halieutiques de Port-en-Bessin

Juin 1999 - DRV/RH/RST/99-05

# Étude des nourriceries de la baie de Seine orientale et de l'estuaire de la Seine

Synthèse des connaissances  
Identification d'une nourricerie en estuaire de Seine  
Analyse de la fonctionnalité de l'estuaire comme  
nourricerie

Jocelyne Morin\*, Philippe Riou\*, Christophe Bessineton\*\*,  
Christophe Vedieu\* Michel Lemoine\*, Serge Simon\*\*, Olivier  
Le Pape\*

\*Laboratoire Ressources Halieutiques de Port-en-Bessin

\*\*Cellule de Suivi du Littoral Haut-Normand, Le Havre

E251  
E74  
E

Direction des Ressources Vivantes  
Laboratoire Ressources Halieutiques de Port-en-Bessin

Jocelyne Morin\*, Philippe Riou\*, Christophe Bessineton\*\*, Christophe Védieu\*\*  
Michel Lemoine\*, Serge Simon\*\*, Olivier Le Pape\*

\*Laboratoire Ressources Halieutiques de Port-en-Bessin

\*\*Cellule de Suivi du Littoral Haut-Normand, Le Havre

**EXCLU DU PRÊT**

Juin 1999 - DRV/RH/RST/99-05

# Etude des nourriceries de la Baie de Seine orientale et de l'estuaire de la Seine

Synthèse des connaissances

Identification d'une nourricerie en estuaire de Seine  
Analyse de la fonctionnalité de l'estuaire comme nourricerie

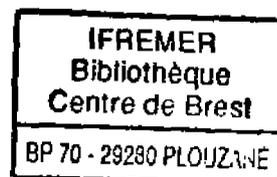
*Etude financée par*  
la Préfecture de Région de Haute-Normandie,  
le Port Autonome du Havre et  
IFREMER,

dans le cadre de la Convention d'aide à la Recherche n° 96/1212618/BMF

IFREMER Bibliothèque de BREST



OBR36083



63005

<b>Numéro d'identification du rapport :</b> DRV/RH/RST/99- <b>Diffusion :</b> libre <input checked="" type="checkbox"/> restreinte <input type="checkbox"/> interdite <input type="checkbox"/> <b>Validé par :</b> Jean Marin <b>Version du document :</b> définitive Rapport interne de la Direction des Ressources Vivantes		<b>date de publication</b> Juin 1999 <b>nombre de pages :</b> 74p +annexe 1 : 199p +annexe 2 : 92p <b>bibliographie :</b> oui <b>illustrations :</b> oui <b>langue du rapport :</b> Français Résumé anglais de 4 pages
<b>Titre et sous-titre du rapport :</b>  <b>ETUDE DES NOURRICERIES DE LA BAIE DE SEINE ORIENTALE ET DE L'ESTUAIRE DE LA SEINE.</b>  <b>Titre traduit :</b>  <b>Study of eastern bay of seine and Seine estuary nurseries</b>		
<b>Auteurs principaux :</b>  MORIN Jocelyne*, RIOU Philippe*, BESSINETON Christophe**, VEDIEU Christophe**, LEMOINE Michel*, SIMON Serge**, LE PAPE Olivier*		<b>Organisme / Direction / Service, laboratoire</b>  *IFREMER / DRV/RH Port-en-Bessin  **CELLULE DE SUIVI DU LITTORAL HAUT-NORMAND - Le Havre
<b>Titre de la convention d'aide à la recherche :</b> Etude des nourriceries de la baie de Seine orientale et de l'estuaire de la Seine		n° de contrat IFREMER 96/1212618/BMF
<b>Organismes commanditaires :</b> - le Préfet de la Région Haute-Normandie - le Port Autonome du Havre, Terre-Plein de la Barre – 76067 Le Havre Cedex  <b>Organismes réalisateurs :</b> IFREMER, Laboratoire Ressources Halieutiques, Av. du général De Gaulle, 14520 PORT-EN-BESSIN Cellule de Suivi du Littoral Haut-Normand, 4 rue du Colonel Fabien – 76083 Le Havre Cedex		
<b>Cadre de la recherche :</b>  <b>Programme :</b> Ecosystèmes Halieutiques (D1)  <b>Sous-programme :</b> Ecosystèmes Sensibles d'Intérêt Halieutique (D130)  <b>Projet :</b> Etude des nourriceries de la baie de seine (870084)  <b>Campagnes océanographiques :</b> septembre 1995 et 1996, décembre 1995, février 1996 et 1997 avec le navire professionnel « Côte d'Azur » basé au Havre.		

**Résumé :**

L'étude, menée de 1995 à 1997 dans le cadre du projet d'extension du Port Autonome du Havre, a porté sur la description des peuplements halieutiques et la caractérisation d'une nourricerie côtière dans l'estuaire et la baie de Seine orientale. Elle a eu pour objectif principal de décrire la composition spécifique et démographique des peuplements marins ainsi que leur distribution spatio-temporelle, et d'évaluer ainsi la fonctionnalité biologique et halieutique de ce site. Cette étude comportait aussi une recherche sur les exigences alimentaires locales des juvéniles de poissons séjournant dans l'estuaire.

Les résultats des prospections automnales et hivernales montrent que l'ensemble formé par l'estuaire et sa zone d'influence directe est le plus riche des points de vue biologique et halieutique, les fonds situés juste à la sortie de l'estuaire étant les plus riches en diversité et en abondance. Le secteur estuarien de la Fosse Nord se caractérise par une certaine spécificité biologique et semble jouer un rôle particulièrement important pour les juvéniles de *Dicentrarchus labrax*, *Clupea harengus*, *Solea solea*, *Platichthys flesus* et pour la crevette grise *Crangon crangon*, espèces dominantes dans ce secteur.

On peut considérer que, par rapport à la totalité du site étudié (jusqu'aux fonds supérieurs à 20 mètres), les fonds de moins de 10 mètres apparaissent comme les plus riches en juvéniles de poissons. La proportion d'individus de moins de 2 ans dans les captures y est élevée et souvent supérieure à 90 %. La zone intertidale, pour sa part, se distingue par la présence exclusive d'individus de moins d'un an dont la taille est inférieure à celle des poissons de même âge pêchés plus au large.

Au cours des différentes campagnes est apparue une forte variabilité interannuelle d'abondance de la plupart des espèces, y compris les formes juvéniles de nombreux poissons tels le *D. labrax* ou *S. solea*. Cette observation a été faite sur d'autres sites, en particulier la baie de Somme, et doit être considérée comme une caractéristique des nourriceries.

Malgré cette variabilité, la caractérisation, désormais sans ambiguïté, d'une nourricerie de Seine s'appuie sur le constat des potentialités du site à abriter une large gamme de juvéniles d'espèces dont toutes ne seront pas régulièrement présentes, ou par exemple distribuées à l'identique, chaque année.

L'étude des exigences alimentaires des juvéniles de six espèces de poissons pêchées dans l'estuaire et son embouchure fait apparaître des proies différentes appartenant à trois grands types de milieux : le domaine benthique intertidal vaseux, le domaine benthique subtidal des sables fins envasés de la partie aval de l'estuaire, le domaine suprabenthique plutôt cantonné aux fosses et aux chenaux. Chacun de ces milieux est utilisé par les différents prédateurs à des stades successifs de leur cycle biologique, chaque groupe de taille ayant une typologie particulière de proies. Les nourriceries de bar, de sole, de flet, de plie, de tacaud et de merlan sont ainsi tributaires de ces trois milieux complémentaires qui leur sont indispensables en termes de disponibilité alimentaire globale.

\* Le présent rapport comporte un résumé de quatre pages, en anglais, présentant les principaux résultats acquis au cours de cette étude.

## Abstract

The study carried out from 1995 to 1997 within the framework of "Le Havre" harbour extension project, concerned the description of halieutic populations and the characterization of a coastal nursery in the oriental part of the Seine bay and in the Seine estuary. The main objective was to describe the specific and demographic composition of marine populations as well as their spatio-temporal distribution, and then to assess the biologic and halieutic role of this area. The study also included a research about the dietary needs of fish juveniles living in the estuary.

### Methodology

Five series of surveys were carried out in subtidal and intertidal zones. They were realised in autumn and winter, from September 1995 to March 1997, in an area extending from the coast to a distance of 20 meters depth, between the "Pont de Normandie", Ouistreham and Antifer. Autumn is the most favourable season to assess juveniles abundance in nurseries areas. Nevertheless winter surveys were planned to determine seaward extension of the nursery area at this time of the year. In subtidal zones, two beamtrawls were used (2 m and 3 m wide) with a mesh size of 20 mm. Intertidal zones were sampled with a one meter beamtrawl of 8 mm mesh size.

The study area was divided into 13 strata which were considered homogeneous for bathymetry and environment. Between 3 and 6 trawling were carried out in each stratum.

At each station all the species were identified, and for each species, animals were counted and weighed. Commercially important fishes were measured. For six species, the age was determined from otoliths (all fishes except for bass) or scales (only bass).

### Halieutic study

#### *Species richness*

During the whole study, a total number of 110 species (fishes: 50, molluscs: 34, crustaceans: 16) was identified. At each survey more than 70 species, on average, were identified.

In autumn, the Seine estuary and its mouth appeared to be the richest area in terms of number of species. In winter the species richness was at its highest in the estuary mouth. The average number of species found in this area during all the surveys varied between 35 and 38. In the other zones the average number varied between 12 and 30. Areas directly influenced by the estuary are characterized by a larger average number of fish species. More than 20 species were identified in this latter area whereas less than 20 species were identified elsewhere.

#### *Dominant species and abundance*

Seastars (*Asterias rubens*) and Ophiuridea are the most abundant in the whole prospected zone, except in the estuary. The average density of all the different species indicates that species other than fishes are numerically dominant. Their density reaches 180 ind/1000 m<sup>2</sup>, when fish density varies between 30 and 60. When the data are analysed without taking into account seastars and ophiuroidea, brown shrimp *Crangon crangon* is numerically dominant. Among the fishes, *Trisopterus luscus*, *Dicentrarchus labrax*, *Sprattus sprattus* and *Solea solea* are the numerically dominant species.

The estuary area differs by the numerical dominance of species like *Clupea harengus*, *D. labrax*, *P. flesus*, *S. solea* and *C. crangon*. Other areas, outside the estuary, are characterized by numerically dominant species like *Callionymus lyra* and *Buglossidium luteum* which don't live in brackish waters.

In autumn, as well as in winter, the estuary and its mouth play a major role for fishes : more than 90 ind./1000 m<sup>2</sup> in the mouth and less than 40 ind./1000m<sup>2</sup> more seaward (average numbers in autumn).

### *Age and length*

Most of the fishes captured in the whole area subject to the study are less than 2 years old. The Length structure shows that the majority of fishes are shorter than the legal minimal length.

### *Spatial distributions*

The analysis of spatial distributions shows that juvenile fishes are preferentially present in under 10 m depths . The distributions of the nine species of juvenile fishes previously mentioned, cover each other. The capacities of the coastal zone - situated between the Orne and Seine estuaries - to be a nursery area - are thus confirmed. Nevertheless, in this area, each species has a distribution influenced by its own biologic requirements.

*D. labrax* and *P. flesus* are more often observed in brackish and muddy waters, with concentration areas near the « Pont de Normandie ». *C. harengus* is abundant inside the estuary, even if it is also present outside. *S. solea* is essentially captured on fine and muddy sediments. This species seems to be quite subject to the Seine estuary influence and, to a lesser extent, to the Orne influence. On the contrary, *P. platessa* and *L. limanda* hardly enter into the estuary.

Brown shrimp, *C. crangon*, a commercially important species, is also essentially caught at less than 10 m depths, with high concentrations in estuary area.

The Observations made in 1981 regarding the same zone, within the framework of « SAUM<sup>1</sup> baie de Seine » are confirmed, though differences of abundance of some species could be high between 1981 and 1995-97. Studies carried out in the Somme bay lead to the same kind of observations : juveniles are predominant in coastal and estuary zones and juveniles are present at less than 10 m depths .

### *The role of the intertidal areas*

Surveys conducted in the intertidal zone provide essentially qualitative information which are complementary to the ones obtained in the subtidal zone. These two kinds of information cannot be compared because of a difference in methodology.

*C. crangon*, Gobiidae, *Cerastoderma edule* and some fishes like *P. platessa* and *D. labrax* are numerically dominant in the intertidal zone. All fishes (species whose age has been determined) are under one year old and abundant. Though their densities cannot be directly compared to the ones obtained in the subtidal zone, their abundance indicates that the intertidal zone plays an essential role for the juveniles of many species. In this area, juveniles are shorter than the ones of the same group of age, which have been caught in the subtidal zone. That is the confirmation of the major role of the intertidal zone, especially the muddy grounds of the estuary, for the youngest fishes of many species.

---

<sup>1</sup> SAUM : Schéma d'Aptitude et d'Utilisation de la Mer

### *Interannual variability of abundance*

An important result from the surveys made during two years is the high interannual variability of abundance of most species, including juveniles of many species like *S. solea* and *D. labrax*. This observation has also been made in other sites, particularly in the bay of Somme. This might be considered as a characteristic of coastal nurseries

### **Trophic study**

Nurseries areas are high productive zones, of primordial importance for biological cycles of many fish species, particularly for diet. In addition to the demographic analysis, the other objective of this study was to identify the diets of some fish.

### *Methodology*

The stomach contents study concerned 6 species well captured in the Seine estuary, each of them having a behaviour different from the others. We studied 3 flatfishes (*S. solea*, *P. platessa*, *P. flesus*) and 3 round fishes (*D. labrax*, *T. luscus*, *M. merlangus*).

To assess the season's influence, samples were collected in autumn and winter. The predator's length influence has been studied by using 3 length classes (<16 cm, from 16 to 21 cm, >=21 cm) for each species.

For each predator species, a global study of stomach contents was first carried out. After that, analyses were made for each predator length class and for each season. These analyses concerned prey species numbers, frequencies and biomass. The study was also carried out using a global diet index, MFI "main food item" (Zander 1982, in Rosecchi and al., 1987) which gathers in one value the three parameters, number, frequency and biomass. Primary and secondary preys of each predator could thus be better determined.

### *Results*

The preys identified belong to various ecological environments.

If we consider preys frequencies in stomach contents and global amounts of preys, it appears that a group of preys has a particular importance. It concerns crustaceans (*Mysidacea*, *Corophium volutator*, *Crangon crangon*), Annelida (*Pectinaria koreni*, *Nereis diversicolor*) and one Bivalvia (*Abra alba*).

- *Corophium* and *Nereis* belong to muddy intertidal benthic environment. They are eaten by very young bass, flounders and plaices. *Nereis* forms a part of the young sole's diet, and, in winter, of flounder and bass (medium and large size sole) diet. These fishes feed on muddy bottoms invertebrates.
- *Pectinaria* and *Abra alba* are characteristic of muddy fine sands of subtidal environment. They are respectively eaten by sole (medium and large size sole), flounder (for *Pectinaria*) and by flounder and plaice (for *Abra*).
- *Mysidacea* and *C. crangon* belong to suprabenthic and pelagic environment. They are eaten by bass and pout.
- Fish, belonging to pelagic environment, are principally eaten by whiting.

*S. solea*, *P. platessa* and *P. flesus* have a great relationship with benthic fauna. The smaller bass have also a great affinity for benthic preys of intertidal environment (*Corophium*).

Unlike these, hardly any link has been observed between subtidal round fish and the Seine estuary benthos. *M. merlangus* feeds on pelagic preys (essentially fish). *D. labrax* and *T. luscus* prefer crustaceans, most often *C. crangon*.

For each species, different kinds of diet behaviour are observed according to fish length. There is a particular prey typology to which the diversity of the estuary environments can answer. Subtidal zones contain benthic-demersal resources with low densities (<100 ind./m<sup>2</sup> in average) but with great biomass (big animals), whereas in coastal intertidal zones there are small animals with large quantities (several thousands of *Corophium*/m<sup>2</sup>) that will be eaten by the youngest fishes which are abundant in intertidal area.

*C. crangon* is abundant in the estuary. Diet needs of fishes through their different phases of growth can be satisfied by the diversity of brown shrimp lengths. This crustacean is an important link in the estuary food web.

Diet seasonal variations have also been observed. Preys availability probably varies according to the season. It seems that substitution preys could exist, but they would be less eaten than preferred preys. *D. labrax*, for example, feeds on benthic annelida in winter when brown shrimp disappear, but stomach repletion indices are lower than in autumn.

According to these observations it is evident that fish juveniles diets are made of preys which are abundant in these coastal and estuarian areas.

### **Reasons of juveniles concentration in estuary area**

Data analysis (demographic and trophic) has been completed with bibliographic research. The objective was to determine the reasons of juvenile presence in estuary area.

Juvenile concentration in nursery areas can be explained by two principal reasons.

- An abundant and varied food, satisfying the needs of various development phases of many species is available in nurseries areas. An area with a big number of prey species can support a fish density better than poorer similar areas (Poxton *and al.*, 1982).
- Nursery areas provide protection against predator fishes. In the Severn estuary, for example, it appeared that the number of predators was less than in the marine zone (Hardisty and Huggins, 1975).

These two factors seem to be crucial because they contribute to individual growth and to strength maintenance. Brackish waters which characterize estuaries don't seem to be an evident element of growth. Moreover, these waters have an influence on juveniles geographical distribution in the different estuary levels. They represent a physiological barrier for many predators.

These environmental conditions are found only in limited coastal environments where juveniles take advantage of other factors which do not have a direct influence on their distribution.

- Low depth areas offer favourable conditions for juveniles development and protection.
- Water temperature, higher in shallow zones during summer, particularly in intertidal area, has been identified as a favorable growth factor by many authors. High temperature has a positive impact on metabolism increase, when food is available.
- In these sheltered and quiet nursery areas moderate hydrodynamism can also have an influence on the growth by having a positive effect, particularly on feeding.

- Hydrodynamism has also an influence on sediment granulometry and thus on sediment type. Fine and muddy sediments which characterizes estuaries are essential for setting of many buried preys, which are potential preys for many fish juveniles

## **Conclusion**

The Seine estuary and its surroundings, including the Orne estuary, are a favourable area for setting of juvenile fish, even though some species are nearly missing one or several years. This statement lead to the concept of the capacity of an area to set juvenile fishes. It could be interesting to define this potentiality by using biological and non biological criteria, not only according to juvenile abundance. The conditions for an area to receive juveniles are the diversity of complementary, juxtaposed and sufficiently productive environments, that satisfy entirely the diet needs of juvenile fishes in a limited time and space.

## AVERTISSEMENT

---

**Le rapport final de cette convention d'étude comporte trois tomes** dont les objectifs sont bien distincts, deux d'entre eux, intitulés Annexe I et Annexe II, étant les compilations des rapports intermédiaires contractuellement remis depuis le début de l'étude en été 1995.

**L'Annexe I** regroupe les travaux menés essentiellement par le Laboratoire Ressources Halieutiques de la Station IFREMER de Port-en-Bessin sur la **Richesse biologique et halieutique des nourriceries de l'estuaire**. Ce tome est constitué des rapports remis en juillet et septembre 1997, comme l'indique la note de bas de page.

**L'Annexe II** regroupe les travaux essentiellement menés par la CSLHN du Havre relatifs aux **Relations trophiques des peuplements** observés. Ce tome inclut le rapport de juillet 1997 ainsi que les résultats d'analyses complémentaires, l'ensemble ayant été remis en décembre 1997.

**Le présent tome, intitulé Synthèse des connaissances**, a été voulu plus facile d'accès et d'usage que les précédents rapports (annexes I et II) qui sont des documents techniques destinés à relater en détail l'avancement des travaux menés, les résultats acquis et les conclusions intermédiaires. Cette synthèse a été remise en tant que rapport final en décembre 1997.

---

# SOMMAIRE

## IDENTIFICATION D'UNE NOURRICERIE EN BAIE DE SEINE ORIENTALE ET DANS L'ESTUAIRE

<b>I - GENESE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE</b>	<b>2</b>
<b>II - REALISATION TECHNIQUE</b>	<b>4</b>
<b>III - RICHESSE BIOLOGIQUE ET HALIEUTIQUE DE L'ENSEMBLE ESTUARIEN</b>	<b>6</b>
<b><i>III-1- Apport des travaux menés en 1995-97</i></b>	<b>6</b>
III-1-1 Caractéristiques dominantes des peuplements	6
III-1-2-Spécificité de l'estuaire et de ses abords immédiats	7
III-1-3 Particularités du secteur intertidal côtier	13
III-1-4 Spécificité de la Fosse Nord	15
<b><i>III-2- Apport des autres données</i></b>	<b>16</b>
III-2-1 Données recueillies en 1981 dans le cadre du "SAUM Baie de Seine"	16
III-2-2 Données recueillies en Baie de Somme	19
III-2-3 Données recueillies dans le cadre de la construction du "Pont de Normandie"	25
III-2-4 Données recueillies dans le cadre du suivi du rejet de "Thann et Mulhouse"	28
<b><i>III-3- Caractérisation de la nourricerie de l'estuaire Seine du point de vue halieutique - Conclusions</i></b>	<b>31</b>
<b>IV - EXIGENCES ALIMENTAIRES DES PEUPEMENTS HALIEUTIQUES</b>	<b>33</b>
<b><i>IV-1- Comportements alimentaires des principaux prédateurs</i></b>	<b>33</b>
IV-1-1 Régimes alimentaires des différentes espèces	34
IV-1-2 Particularités du régime alimentaire des espèces capturées en domaine intertidal	41
IV-1-3 Synthèse des comportements alimentaires - Tableau récapitulatif	43
<b><i>IV-2- Disponibilité des proies préférentielles en zone estuarienne</i></b>	<b>44</b>
IV-2-1- Disponibilité des principales proies benthodémersales dans le domaine subtidal de la Baie de Seine orientale	44
IV-2-2- Benthos disponible en Fosse Nord, en domaine intertidal	45
IV-2-3- Benthos disponible en Fosse Nord, en domaine subtidal	48
IV-2-4- Benthos disponible dans la partie nord de la strate E, en zone subtidale	49
<b><i>IV-3- Caractérisation de la nourricerie de l'estuaire Seine du point de vue trophique - Conclusions</i></b>	<b>51</b>

<b>ANALYSE DE LA FONCTIONNALITE DE L'ESTUAIRE EN TANT QUE NOURRICERIE COTIERE</b>
---

<b>I - CARACTERISTIQUES DOMINANTES DES NOURRICERIES</b>	<b>55</b>
<i>I-1- Localisation en milieu estuarien ou dans les baies</i>	55
<i>I-2- Forte variabilité interannuelle de l'abondance des peuplements</i>	56
<b>II - RAISONS DE CES CONCENTRATIONS DE JUVENILES EN ZONE ESTUARIENNE</b>	<b>57</b>
<i>II-1- Facteurs déterminants</i>	57
<i>II-2- Répartition des espèces étudiées en Baie de Seine</i>	57
<b>III - FACTEURS DU MILIEU LIES AUX EXIGENCES ECO-PHYSIOLOGIQUES DES JUVENILES</b>	<b>59</b>
<i>III-1- La profondeur</i>	59
<i>III-2- La température de l'eau</i>	60
<i>III-3- L'hydrodynamisme</i>	60
<i>III-4- La couverture sédimentaire</i>	60
<b>CONCLUSION GENERALE</b>	<b>62</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>66</b>

**IDENTIFICATION D'UNE NOURRICERIE  
EN BAIE DE SEINE ORIENTALE  
ET DANS L'ESTUAIRE**

## I - GENESE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

De nombreux programmes d'étude ont été engagés depuis quelques années sur les ressources naturelles et la qualité des eaux de l'estuaire et de la baie de Seine, ceci afin de mieux maîtriser la préservation à la fois en réaction à des décennies d'aménagements industriels, agricoles et urbains, et en prévision d'équipements portuaires nouveaux ou d'exploitations futures d'agrégats marins. Une raison forte d'investir dans l'étude des peuplements marins de ce secteur fut pour l'Etat, dès 1993, de favoriser la conciliation d'une part entre l'extraction des granulats marins et l'exploitation halieutique, et d'autre part le développement portuaire du Havre et la protection biologique de l'estuaire.

La convention d'aide à l'étude des nourriceries de la baie de Seine orientale et de l'estuaire (septembre 1995 - décembre 1997) s'inscrit dans cette double problématique, compte-tenu de la valeur biologique et halieutique des sites naturels concernés. Elle a eu pour **objectif principal de caractériser, en deux ans, la distribution géographique et la composition des peuplements marins de ce secteur sensible, encore mal connus**, ceci afin de contribuer aux prises de décision en matière d'aménagement littoral.

L'étude de la **répartition géographique** devait préciser entre autres :

- **l'importance relative des différents secteurs de la baie de Seine Orientale et de l'estuaire pour le développement des juvéniles de poissons,**
- **l'extension maximale de ces peuplements vers le large durant l'hiver et leur éventuel débordement sur les sites potentiels d'extraction d'agrégats marins, sites faisant l'objet d'une étude particulière actuellement en cours.**

Ce double objectif justifie la grande étendue du site étudié qui déborde ainsi largement la stricte zone estuarienne et atteint les sites à agrégats au large dans les fonds de 30 mètres. La partie la plus intensément échantillonnée reste néanmoins le proche estuaire, objet central de l'étude en relation avec les projets d'extension portuaire du Havre.

La **description des peuplements** a visé pour sa part essentiellement :

- la **composition spécifique et démographique** des peuplements,
- leur **distribution spatio-temporelle saisonnière,**
- certaines **exigences trophiques** des juvéniles de poissons séjournant dans l'estuaire et diversement dépendants d'éventuelles modifications du milieu et des fonds.

La **première année d'étude** s'est basée sur trois séries d'environ 50 traits de chalut à perche standard réalisées en septembre et décembre 95, puis en février 96. De ces premiers travaux, plusieurs conclusions provisoires ont pu être émises dès septembre 96 sur :

- la grande richesse spécifique et l'abondance forte de juvéniles de poissons d'intérêt commercial en secteur estuarien et sous son influence,
- le rôle très important joué par les zones intertidales (de balancement des marées) dans le fonctionnement des nourriceries,
- le non débordement, en hiver comme en automne, des zones d'extension de la nourricerie sur les sites potentiels d'extraction d'agrégats marins.
- la bonne diversité des proies disponibles en milieu estuarien, élément capital pour que chaque espèce puisse couvrir ses besoins alimentaires suivant la saison et son stade de croissance.

La **deuxième année d'étude** avec acquisition de nouvelles données, en septembre 1996 et février 1997, était programmée avec le double objectif de :

- tout d'abord confirmer par une seconde année d'observation les hypothèses avancées dans le premier rapport,
- mettre en évidence et prendre en compte une éventuelle variabilité inter-annuelle de distribution et d'abondance de certaines espèces, variabilité généralement élevée chez les peuplements de sites littoraux et déjà observée sur d'autres sites estuariens analogues.

Cette seconde année prévoyait aussi un complément de prélèvement d'estomacs pour approfondir l'étude des relations trophiques entre ressources halieutiques principales et ressources alimentaires disponibles. Cette étude devait permettre de mesurer les exigences alimentaires des espèces vis-à-vis des capacités biotiques du milieu. Rappelons que cette capacité est directement liée à l'abondance de nombreuses espèces benthiques vivant au contact direct ou dans les sédiments dont la stabilité, ou l'existence-même, en estuaire peuvent être remises en question par les projets d'extension portuaire par modification des régimes hydrosédimentaires.

En complément de cette acquisition de connaissances nouvelles, et pour mieux étayer les diagnostics qui en ressortent, leur relativisation a été proposée par rapport à deux sources d'information que sont :

- les études antérieurement menées en estuaire de Seine et en baie de Somme, site proche et bien suivi,
- les sources bibliographiques se rapportant aux nourriceries et au comportement alimentaire des poissons. La bibliographie assez riche collectée sur les nourriceries a permis d'ailleurs de développer une seconde partie de cette synthèse autour de la fonctionnalité complexe de ce type de sites côtiers.

## II - REALISATION TECHNIQUE

Selon les termes de la convention d'étude, cinq campagnes de prospection ont été réalisées :

- deux en automne, en septembre/octobre 1995 et 1996;
- deux en hiver, en février/mars 1996 et 1997;
- une en décembre 1995.

L'automne a été choisi car cette saison est reconnue comme étant la plus favorable à l'étude de la distribution des juvéniles de poissons en milieu côtier et estuarien.

Les campagnes hivernales avaient pour objet complémentaire de mettre en évidence une éventuelle migration hivernale des juvéniles vers le large et d'obtenir ainsi une image de leur plus grande extension.

Lors de chaque campagne, les évaluations de peuplements halieutiques ont été réalisées selon deux méthodes d'échantillonnage complémentaires l'une de l'autre, pour des raisons d'accessibilité différente aux points de prélèvement :

- une partie des prélèvements, la plus importante en nombre, s'est déroulée à bord d'un bateau de pêche professionnel permettant d'échantillonner de l'estuaire jusqu'à la sonde des 20 mètres avec un chalut à perche équipé d'un maillage de 20 mm pour capturer les très jeunes individus,
- le complément a été réalisé en pêche à pied afin d'échantillonner les secteurs situés au-dessus du zéro des cartes marines, non accessibles aux chalutiers. Le chalut utilisé d'un mètre de large équipé en maille de 8 mm s'est montré apte à récolter les individus de très petite taille vivant en intertidal.

Ces chaluts appartiennent à une famille d'engins standards utilisés sur de nombreux sites côtiers étudiés pour leurs nourriceries. Régionalement, ce type d'engin a été utilisé en 1981 dans le cadre du SAUM - Baie de Seine et il est employé depuis 1978 pour étudier les nourriceries de Baie de Somme.\*

### *Secteurs prospectés - Stratégie d'échantillonnage*

La zone d'étude a été déterminée de façon à prendre en compte l'ensemble de l'aire de distribution des juvéniles à l'automne en se basant notamment sur les résultats du SAUM 1981. Le secteur prospecté va de Ouistreham à Antifer et s'étend du pont de Normandie jusqu'à la sonde des 20 mètres vers le large.

Pour évaluer les peuplements halieutiques dans ce type de site, le **mode d'échantillonnage stratifié aléatoire** est généralement reconnu comme le plus apte à limiter la variance tout en étant relativement moins exigeant en nombre de prélèvements.

Le secteur à prospecter a ainsi été divisé en 13 strates (plus la zone potentielle d'extraction de granulats située plus au large) considérées comme homogènes du point de vue bathymétrique. A chaque campagne, entre 2 et 5 traits par strate, d'une durée de 15 minutes, ont été programmés et en très large part effectués.

Les **prélèvements à pied** ont été effectués essentiellement en milieu intertidal le long du littoral s'étendant de Ouistreham à Antifer et incluant les fosses nord et sud de l'estuaire. Chaque trait a été réalisé sur une distance voisine de 400 mètres.

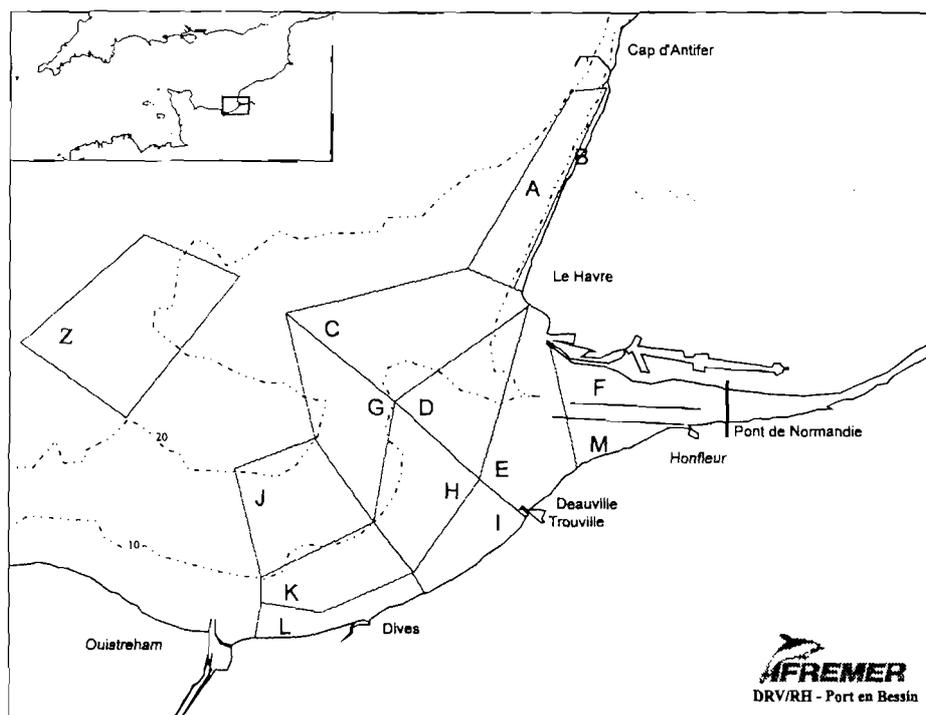


Figure 1 : Secteur échantillonné et stratification

### Données recueillies

Lors de chaque trait de chalut, trois types de données ou de prélèvements ont été systématiquement recueillis:

- les données techniques relatives au travail du bateau: type de chalut, positions de filage et de virage, profondeur, longueur de funes, durée du trait, état de la mer,...
- certaines données hydrologiques élémentaires (mesurées au fond): salinité, température, oxygène dissous, matières en suspension,
- les données relatives aux espèces pêchées:
  - \* détermination, pesée et comptage de toutes les espèces,
  - \* mensurations des poissons,
  - \* conservation d'individus pour prélèvements d'estomacs (pour étude des contenus stomacaux) et d'otolithes (pièces osseuses permettant de déterminer l'âge des poissons).

Lors des **pêches à pied**, les observations sont du même type que celles recueillies lors des pêches en bateau:

- heure, lieu, distance parcourue (ou temps de traîne);
- température, salinité (les autres paramètres n'ont pas été mesurés en raison de l'encombrement et du poids excessif du matériel nécessaire);
- conditionnement et transport au laboratoire des échantillons pour tri et détermination de toutes les espèces, pesée, comptage et mensurations.

### III - RICHESSE BIOLOGIQUE ET HALIEUTIQUE DE L'ENSEMBLE ESTUARIEN

#### III - 1 APPORT DES TRAVAUX MENES EN 1995-97

##### III - 1 - 1 Caractéristiques dominantes des peuplements halieutiques

###### Prédominance des juvéniles

La concentration d'individus juvéniles est un indice majeur d'identification des nourriceries. L'étude de cette caractéristique repose sur des estimations d'abondance relative entre individus jeunes et adultes pour les espèces dont l'âge a été déterminé<sup>1</sup>. Pour chacune d'elles une séparation a été effectuée entre individus de 2 ans et moins, tous juvéniles, et individus de plus de 2 ans qui sont en grande majorité adultes.

**Sur l'ensemble de la zone échantillonnée et quelle que soit la saison, les juvéniles de 2 ans et moins constituent l'essentiel des captures** d'une large gamme de poissons, à majorité d'intérêt commercial. Les juvéniles peuvent représenter, à l'automne, jusqu'à 98% de l'effectif estimé en secteur subtidal. Ils en constituent la totalité en secteur intertidal, où ces juvéniles ont pratiquement tous moins d'un an.

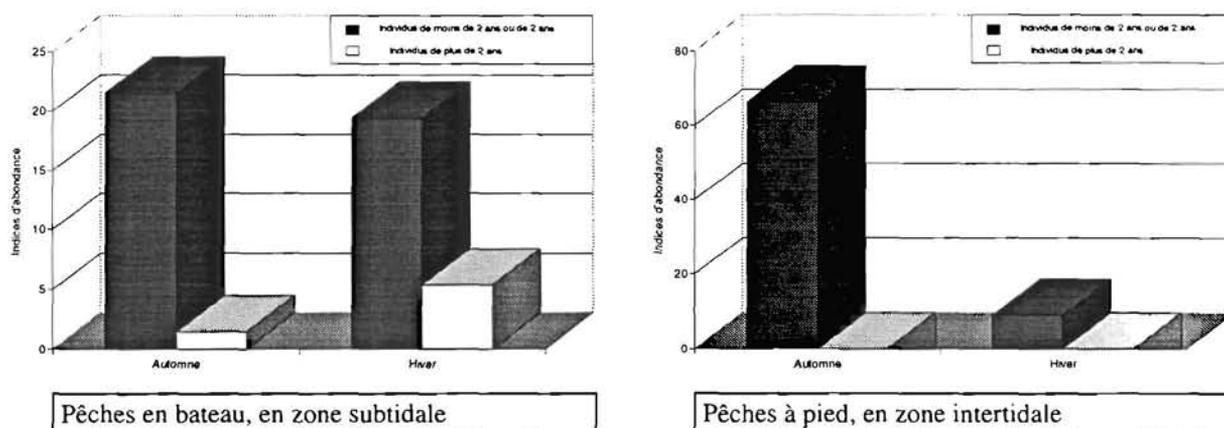


Figure 2 : Abondances moyennes relatives de juvéniles et d'adultes en automne et en hiver.

La presque totalité des individus prélevés sur l'ensemble du site est de taille inférieure à la taille minimale de capture fixée réglementairement par espèce.

<sup>1</sup> Espèces prises en compte: sole, plie, limande, flet, bar, tacaud, merlan, hareng, sprat, en raison de leur intérêt commercial et/ou de leur abondance en secteur estuarien.

## Concentration des juvéniles à la côte

Les juvéniles se distribuent préférentiellement dans une zone de bathymétrie inférieure à 10 mètres, incluant le secteur estuarien.

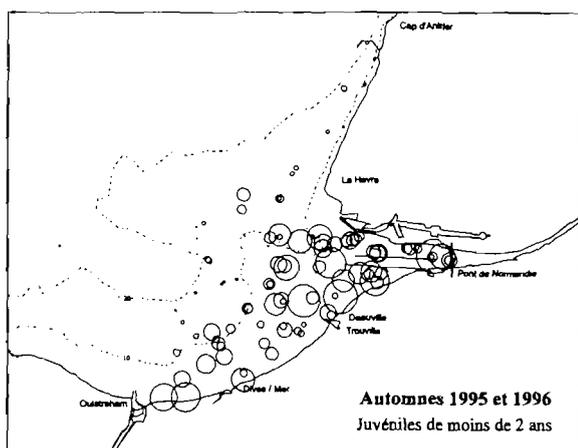


Figure 3 : Distribution des juvéniles de poissons d'intérêt commercial, à l'automne (1995 et 1996)

L'extension de la distribution des juvéniles est apparue maximale lors des échantillonnages réalisés en automne (figure 3), alors que celle-ci est plutôt recentrée sur l'estuaire et ses abords sud, en hiver. Il n'a pas été observé d'extension hivernale de cette nurserie vers le large, notamment vers la zone potentielle d'extraction de granulats marins.

Le recouvrement partiel des distributions de juvéniles des différentes espèces contribue à dessiner les contours relativement nets d'une nurserie permanente, potentiellement apte à abriter les juvéniles d'une large gamme d'espèces de poissons.

La distribution de chacune de ces espèces dans ce milieu contrasté semble néanmoins influencée par ses propres exigences biologiques.

### III - 1 - 2 - Spécificité de l'estuaire et de ses abords immédiats

#### Richesse spécifique

Sur l'ensemble de l'étude, 110 espèces ont été dénombrées dont 46% de poissons, 31% de mollusques et 15% de crustacés. Ce niveau global de richesse faunistique apparaît cependant très variable selon les strates et leurs caractéristiques de milieu.

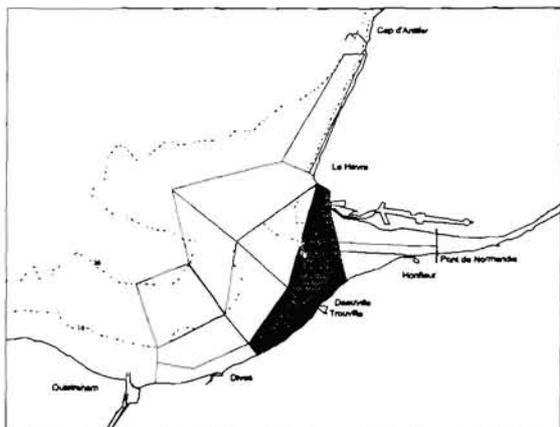


Figure 4 : Secteurs de richesse spécifique plus élevée (toutes espèces), moyennes sur toutes les campagnes.

Au sein de la zone échantillonnée, le secteur sous influence directe de l'estuaire apparaît comme le plus riche en nombre moyen d'espèces, quelle que soit la saison, avec un nombre moyen de 35 et 38 espèces, alors que celui-ci varie entre 12 et 30 dans les autres strates.

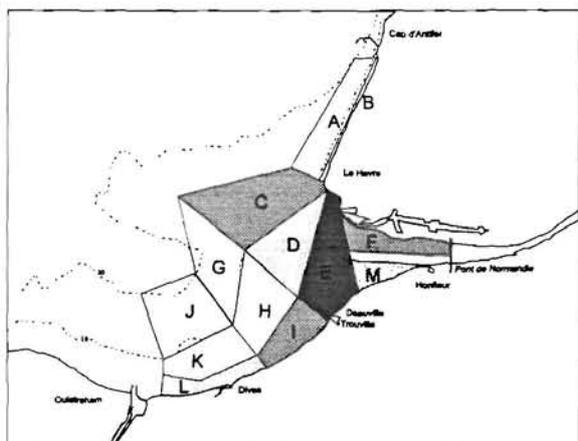


Figure 5 : Secteurs de richesse spécifique plus élevée (poissons), moyennes sur toutes les campagnes

Le secteur sous influence directe de l'estuaire se distingue aussi par sa plus grande richesse en nombre moyen d'espèces de poissons (plus de 20 espèces en strate E et moins de 20 partout ailleurs).

Toujours à propos des seuls poissons, le secteur estuarien se distingue par la présence régulière et l'abondance d'espèces telles que hareng, bar, flet, sole et crevette grise, alors que le reste de la zone échantillonnée est plutôt caractérisé par la dominance de poissons tels que le callionyme et la petite sole jaune qui ne pénètrent pas en milieu estuarien

### Abondance des peuplements

En termes d'abondance, les étoiles de mer, ophiures et holothuries viennent très largement en tête partout sauf en estuaire. La densité moyenne de toutes les espèces confondues illustre cette prédominance globale des espèces autres que les poissons puisqu'elle atteint 1800 ind./1000 m<sup>2</sup> alors

que celle des poissons varie entre 30 et 60 sur l'ensemble du site. Cette disproportion met en évidence la nécessaire distinction entre densité faunistique totale et densité halieutique. Dans le sens de la présente étude il apparaît important de signaler le rôle majeur de l'estuaire et de ses abords pour abriter les poissons, en particulier ceux d'intérêt commercial, alors que l'essentiel de la richesse faunistique autre que les poissons et la crevette grise se situe plus au large.

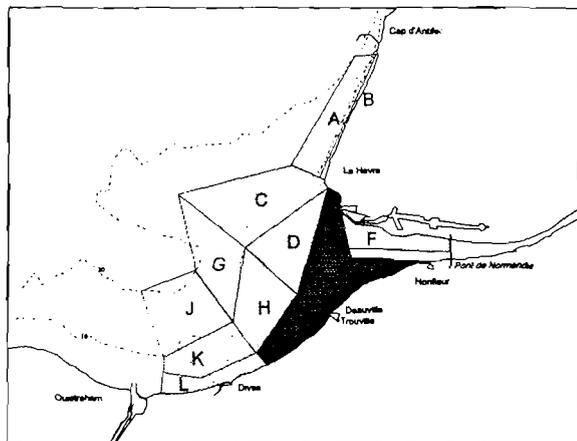


Figure 6 : Secteurs où la densité moyenne par strate est la plus élevée (toutes espèces sauf étoiles, ophiures et holothuries), moyennes sur toutes les campagnes

Les densités moyennes, toutes espèces confondues (hors étoiles de mer, ophiures et holothuries), sont plus élevées dans le secteur sous influence directe de l'estuaire. Dans les strates les plus riches on dénombre, en moyenne sur l'ensemble des campagnes, entre 600 et 2400 individus/1000m<sup>2</sup>, alors qu'on n'en compte moins de 200 partout ailleurs.

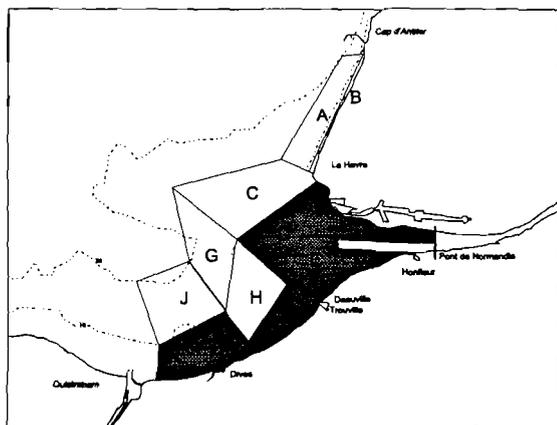


Figure 7 : Secteurs où la densité moyenne par strate est la plus élevée (poissons), moyennes sur toutes les campagnes

Si l'on ne considère que les poissons (commerciaux et non commerciaux), il apparaît que les secteurs estuariens et côtiers bordant le Calvados sont les plus riches en nombres moyens de poissons par unité de surface (plus de 50 individus/1000m<sup>2</sup>) et correspondent globalement à la zone située à l'intérieur de la sonde des 10 mètres.

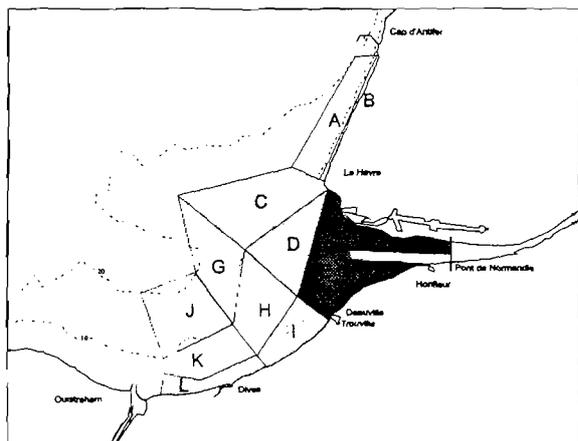


Figure 8 : Secteurs où la densité moyenne par strate est la plus élevée (poissons commerciaux), moyennes sur toutes les campagnes

Les densités de poissons d'intérêt commercial sont plus élevées en secteurs estuarien et sous influence de l'estuaire (plus de 40 individus/1000m<sup>2</sup>). La grande majorité étant constituée de juvéniles de moins de 2 ans, on peut considérer que les secteurs les plus denses en poissons commerciaux sont aussi celles où les densités de poissons juvéniles sont les plus élevées.

### Distribution des juvéniles des principales espèces

Au sein de la zone située à l'intérieur de la sonde des 10 mètres, la distribution des juvéniles de chacune des espèces semble influencée par ses propres exigences biologiques.

Un premier groupe de juvéniles d'espèces telles que sole, bar, hareng, flet apparaît particulièrement dépendant de l'estuaire et de son embouchure. Leur distribution semble directement liée à l'estuaire pour des raisons de sédiments ou de dessalure, et probablement pour des raisons trophiques.

La sole semble très liée aux influences estuariennes de la Seine et de l'Orne. Sa présence a été observée principalement sur les zones de sédiments fins sablo-vaseux.

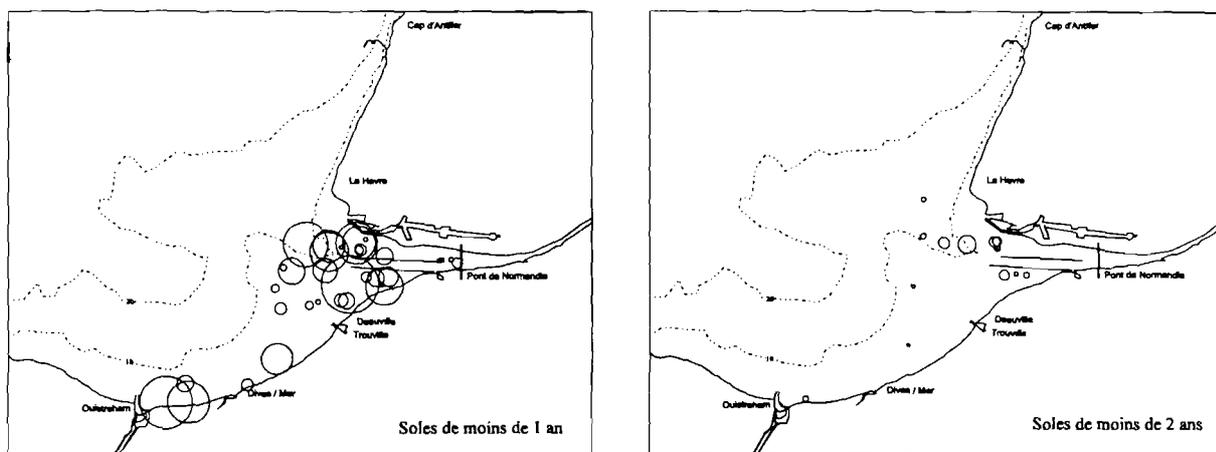


Figure 9 : Distribution des juvéniles de soles en 1995-96 (Automnes 1995 et 1996 superposés).

Le **bar** et le **flet** sont plutôt concentrés à proximité du pont de Normandie, dans des secteurs dessalés et vaseux.

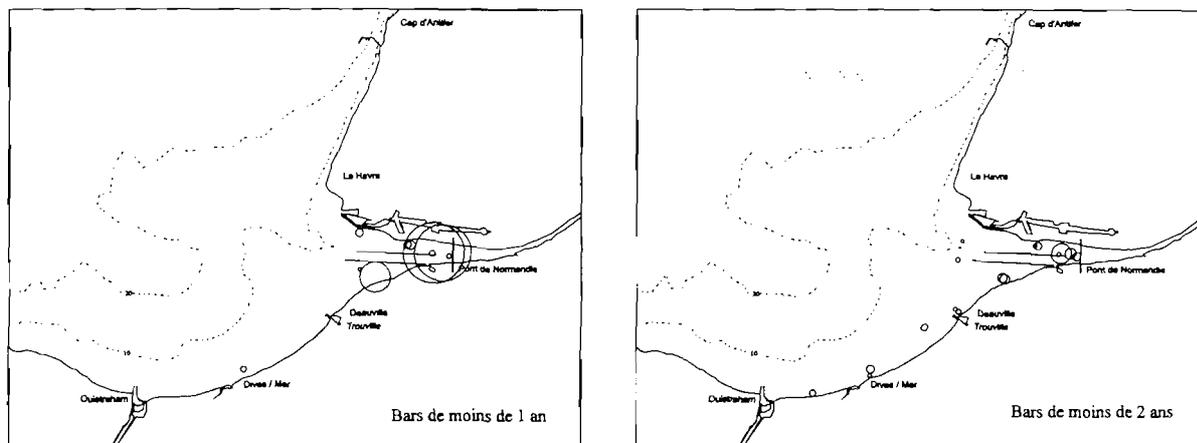


Figure 10 : Distribution des juvéniles de *bars* en 1995-96 (Automnes 1995 et 1996 superposés).

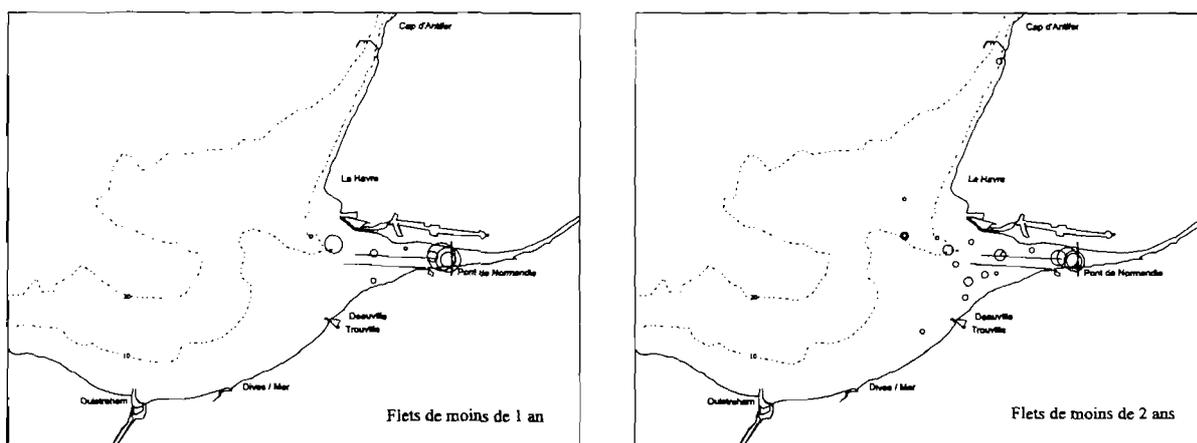
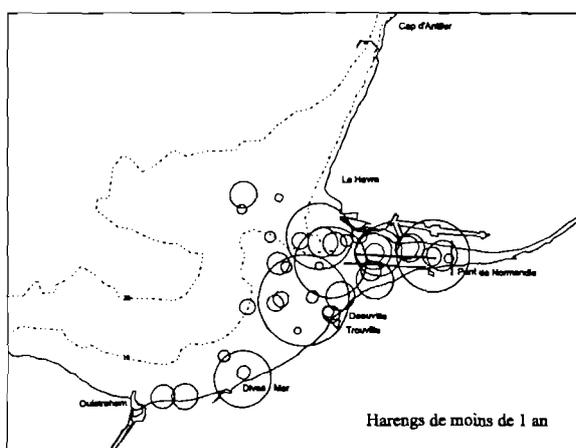


Figure 11 : Distribution des juvéniles de *flets* en 1995-96 (Automnes 1995 et 1996 superposés).



Le **hareng** est très présent en Fosse Nord même si sa distribution s'étend également à l'extérieur de l'estuaire.

Figure 12 : Distribution des juvéniles de *harengs* en 1995-96 (Automnes 1995 et 1996 superposés).

Les juvéniles appartenant à un **deuxième groupe d'espèces telles que tacaud et merlan**, poissons se déplaçant en bancs, apparaissent moins directement dépendants de l'estuaire. La distribution du tacaud, par exemple, apparaît plus dispersée, bien que de plus fortes concentrations puissent être observées dans les secteurs proches de l'embouchure de l'estuaire ou non loin de celle-ci.

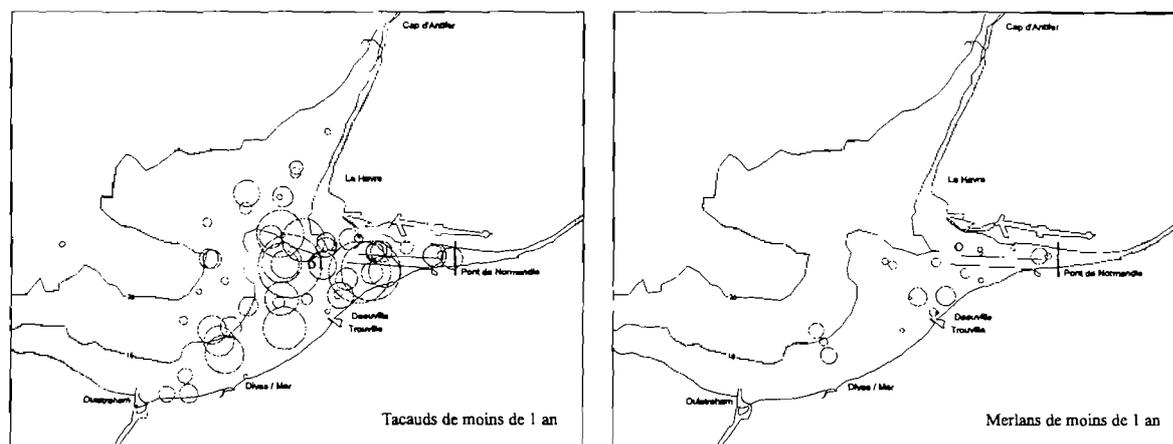


Figure 13 : Distribution des juvéniles de tacauds et de merlans en 1995-96 (Automnes 1995 et 1996 superposés).

L'influence estuarienne semble plus indirecte pour les juvéniles d'un **troisième groupes d'espèces telles que plie et limande** plus inféodées aux fonds sableux, et dont la distribution s'étend le long de la côte entre le Havre et Ouistreham.

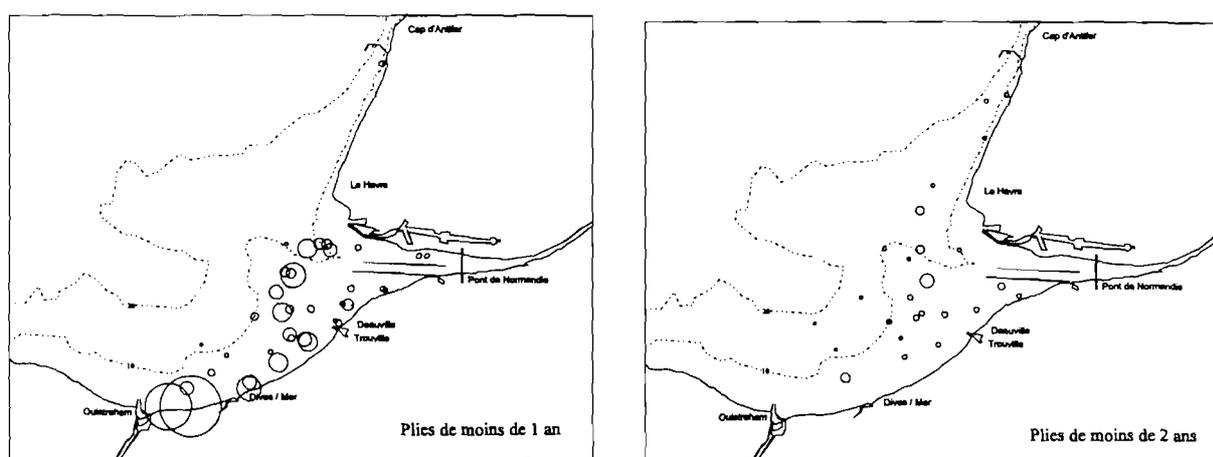


Figure 14 : Distribution des juvéniles de plies en 1995-96 (Automnes 1995 et 1996 superposés).

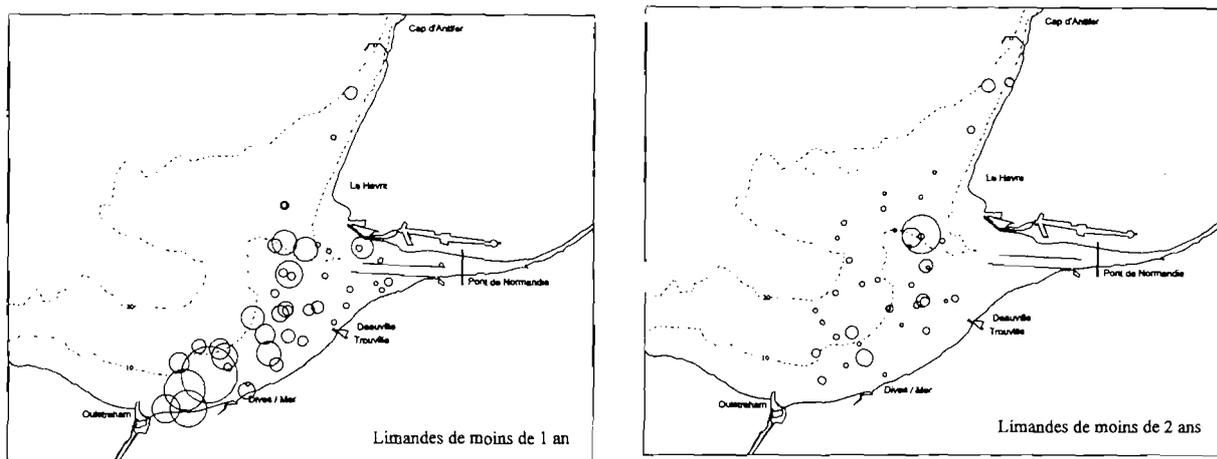


Figure 15 : Distribution des juvéniles de limandes en 1995-96 (Automnes 1995 et 1996 superposés).

### III - 1 - 3 Particularités du secteur intertidal côtier

Les pêches réalisées à pied dans la zone de balancement des marées ont apporté un ensemble d'informations essentiellement qualitatives, complémentaires de celles acquises en bateau mais non directement comparables pour des raisons méthodologiques.

#### Richesse spécifique

Dans chacune des strates, ont été capturées, en secteur intertidal, entre 9 et 21 espèces à l'automne, et entre 4 et 15 espèces en hiver. Dans chacune d'elles ce secteur contribue à la richesse spécifique en fournissant globalement entre 1 et 10 espèces venant s'ajouter à celles capturées en bateau.

On note, dans l'intertidal, une **prédominance de la crevette grise, des gobies, de la coque et de certains poissons comme la plie et le bar.**

#### Densités très élevées

Bien que les densités ne soient pas directement comparables à celles observées en bateau, celles-ci apparaissent particulièrement élevées à l'automne. On dénombre, en moyenne, entre 1000 et 1900 individus/1000m<sup>2</sup> sur l'ensemble de l'intertidal échantillonné à l'automne, incluant entre 200 et 580 poissons. La crevette grise et le gobie, espèces dominantes en secteur intertidal, contribuent pour une grande part à ces densités élevées.

On note une très nette supériorité des effectifs observés en automne par rapport à l'hiver, en liaison probable avec la dégradation saisonnière de certains paramètres du milieu (température, turbulence,...)

## Prédominance des très jeunes individus

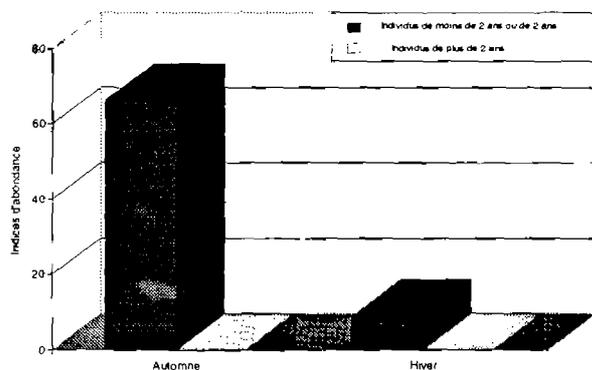


Figure 16 : Abondances moyennes relatives de juvéniles et d'adultes en **automne** et en **hiver** - Pêches à pied.

Les poissons d'intérêt commercial capturés en zone intertidale **ont tous moins d'un an**, alors qu'en secteur subtidal échantillonné en bateau, les captures étaient constituées de juvéniles de moins d'un an et de moins de deux ans.

Parmi les individus de moins d'un an, ceux capturés à pied en zone intertidale sont systématiquement de **taille inférieure** à ceux prélevés en bateau en secteur subtidal. A titre d'exemple sont données les distributions en taille du bar en septembre/octobre 1995 et de la plie en septembre/octobre 1996.

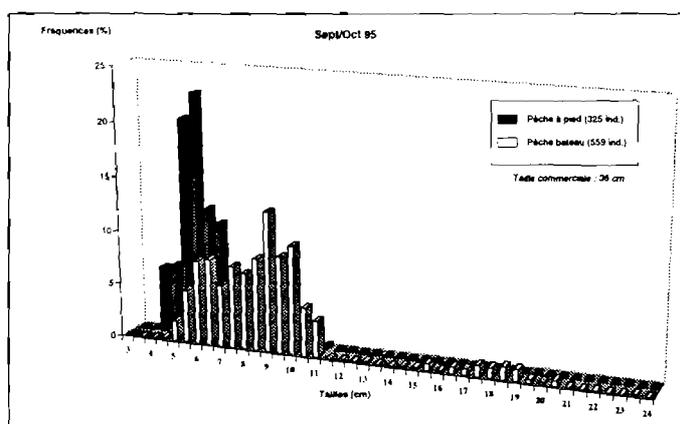


Figure 17 : Structures en taille des bars capturés en pêche à pied et en bateau.

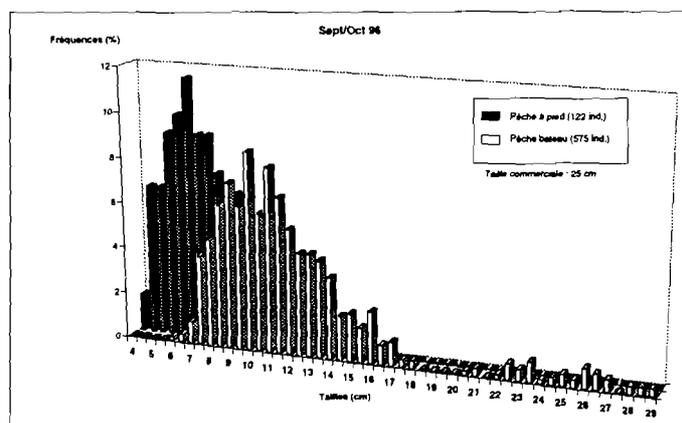


Figure 18 : Structures en taille des plies capturées en pêche à pied et en bateau.

Cette nette infériorité des tailles des juvéniles en secteur intertidal confirme le rôle très particulier de la frange de balancement des marées en tant que site privilégié pour les plus jeunes individus de nombreuses espèces qui y trouvent, en été et automne, des conditions environnementales, et probablement trophiques, favorables à leur croissance.

Ce rôle apparaît différent selon les espèces. Comme le montrent les deux graphiques ci-dessus, bars et plies sont présents en secteur intertidal. Ils y figurent parmi les espèces les plus abondantes à l'automne, précédés du gobie très abondant aussi en secteur intertidal. Cette zone de balancement des marées semble aussi jouer un rôle important pour le flet, le sprat, le turbot et la barbue. Il a par contre été capturé très peu de soles et de harengs, et aucun tacaud, merlan et limande.

### ***III - 1 - 4 Spécificité de la fosse nord***

Dans le plan d'échantillonnage, l'identification de la strate F a permis de confronter les observations faites sur la fosse nord par rapport à l'ensemble étudié. Cette strate, qui ne représente que 6% de la surface totale étudiée et dont les caractéristiques estuariennes ne conviennent pas à un certain nombre d'espèces, présente cependant un niveau de richesse spécifique élevé. On y a recensé, à l'automne, entre 40 et 48% des espèces inventoriées sur l'ensemble de la zone d'étude, et 50% des espèces de poissons (c'est-à-dire une moyenne de 18 espèces sur un total de 36 au cours d'une campagne). Ce site estuarien se distingue du reste de la zone étudiée par la présence d'espèces telles que la crevette blanche, l'épinoche et l'éperlan observées presque exclusivement dans cette partie nord de l'estuaire.

L'analyse des densités par strate confirme le rôle majeur de la fosse nord qui semble particulièrement favorable aux poissons d'intérêt commercial. **Les juvéniles de hareng, bar, sole, flet y sont particulièrement bien représentés aux côtés de la crevette grise** qui donne matière à une exploitation traditionnelle bien connue.

Dans le secteur intertidal de la fosse nord, la crevette, le bar et le flet font encore partie des espèces dominantes auxquelles s'ajoute la crevette blanche spécifique de cette partie nord de l'estuaire

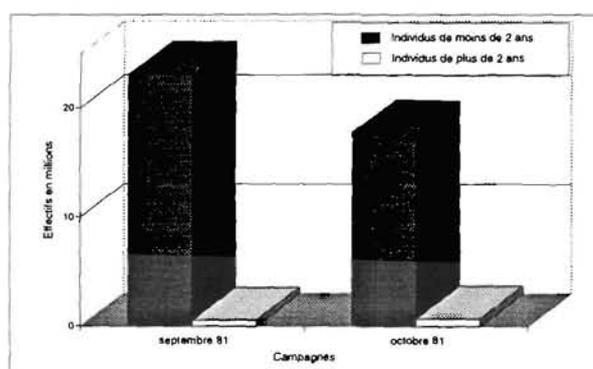
-----

### III - 2 APPORT DES AUTRES DONNEES

#### III - 2 - 1 Données recueillies en 1981 dans le cadre du "SAUM Baie de Seine"

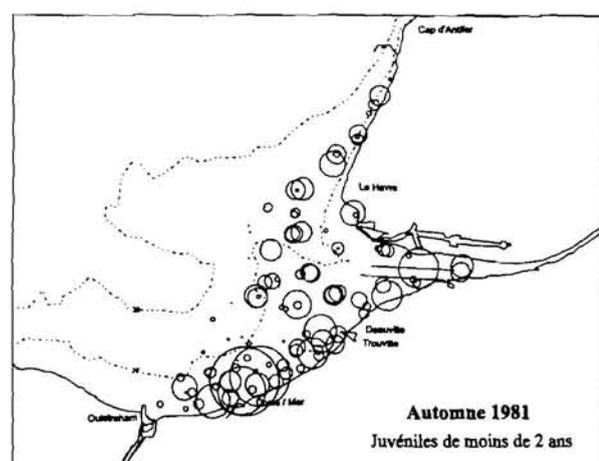
Dans le cadre du SAUM baie de Seine, des échantillonnages mensuels (de juin à novembre) ont été réalisés en 1981<sup>4</sup> en Baie de Seine orientale, sur une zone pratiquement identique à celle prospectée en 1995-97 et à l'aide du même engin de prélèvement (chalut à perche de 3 mètres). Cette étude ne porte que sur les données récoltées à l'automne 1981 (septembre à novembre) afin de les comparer à celles des automnes 1995 et 1996.

De nombreuses similitudes existent entre les résultats obtenus en 1981 et 1995-96. Le rôle de nurserie du secteur oriental de la baie de Seine, sous influence de l'estuaire de la Seine, pouvait déjà être mis en évidence en 1981.



En 1981, les **juvéniles de moins de 2 ans** étaient majoritaires dans les captures. Ils représentaient, à l'automne, plus de 90% des effectifs capturés, comme en 1995-96.

Figure 19 : Abondances relatives de juvéniles et d'adultes, à l'automne 1981

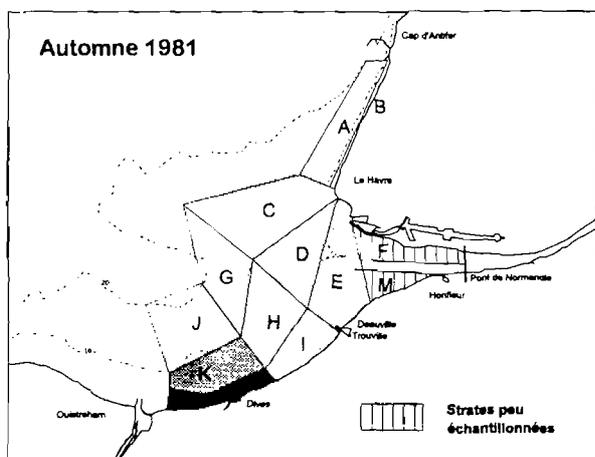


Ces **juvéniles** étaient distribués en zone côtière et estuarienne, principalement à l'intérieur de la sonde des 10 mètres, fait également observé en 1995-96. La différence essentielle réside, en 1981, dans une extension de cette distribution au nord du Havre.

Figure 20 : Distribution des juvéniles de poissons d'intérêt commercial, à l'automne 1981

<sup>4</sup> Les résultats obtenus ont fait l'objet d'un rapport contractuel intitulé "Etude des nurseries littorales de l'estuaire de la Seine", DUVAL, 1982.

A l'intérieur de la zone échantillonnée, le secteur sous influence estuarienne se distinguait, comme en 1995-96, par une plus grande **richesse spécifique** ainsi que par l'abondance d'espèces telles que hareng, sole, flet et bar, l'extérieur du secteur estuarien étant plutôt caractérisé par l'abondance de callionyme et de limande auxquels, actuellement, s'ajoute la petite sole jaune.



Outre le plus grand nombre d'espèces, de plus fortes **densités** caractérisaient déjà, en 1981, ce secteur sous influence directe des estuaires de la Seine et de l'Orne. Les juvéniles de poissons, en particulier de **poissons d'intérêt commercial**, y étaient, comme en 1995-96, plus abondants que sur le reste de la zone échantillonnée.

Figure 21 : Zones de plus fortes densités en poissons d'intérêt commercial

La distribution géographique de chacune des espèces d'intérêt commercial semble relativement constante d'une période à l'autre. Certaines montraient, comme en 1995-96, une dépendance forte vis-à-vis de l'estuaire Seine.

Compte-tenu de leur distribution en secteur estuarien et proche estuaire, la **sole**, et dans une moindre mesure le **hareng**, apparaissaient comme en 1995-96 dépendants du secteur sous influence estuarienne.

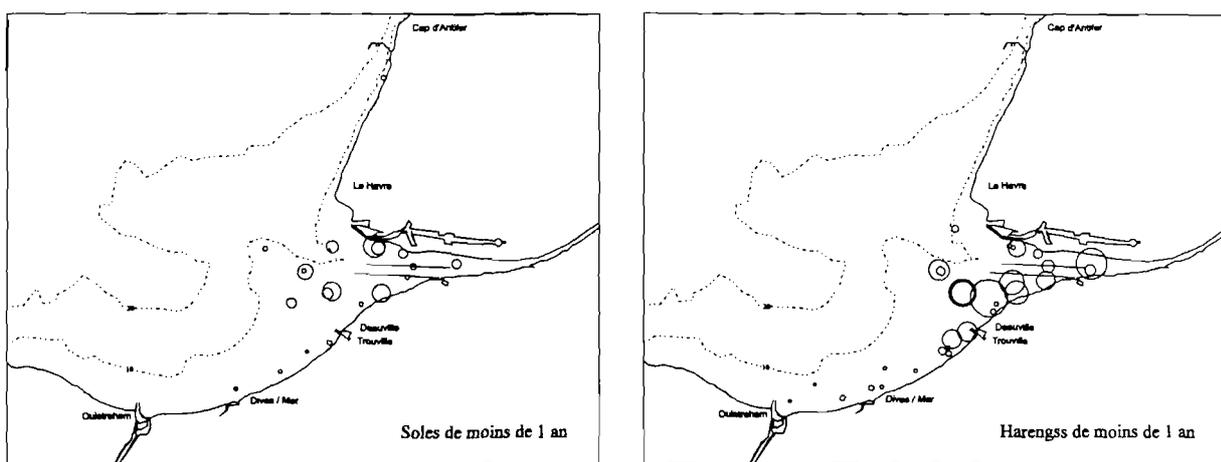
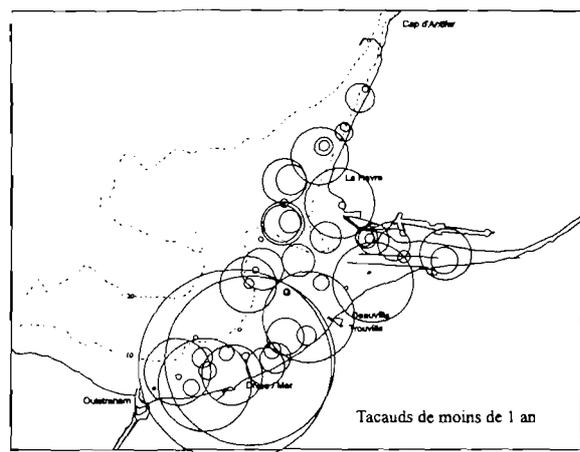


Figure 22 : Distribution des juvéniles de soles et de harengs en 1981 (Mois de septembre, octobre et novembre superposés).

Le **bar** et le **flet** étant très peu abondants dans les captures à l'automne 1981, il n'est pas possible d'en indiquer la distribution géographique à cette période.



Le **tacaud**, capturé en grande abondance en 1981, présentait une distribution côtière et estuarienne. En 1995-96, sa distribution est plus centrée sur le proche estuaire. Il est donc permis de penser que les jeunes tacauds recherchent les zones sous influence de l'estuaire, tout en étant moins tributaire de celui-ci que la sole, le bar, le flet ou le hareng.

Figure 23 : Distribution des juvéniles de tacauds en 1981 (Mois de septembre, octobre et novembre superposés).

La **plie** et la **limande**, comme en 1995-96, sont peu présentes en estuaire et présentent une distribution côtière sur fonds de sable.

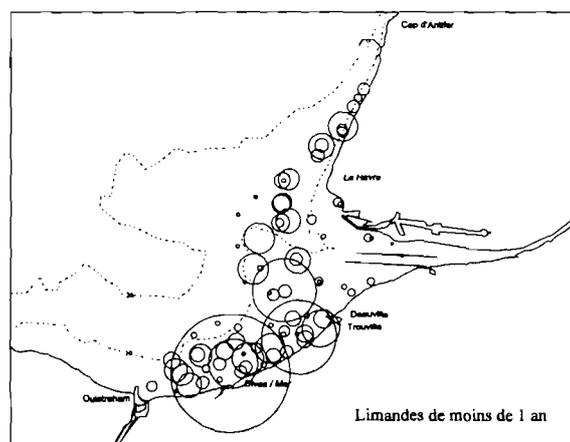
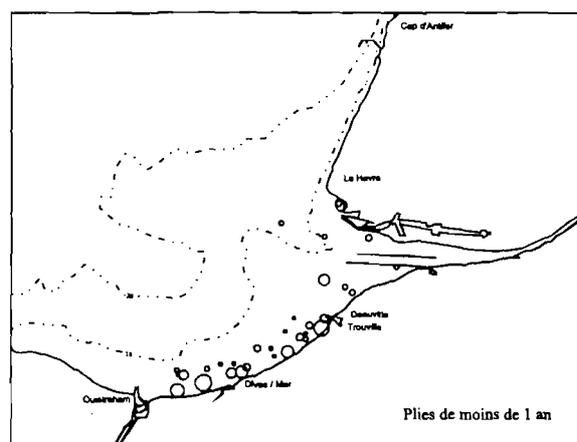


Figure 24 : Distribution des juvéniles de plies et de limandes en 1981 (Mois de septembre, octobre et novembre superposés).

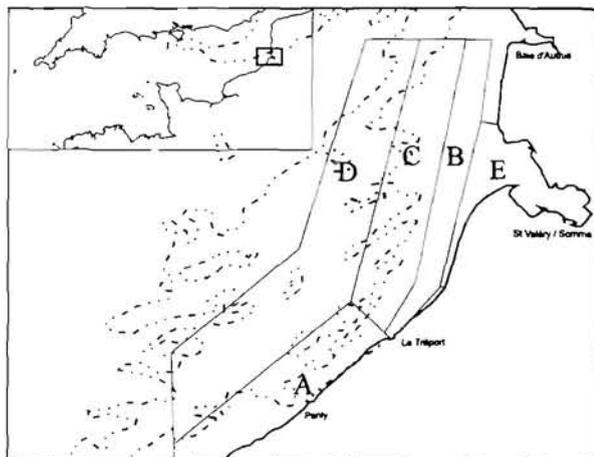
On retrouve donc les trois grands groupes de juvéniles:

- ceux inféodés à l'estuaire ou à sa proximité immédiate tels que sole, hareng;
- ceux recherchant l'influence estuarienne tout en étant moins dépendant de l'estuaire que les espèces précédentes, comme le tacaud;
- ceux qui ont une distribution côtière, en secteur sableux, pénétrant peu dans l'estuaire Seine, comme la plie et la limande.

Les distributions en âge ainsi que les distributions en tailles des poissons d'intérêt commercial étaient en 1981 similaires à celles observées en 1995-96.

### III - 2 - 2 Données recueillies en Baie de Somme en 1995-96

#### Caractéristiques des peuplements



Le site de la baie de Somme est échantillonné chaque année à l'automne selon une méthodologie identique à celle utilisée en baie de Seine. L'étude de ce site est réalisée, depuis 1980, dans le cadre du suivi écologique et halieutique de la centrale EDF de Penly<sup>5</sup>, suivi rapidement élargi à la baie de Somme afin d'étudier l'ensemble des ressources halieutiques de ce secteur.

Figure 25 : Localisation du site de la baie de Somme et zones d'échantillonnage

Les comparaisons avec la baie de Seine ont porté sur les résultats obtenus à l'automne, en 1995 et 1996. Il en ressort que ce site de nurricerie présente de **grandes similarités avec le site de la baie de Seine orientale**.

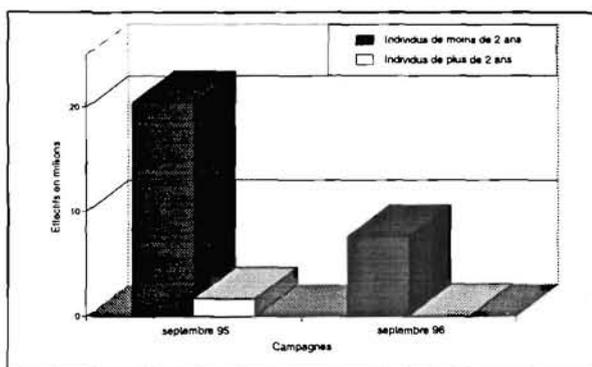
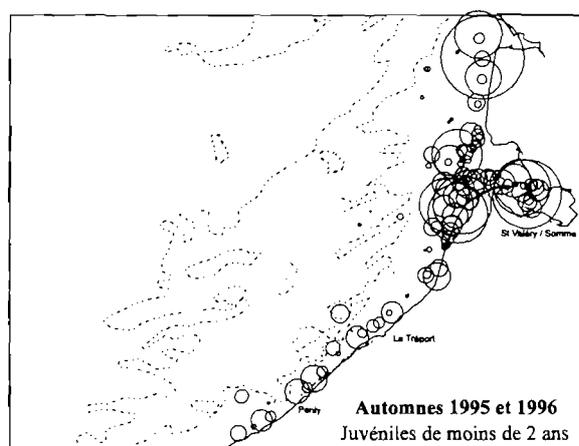


Figure 26 : Abondances moyennes de juvéniles et d'adultes, à l'automne, en 1995 et 1996

Sur l'ensemble du secteur échantillonné, **les juvéniles de moins de 2 ans sont largement majoritaires dans les captures**. Cette zone côtière et sous influence de la baie apparaît donc comme propice au développement des juvéniles de poissons.

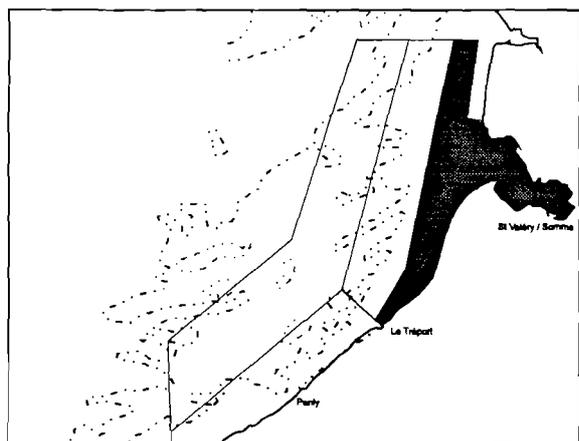
<sup>5</sup> Un rapport scientifique de "conjoncture" est réalisé chaque année par IFREMER et remis à EDF (rapports IFREMER/EDF 1980 à 1996)



Comme en baie de Seine, les juvéniles se distribuent préférentiellement dans la zone côtière de bathymétrie inférieure à la sonde des 10 mètres.

Figure 27 : Distribution des juvéniles de poissons d'intérêt commercial, à l'automne (1995 et 1996)

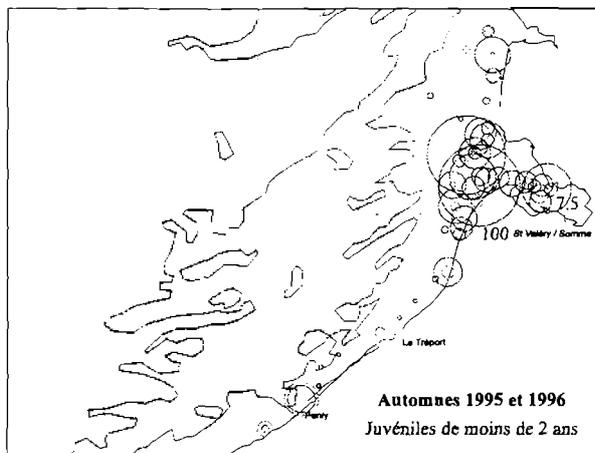
En baie de Somme comme en baie de Seine, l'intérieur de la baie, les strates côtières ou sous influence de la baie sont celles où la richesse spécifique est la plus élevée, apparaissant donc comme les plus propices au développement d'un grand nombre d'espèces.



Ces strates intérieures à la baie ou sous influence de celle-ci sont aussi celles où les densités de poissons, tout particulièrement de poissons d'intérêt commercial, sont les plus élevées (plus de 30 individus/1000m<sup>2</sup>). Elles s'avèrent être du même ordre de grandeur que celles observées en baie de Seine. Ce secteur est aussi caractérisé par de plus grandes densités de juvéniles.

Figure 28 : Zones de plus fortes densités en poissons d'intérêt commercial

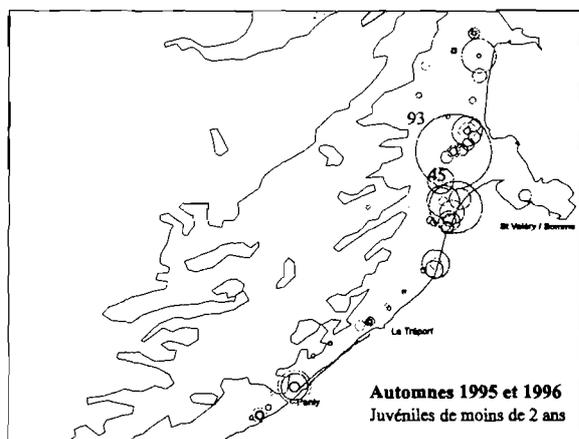
Comme en baie de Seine, les juvéniles de certaines espèces apparaissent plus dépendantes du secteur de baie.



Les captures de juvéniles de **bar** sont, en baie de Somme, presque exclusivement réalisées **en secteur de baie ou sous influence de celle-ci**.

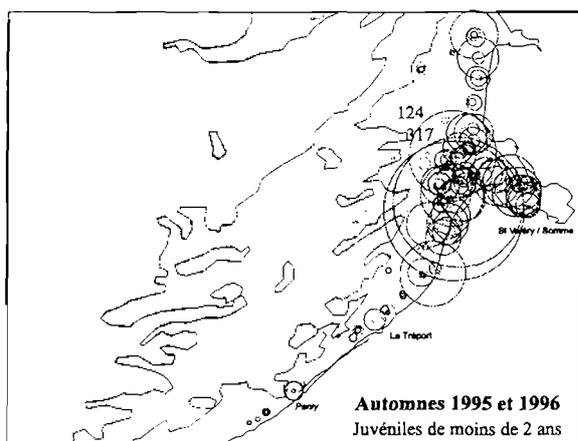
Figure 29 : Distribution des juvéniles de bars en 1995-96 (Automnes 1995 et 1996 superposés)

Les juvéniles de soles et de plies présentent, par contre, des distributions un peu différentes de celles observées en baie de Seine.



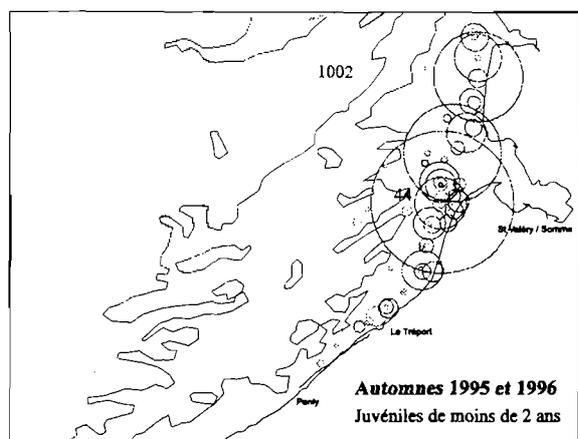
La sole, présente **principalement à l'embouchure de la baie de Somme**, ne pénètre pas à l'intérieur de la baie, contrairement à ce qui est observé en baie de Seine. Ceci peut s'expliquer par la nature des sédiments superficiels, sableux à l'intérieur de la baie, alors qu'ils sont constitués de sablons, sédiments plus fins et probablement plus meubles, à proximité de l'embouchure.

Figure 30 : Distribution des juvéniles de soles en 1995-96 (Automnes 1995 et 1996 superposés)



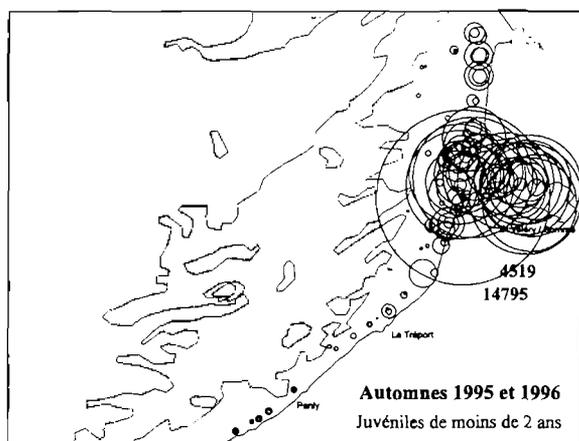
La **plie** qui pénètre peu en estuaire Seine est, par contre, **abondante à l'intérieur de la baie de Somme et à proximité immédiate de celle-ci**. Il se peut que la nature des sédiments, essentiellement sableux, permette d'expliquer cette distribution.

Figure 31 : Distribution des juvéniles de plies en 1995-96 (Automnes 1995 et 1996 superposés)



La **limande** généralement présente sur les fonds sableux et supportant mal la dessalure, n'a pas été observée à l'intérieur de la baie de Somme mais uniquement en secteur côtier proche de la baie.

Figure 32 : Distribution des juvéniles de limandes en 1995-96 (Automnes 1995 et 1996 superposés)



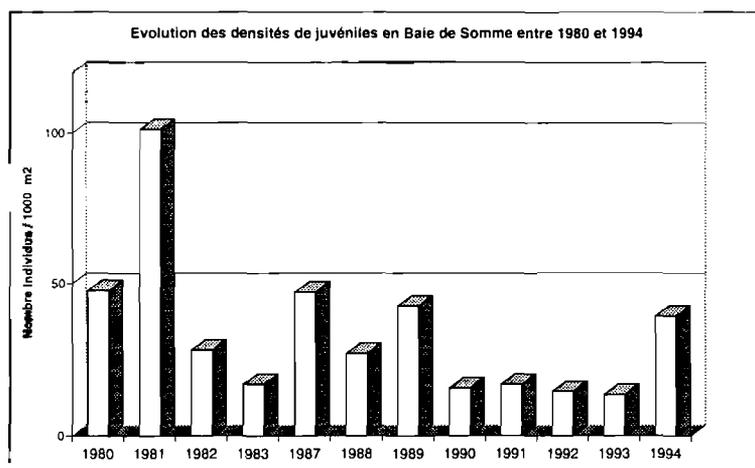
A ces poissons d'intérêt commercial s'ajoute la **crevette grise** qui, en baie de Somme, a été **abondamment capturée à l'intérieur et à l'embouchure de la baie**. Ce secteur apparaît comme particulièrement important pour le développement de cette espèce.

Figure 33 : Distribution de la crevette grise en 1995-96 (Automnes 1995 et 1996 superposés)

### Variabilité des observations

Les observations menées en 1995-96 en baie de Somme montrent, comme en baie de Seine, des variations interannuelles d'abondance de juvéniles de poissons, en particulier pour le bar, la sole, la limande (Cf. Cartes de distribution du chapitre II-5 de la 2ème partie de l'ANNEXE I).

Ces variations d'abondance ont aussi été mises en évidence les années précédentes, comme l'indique la figure ci-dessous.



L'évolution des densités totales de juvéniles (toutes espèces confondues) est le reflet de la variabilité d'abondance des différentes espèces de poissons échantillonnées.

Figure 34 : Variations interannuelles des densités de poissons juvéniles (toutes espèces) en baie de Somme

Chaque espèce est généralement présente chaque année sur le site de la baie de Somme, mais à des densités qui peuvent varier dans des proportions importantes. Sont donnés, à titre d'exemples, les indices d'abondance de soles et de plies estimés chaque année, sur le site de la baie de Somme, de 1987 à 1996.

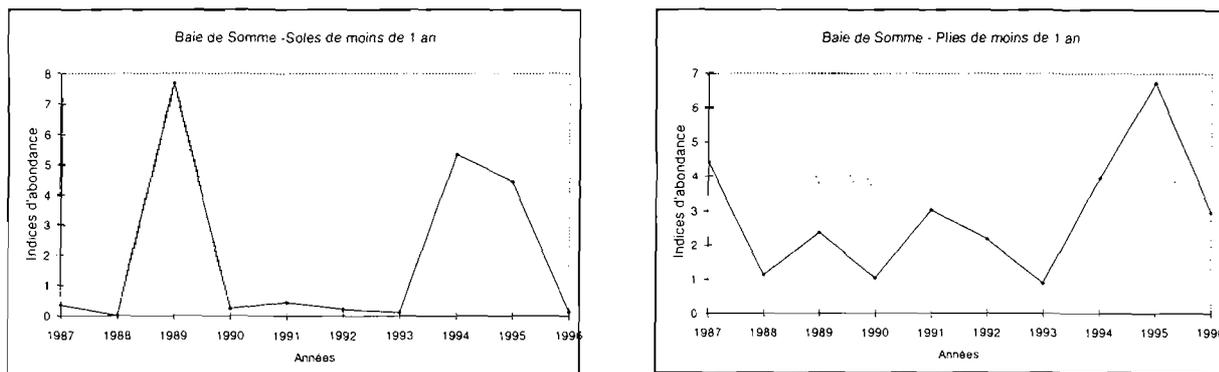
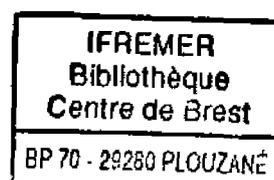


Figure 35 : Variations d'abondance de juvéniles de soles et de plies, en baie de Somme, entre 1987 et 1996

Les graphiques ci-dessus indiquent que les variations interannuelles d'abondance sont différentes pour les deux espèces et qu'elles apparaissent particulièrement importantes pour la sole.

Les densités de juvéniles de soles sur l'ensemble de la baie de Somme sont plus élevées en 1995 qu'en 1996, alors que l'inverse a été observé en baie de Seine. Un constat similaire peut être fait pour la plie. Les variations d'abondance de ces deux espèces peuvent donc être asynchrones entre les deux sites.



### III - 2 - 3 Données recueillies dans le cadre de la construction du Pont de Normandie

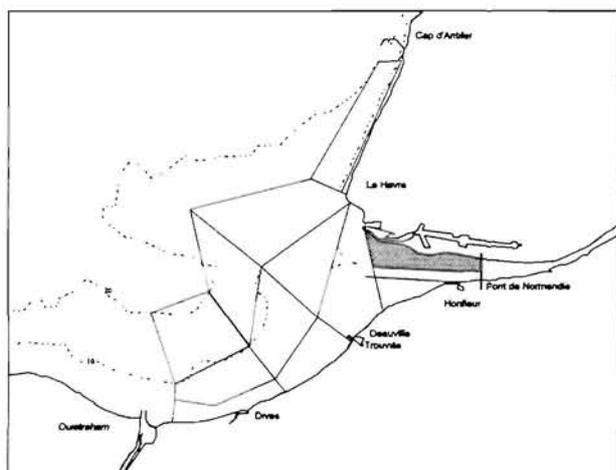
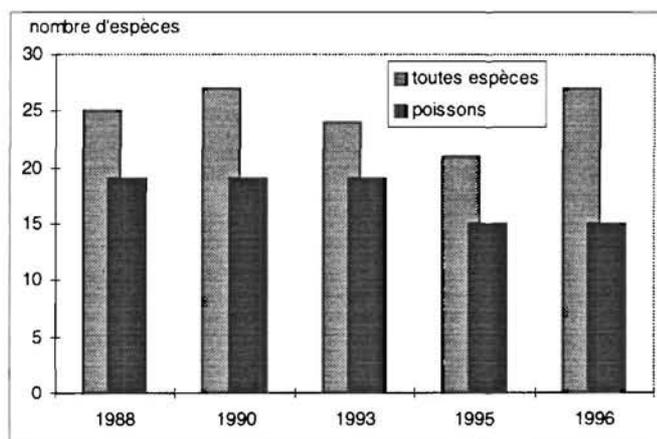


Figure 36 : Localisation du secteur échantillonné dans le cadre des campagnes "Poipont" (secteur en grisé).

Dans le cadre des études de suivi de l'environnement lors des travaux de construction du Pont de Normandie, des prélèvements halieutiques ont été effectués dans la fosse nord de l'estuaire de la Seine, au début de l'automne, en 1988, 1990 et 1993<sup>6</sup>. Cinq prélèvements ont été chaque fois réalisés, à l'aide d'un chalut à crevette grise, pratiquement aux mêmes stations qu'en 1995-96. A ceux-ci sont venus s'ajouter des pêches à pied en domaine intertidal.

Les résultats acquis au cours de ces campagnes peuvent être comparés à ceux des automnes 1995 et 1996 (issus de prélèvements réalisés au chalut à perche), mais uniquement d'un point de vue qualitatif et semi-quantitatif en raison de l'utilisation d'un engin de prélèvement différent. L'exposé des principaux résultats a ici pour objectif essentiel de confirmer le rôle biologique et halieutique de la fosse nord, tout en soulignant à nouveau la variabilité interannuelle d'abondance des peuplements.



De 1988 à 1996 le **nombre d'espèces** présentes dans le domaine subtidal de la fosse nord **apparaît relativement stable**. Les différences observées reposent soit sur des espèces représentées par un ou peu d'individus, comme le petit tacaud (*T. minutus*), le lieu jaune, le turbot, le callionyme, soit sur des espèces n'ayant aucun intérêt commercial.

Figure 37 : Diversité spécifique observée en domaine subtidal en strate F, lors des différentes campagnes

<sup>6</sup> Les résultats de ces prélèvements ont été consignés dans des rapports contractuels intitulés "Suivi halieutique des environs du pont de Normandie" réalisés par la Cellule de Suivi du Littoral Haut Normand (Le Havre)

La présence des principales espèces d'intérêt commercial tributaires de l'estuaire, telles que bar, sole, flet, hareng, ainsi que du tacaud, a pratiquement toujours été observée dans la fosse nord, mais à des densités variables selon les campagnes. Chacune de ces espèces a été capturée en quantités significatives au moins une ou deux années parmi les cinq prises en compte.

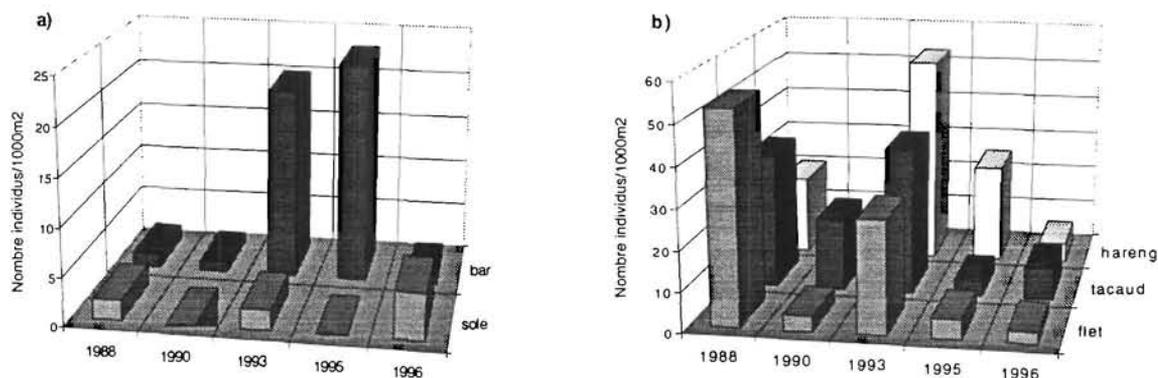


Figure 38 : Densités de sole, bar (a), flet, tacaud, hareng (b) observées en fosse nord au cours des différentes campagnes

Tout en ayant présent à l'esprit que des engins de prélèvement différents ont été utilisés en 1988-93 et 1995-96, on peut constater de fortes **variations interannuelles d'abondance** importantes, pour certaines espèces. Ces variations apparaissent particulièrement importantes pour le flet, le tacaud et le hareng, ainsi que pour le bar, abondant en 1993 et 1995, et très peu abondant en 1988, 1990 et 1996. Il en est de même, mais dans une moindre mesure pour la sole plus abondante en 1996.

Une certaine analogie peut être constatée dans la **distribution géographique** de chacune des espèces à l'intérieur de la fosse nord, entre les différentes campagnes. Comme en 1995-96, le **bar** était en 1988-93 **plus abondant dans la partie amont de la fosse nord**, la **sole** étant **plutôt présente, aux différentes périodes considérées, dans le secteur aval de la fosse nord qui constitue une partie de son aire de distribution au sein de l'ensemble estuaire et proche estuaire.**

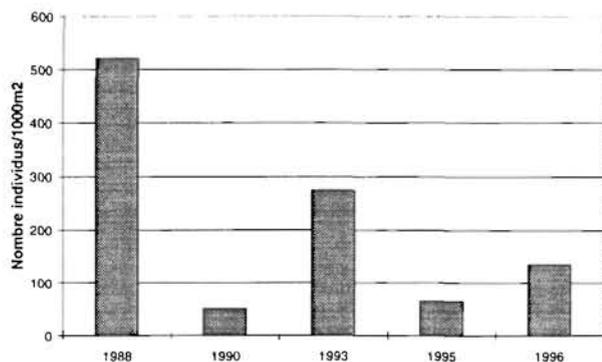
En zone intertidale, le jeune bar a aussi été observé en quantité importante dans les stations les plus en amont de la fosse nord. Ce qui tend à confirmer le rôle particulièrement important du secteur estuarien dessalé pour les juvéniles de cette espèce.

D'autres espèces telles que lieu jaune et mulet ont aussi été capturées en fosse nord lors des campagnes liées au pont de Normandie.

Les pêches à pied, effectuées au cours des campagnes 1988-90-93 et 1995-96-97, ont permis de mettre en évidence le rôle joué par le **secteur intertidal** de la fosse nord. Celui-ci abrite entre 10 et 15 espèces, dont 3 à 11 espèces de poissons, tous juvéniles. Le bar, le gobie, le mulet, le flet et l'épinoche figurent parmi les espèces les mieux représentées dans les captures réalisées, à l'automne, dans ce secteur intertidal.

Quelle que soit l'année, **les poissons capturés en fosse nord avaient pratiquement tous moins de 2 ans.**

Ceci confirme le rôle de nurricerie joué par la fosse nord pour les juvéniles de poissons, bien que l'abondance de ceux-ci puisse varier d'une année à l'autre.



La fosse nord de l'estuaire est aussi un lieu privilégié pour le développement de la **crevette grise**, observée chaque année en abondance très variable.

Figure 39 : Densités de crevettes grises capturées en fosse nord au cours de différentes campagnes

La comparaison des résultats de 1995-96 avec ceux de 1988-90-93, permet de **confirmer le rôle de nurserie de la fosse nord** particulièrement important pour les juvéniles d'un certain nombre d'espèces de poissons telles que sole, bar, flet, tacaud, hareng, ainsi que pour la crevette grise. Bien qu'à des abondances variables, ces juvéniles y ont été observés à chacune des campagnes.

-----

### III - 2 - 4 Données recueillies dans le cadre du suivi du rejet de "THANN et MULHOUSE"

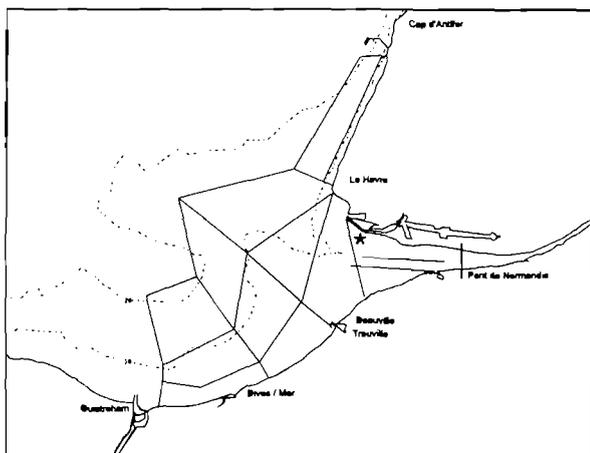


Figure 40 Localisation du lieu à proximité duquel les prélèvements ont été effectués

Dans le cadre de la surveillance halieutique du rejet de l'usine THANN et MULHOUSE, des prélèvements halieutiques sont effectués chaque année<sup>7</sup> à l'automne (entre 2 et 4 traits au chalut à crevette) à proximité de l'extrémité de l'émissaire de l'usine situé dans la partie aval de la fosse nord de l'estuaire de Seine (voir carte ci-contre). Bien que l'objectif soit de recueillir poissons et crevettes en nombre suffisant pour analyser les métaux traces et détecter d'éventuelles nécroses, ulcérations et autres pathologies pouvant être mises en relation avec la nocivité de l'effluent industriel suivi, les poissons ont tous été triés, déterminés, puis mesurés et pesés.

Ces données sont donc un apport significatif à la connaissance de la partie aval de la Fosse Nord

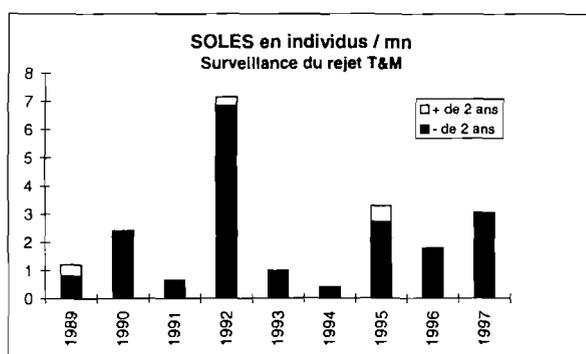
On été pris en compte les résultats obtenus de 1989 à 1996, les données plus anciennes s'étant avérées difficilement exploitables.

Les résultats, présentés sous forme d'indices d'abondance, ne sont pas directement comparables avec ceux obtenus dans le cadre de l'étude "nourricerie" pour deux raisons:

- l'engin de prélèvement utilisé est différent,
- la zone échantillonnée est restreinte à la partie la plus externe de la fosse nord.

De plus les résultats sont donnés ici en nombres d'individus par minute de traîne et non pas en nombres d'individus par unité de surface.

Les résultats présentés ont pour objectif de montrer la présence de juvéniles d'un certain nombre d'espèces dans cette partie aval de la fosse nord et de confirmer ainsi la participation régulière de ce secteur au rôle de nourricerie de l'estuaire.



Les juvéniles de soles (individus de moins de 2 ans) sont observés chaque année dans la partie aval de la fosse nord, en quantité variable, à l'endroit même où des juvéniles de soles ont été capturés en 1995 et 1996 dans le cadre du programme "Nourricerie". Ceci confirme le rôle de nourricerie de ce secteur pour les juvéniles de soles.

Figure 41

<sup>7</sup> Les résultats des contrôles réalisés à la demande du Préfet sont régulièrement remis et présentés à la commission chargée de contrôler l'évolution de la pollution dans l'estuaire et en baie de Seine.

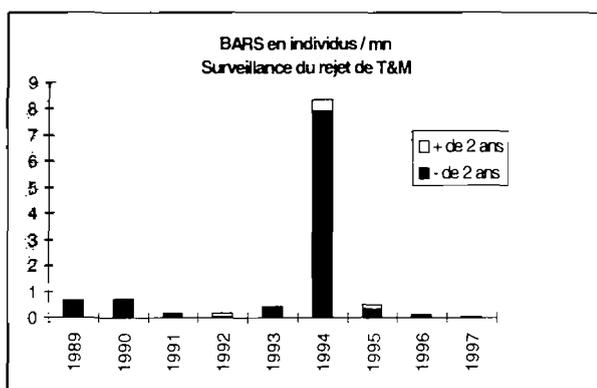


Figure 42

De jeunes **bars** ont aussi été capturés dans cette partie aval de la fosse nord, en plus ou moins grande quantité. Il en a été également capturé à cet endroit en 1995, lors des prélèvements effectués dans le cadre du programme "nourricerie", bien que les densités les plus élevées aient été observées à proximité du pont de Normandie.

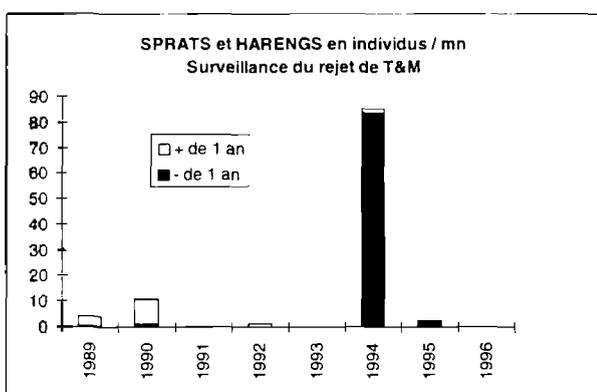


Figure 43

Les clupéidés, **harengs** et **sprats**, ont été regroupés dans le graphique ci-contre.

Ces clupéidés sont présents dans les captures pratiquement chaque année, mais en quantités très variables.

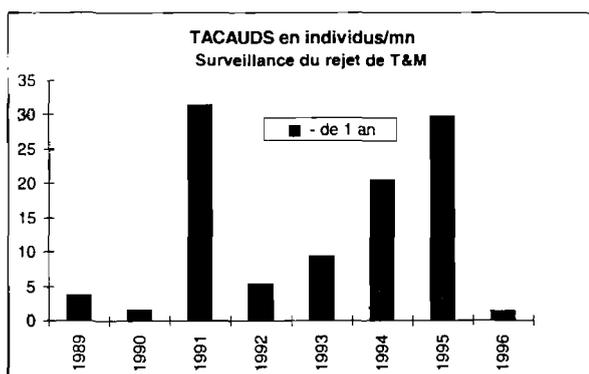
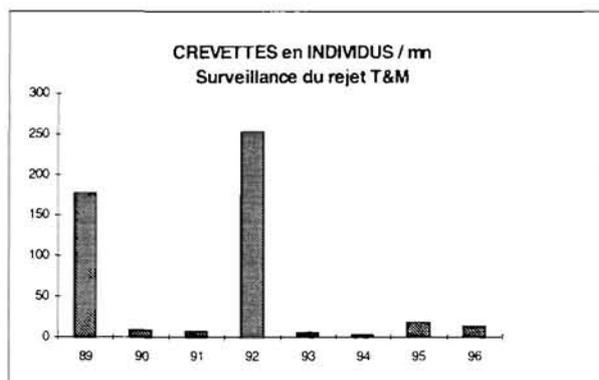


Figure 44

Les gadidés, principalement le **tacaud** (*Trisopterus luscus* et *Trisopterus minutus*), sont aussi présents dans cette partie aval de la fosse nord, en quantités variables selon les années. Les individus capturés sont tous des juvéniles de moins de 1 an.

Pour le tacaud, la variabilité d'abondance observée en un point de prélèvement peut être partiellement due aux déplacements des individus regroupés en bancs relativement denses.



Outre les poissons d'intérêt commercial, la **crevette grise** a été capturée chaque année dans la partie aval de la fosse nord, et ce en quantités très variables.

Figure 45

On observe donc pour les espèces de poissons citées ci-dessus, **soles, bars, clupéidés, tacaud**, la **présence majoritaire de juvéniles** dans la partie aval de la fosse nord.

D'autres juvéniles de poissons ont également été capturés dans cette zone telles que **plie** et **flet** ainsi que des gadidés tels que **merlan, lieu jaune** et **cabillaud**.

Les résultats des échantillonnages menés aux alentours du rejet de "Thann et Mulhouse" montrent que la partie aval de la fosse nord participe au rôle de nourricerie de l'estuaire principalement pour les juvéniles d'espèces telles que sole, bar, tacaud, sprat, hareng, crevette grise. Des juvéniles d'autres espèces y sont également capturés.

Bien qu'issus d'échantillonnages très localisés, les résultats montrent, comme dans les études précédemment exposées, une **variabilité interannuelle d'abondance** qui peut, pour certaines espèces, être très importante.

-----

### III - 3 CARACTERISATION DE LA NOURRICERIE DE L'ESTUAIRE DE SEINE DU POINT DE VUE HALIEUTIQUE - CONCLUSIONS

Les observations acquises au cours des deux années d'étude, ainsi que celles menées en 1981, permettent de considérer que le site étudié est une zone de nurserie qui abrite une majorité de juvéniles de moins d'un an et de moins de deux ans, dont la proportion dans les captures est souvent supérieure à 90%.

Par rapport à la totalité du site étudié (jusqu'aux fonds supérieurs à 20 mètres), **les fonds de moins de 10 mètres**, entre le pont de Normandie, Le Havre et Ouistreham, **apparaissent comme les plus propices au développement des juvéniles de poissons**, observation effectuée sur d'autres sites tels que la baie de Somme. La période d'extension maximale vers le large a été observée en automne et les chalutages réalisés en eaux plus profondes n'ont pas fait apparaître d'extension hivernale de la nurserie. On peut donc considérer comme peu probable un déplacement saisonnier significatif des juvéniles d'espèces importantes vers la zone potentielle d'extraction de granulats marins située au niveau des 30 mètres.

**Le rôle global de nurserie de ce site estuarien est ainsi confirmé, quelques particularismes localisés méritant d'être soulignés.**

L'ensemble formé par l'estuaire et sa zone d'influence directe est le plus riche des points de vue **biologique et halieutique**. On y observe en effet un nombre d'espèces, ainsi que des densités de poissons, dont bon nombre d'intérêt commercial, plus élevés que sur le reste de la zone d'étude. La même observation a pu être effectuée en baie de Somme où l'intérieur de la baie et ses abords immédiats se sont avérés les plus riches en juvéniles de poissons.

La **Fosse Nord** se distingue du reste du secteur d'étude par **une certaine spécificité biologique** probablement liée à ses caractéristiques physico-chimiques, dont la dessalure, ainsi qu'à son large intertidal vaseux.

Ce secteur estuarien semble jouer un rôle particulièrement important pour les juvéniles de **bar, de hareng, de sole, de flet et pour la crevette grise**, espèces dominantes dans ce secteur, ainsi que pour la crevette blanche, l'épinoche et l'éperlan, espèces observées presque exclusivement dans cette partie nord de l'estuaire. La forte contribution de ce secteur estuarien au rôle de nurserie du site étudié se trouve confirmée par les résultats des études menées en 1981 (SAUM) ainsi que par celles menées en 1988-90-93 (Pont de Normandie).

La **zone intertidale**, pour sa part, se distingue par la présence exclusive d'individus de moins d'un an dont la taille est inférieure à celle des poissons pêchés plus au large. Ceci confirme le **rôle privilégié des vasières intertidales dans l'accueil des plus jeunes individus, l'intertidal apparaissant comme un maillon essentiel du système composite qu'est une nurserie.**

L'estuaire de Seine et ses abords directs constituent donc un ensemble très favorable aux **juvéniles de nombreuses ressources halieutiques**. Ce site de nurserie est un système complexe composé d'une diversité de milieux présentant des gradients de salinités, de profondeurs, d'affinement des sédiments, auxquels correspondent des gradients de distribution des espèces et des tailles au sein de chacune d'elles.

Au cours des différentes campagnes menées en estuaire de Seine est apparue une **forte variabilité interannuelle d'abondance de la plupart des espèces**, y compris les formes juvéniles de nombreux

poissons tels le bar ou la sole. Cette observation, issue d'une étude de deux ans relativement courte, nécessitait d'être relativisée. Cette variabilité se trouve confirmée par les résultats d'autres études menées dans l'estuaire Seine ainsi que sur d'autres sites, en particulier la baie de Somme, et doit être considérée comme une **caractéristique des nurseries côtières dont les peuplements dépendent directement à la fois de paramètres environnementaux très variables, et des particularités biologiques de chaque espèce. L'abondance ou la distribution en tailles résultent en effet de phénomènes aussi aléatoires et interactifs que les niveaux de ponte, la dérive larvaire, l'hydroclimat en général et aussi les prélèvements de la pêche.**

On peut ajouter que **cette variabilité interrannuelle est bien une caractéristique de la dynamique des espèces, et non un signe de leur fragilité.**

Cette notion de variabilité, qui traduit bien la réalité biologique des ressources et milieux vivants, peut aussi s'interpréter, année après année, comme preuve ou **constat des potentialités du site à abriter une large gamme d'espèces dont toutes ne seront pas régulièrement présentes, ou par exemple distribuées à l'identique, chaque année.** Ces potentialités sont dépendantes de facteurs environnementaux qui, ensemble, assurent la fonctionnalité de l'estuaire.

Un complément de réflexion est proposé en seconde partie de cette synthèse où quelques pages analysent cette **fonctionnalité** de l'estuaire de Seine en tant que nurserie côtière, en faisant référence à d'autres sites estuariens. Ce site complexe ne peut continuer d'abriter des ressources vivantes bien particulières, car juvéniles, que s'il demeure fonctionnel dans sa globalité et sa diversité.

-----

## IV - EXIGENCES ALIMENTAIRES DES PEUPELEMENTS HALIEUTIQUES

### IV - 1 COMPORTEMENTS ALIMENTAIRES DES PRINCIPAUX PREDATEURS ETUDIES

Les zones de nourricerie sont des secteurs de haute productivité, primordiaux pour les cycles vitaux de nombreuses espèces commerciales, notamment en ce qui concerne l'alimentation.

L'objectif de l'étude était d'identifier le régime alimentaire des juvéniles capturés en baie de Seine Orientale.

L'étude des contenus stomacaux a porté sur six espèces: 3 poissons plats (la **sole** *Solea vulgaris*, la **plie** *Pleuronectes platessa* et le **flet** *Platichthys flesus*) et 3 poissons ronds (le **bar** *Dicentrarchus labrax*, le **tacaud** *Trisopterus luscus* et le **merlan** *Merlangius merlangus*). Les résultats sont présentés de façon détaillée dans le document "ANNEXE II".

L'objectif de ce chapitre est de synthétiser les observations faites sur l'alimentation de chacune des espèces cibles, de mettre en évidence leurs relations avec les proies disponibles dans l'estuaire de la Seine, puis de comparer ces résultats avec d'autres études sur le comportement alimentaire réalisé sur différents sites côtiers ou estuariens.

D'après Hyslop (1980), pour une meilleure compréhension du régime alimentaire d'une espèce, il est préférable d'utiliser un indice alimentaire qui intègre au moins le nombre de proies ainsi que leur volume ou leur poids.

C'est pourquoi, cette synthèse s'appuie sur l'utilisation d'un **indice alimentaire MFI "Main Food Item"** (Zander, 1982 in Rosecchi *et al*, 1987) permettant de faire ressortir les proies préférentielles et secondaires du prédateur considéré.

Cet indice présente l'intérêt de regrouper en une seule valeur les paramètres *Fréquence*, *Nombre* et *Poids*, étudiés de façon indépendante dans les précédents rapports, tout en privilégiant la biomasse ingérée, facteur le plus important du point de vue trophique.

L'indice MFI se présente sous la forme suivante:

$$\text{MFI} = \sqrt{\frac{N+F}{2}} * P$$

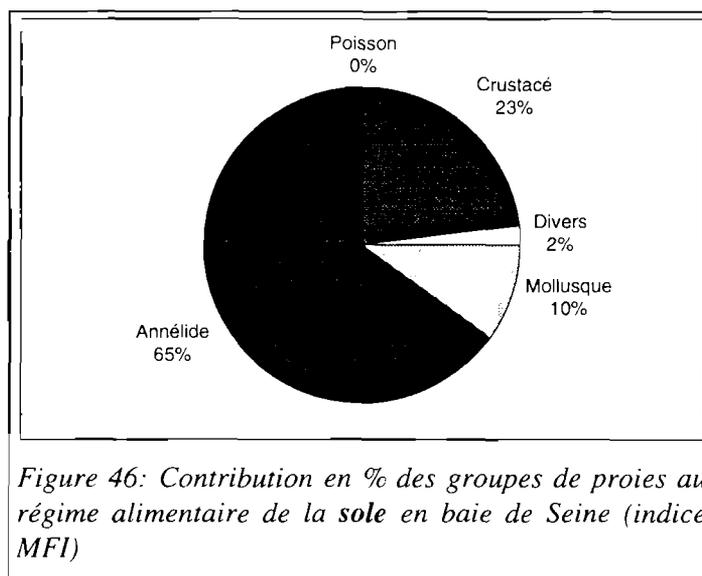
N : Nombre de proies en %

P : Poids des proies en %

F : Fréquence des estomacs contenant un type de proie en %

## IV - 1 - 1 Régimes alimentaires des différentes espèces

### La sole (*Solea vulgaris*)



La sole, poisson plat, consomme, en Baie de Seine, 80% de proies **benthiques** et 20% de proies **suprabenthiques**. Les proies de la sole sont pour la plupart endogées entraînant de ce fait une relation forte avec le sédiment (Lagardère, 1986).

Annélides et crustacés sont les proies préférentielles et secondaires de la sole en baie de Seine, auxquelles s'ajoutent les mollusques en plus faible proportion.

Baie de Seine	Proies préférentielles	Proies secondaires
Sole ( <i>Solea vulgaris</i> )	<i>Pectinaria koreni</i> <i>Diastylis</i> <i>Nereis</i> <i>Nephtys</i>	Annélide indéterminée <i>Abra alba</i> <i>Crangon crangon</i> Amphipode

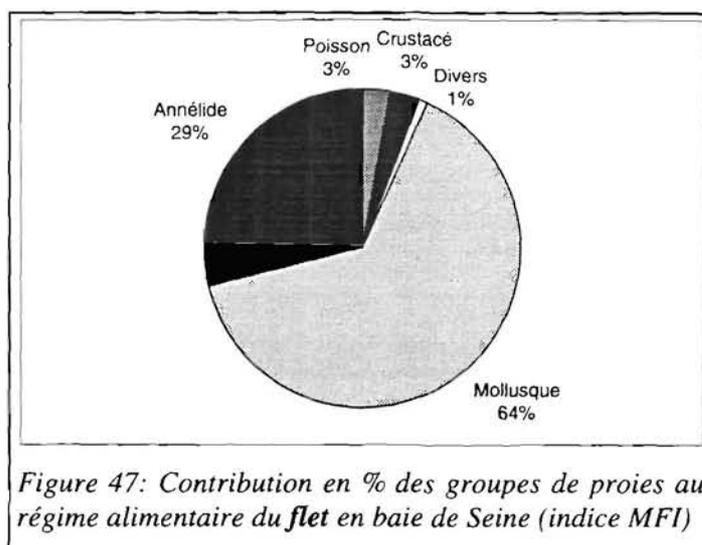
Des études menées sur d'autres sites ont permis de mettre en évidence les mêmes types de proies préférentielles. Ainsi, Quiniou (1978) en baie de Douarnenez, Costa (1988) dans l'estuaire du Tage et Braber *et al.* (1973) dans le sud de la Mer du Nord, ont identifié également les annélides polychètes comme proies préférentielles (*Pectinaria*, *Nereis*, ou *Arenicola*), accompagnés le plus souvent de mollusques mais aussi de crustacés (*Crangon crangon*).

En estuaire Loire, (Marchand *et al.* 1983) le régime alimentaire de la sole est basé **exclusivement** sur les **annélides polychètes** (*Nereis*, *Nephtys* ou *Spionidés*), les **crustacés** (*Crangon crangon*, *Corophium*) et les **mollusques** (lamellibranches). Il **évolue** en fonction des **secteurs estuariens** (polyhalin, euryhalin ou mésohalin) et en fonction des saisons.

Contrairement aux résultats obtenus en estuaire Seine, les **jeunes soles fréquentent les zones intertidales de l'estuaire de la Loire** où elles se nourrissent essentiellement de crustacés (*Crangon* et *Corophium*).

**La sole semble donc pouvoir adapter son comportement alimentaire aux proies disponibles.** Par exemple, dans le chenal de navigation de la Seine, dépourvu de faune benthique, la sole s'alimente à partir de proies supra-benthiques, de crustacés et plus particulièrement *Crangon crangon* (proie préférentielle présente dans 70% des estomacs) et de poissons (gobies).

### Le flet (*Platichthys flesus*)



Les proies **benthiques** constituent pour le flet, poisson plat capturé en eaux saumâtres, 85% de son régime alimentaire.

Le spectre alimentaire est basé, en baie de Seine, préférentiellement sur les mollusques bivalves (*Abra alba*) et les annélides sédentaires (*Pectinaria koreni*).

Baie de Seine	Proies préférentielles	Proies secondaires
Flet ( <i>Platichthys flesus</i> )	<i>Abra alba</i>	<i>Pectinaria</i> Siphon bivalve

Marchand *et al.* (1983), en estuaire de Loire, ont observé les **annélides** polychètes (*Pectinaria* ou Spionidés), les crustacés (*Corophium*) et les **mollusques** (lamellibranches) comme base de l'alimentation du flet, son régime évoluant en fonction des secteurs estuariens (polyhalin, euryhalin ou

mésohalin) et en fonction des saisons. En domaine polyhalin de l'estuaire de Loire, c'est le *Corophium* qui apparaît comme proie préférentielle des juvéniles âgés de un an.

L'accroissement de la taille du prédateur est également une source de variation du régime alimentaire. Bregnballe (1961) dans le fjord Kysing et Aarnio *et al.* (1996) en mer Baltique ont observé en effet la proie copépode comme préférentielle pour les petits flets, laissant la place aux amphipodes et annélides pour l'alimentation des individus adultes.

Pour Mulicki (1947) en baie de Gdansk, les mollusques, remplacent chez les grands flets les crustacés et annélides consommés par les juvéniles. Par contre crustacés, polychètes et mollusques sont les proies préférentielles des flets étudiés par Groot (1971) et par Doornbos *et al.* (1984).

Des auteurs tels que Green (1968) et Costa (1988) ont montré que l'alimentation du flet varie en fonction du lieu de l'étude. En effet, tout comme pour la sole, la crevette grise *Crangon crangon* est quelquefois observée dans l'alimentation du flet. Décrite comme rare par Moore *et al.* (1976), elle est secondaire dans l'alimentation des flets observés par Costa (1988), voire importante pour De Vlas (1979).

**Pour son alimentation, le flet semble donc s'adapter à son milieu.** Aux mollusques et annélides, proies préférentielles du flet en baie de Seine, peuvent s'ajouter des crustacés selon le lieu de capture et l'âge des individus.

Ainsi, en estuaire de Seine, les régimes alimentaires étudiés pour le flet sont différents selon la nature du fond:

- dans les **fosses de flots** (Nord et Sud), le flet développe un comportement alimentaire classique de poisson plat, c'est à dire un mode de vie **benthique**,

- mais les prélèvements effectués aux mêmes époques, dans le **chenal** d'accès du port de Rouen, juste en aval de Honfleur (programme Seine Aval), montrent que le flet peut s'alimenter de **crevettes grises**, mais que dans ce secteur la proportion d'estomacs vides (70%) est supérieure à celle observée dans les fosses de flots (20%). Le flet se nourrirait donc moins dans le chenal par manque de proies préférentielles, la crevette constituant une proie de substitution moins prisée.

## La plie (*Pleuronectes platessa*)

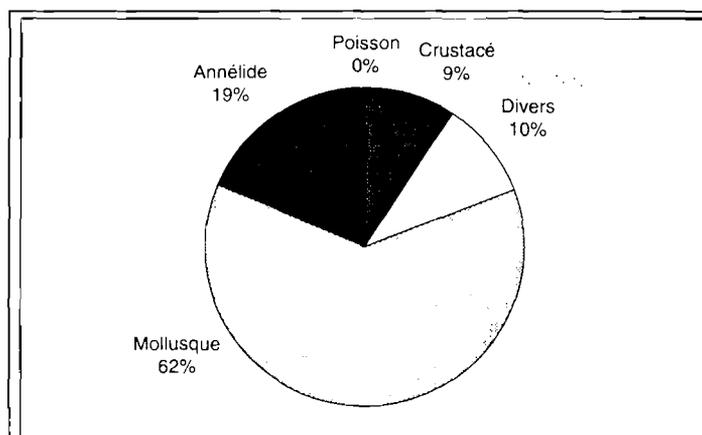


Figure 48: Contribution en % des groupes de proies au régime alimentaire de la plie en baie de Seine (indice MFI)

En baie de Seine, quelle que soit sa taille, la plie s'alimente essentiellement de proies **benthiques**.

Les **mollusques bivalves**, ou leurs siphons, sont les proies préférentielles sur ce site. Les **annélides** contribuent pour moins de 20% au régime alimentaire.

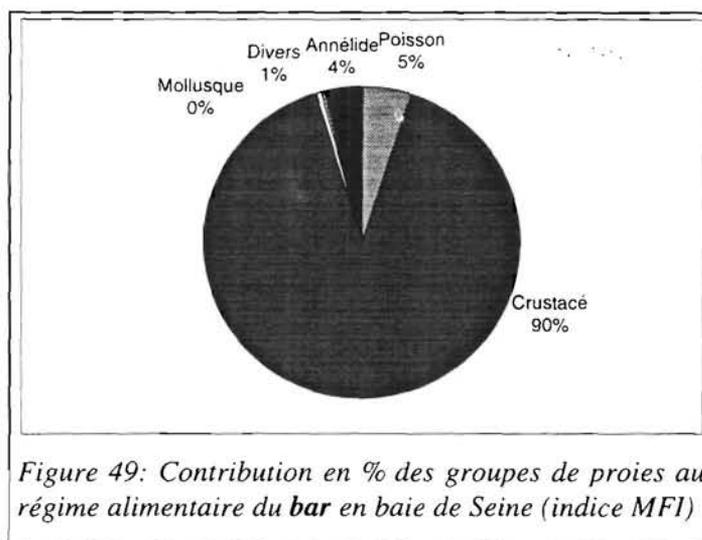
Baie de Seine	Proies préférentielles	Proies secondaires
Plie ( <i>Pleuronectes platessa</i> )	<i>Phaxas pellucidus</i> Siphon de bivalve <i>Abra alba</i> <i>Lanice conchilega</i>	<i>Corophium volutator</i> Oursin Ophiure <i>Ensis sp</i>

Sur d'autres sites, tout comme en baie de Seine, bivalves, annélides polychètes et crustacés font partie du régime alimentaire de la plie, les espèces les plus consommées pouvant varier d'un site à l'autre.

D'après Quiniou (1978), Kuipers *et al.* (1986) et Edwards *et al.* (1968), les **juvéniles** de plie se nourrissent principalement de **siphons de mollusques bivalves**, accompagnés de polychètes, Braber *et al.* 1973), les individus **adultes** s'alimentant à partir de **bivalves entiers**.

Selon ces mêmes auteurs, le **régime alimentaire de la plie se diversifie avec l'augmentation de sa taille**.

## Le bar (*Dicentrarchus labrax*)



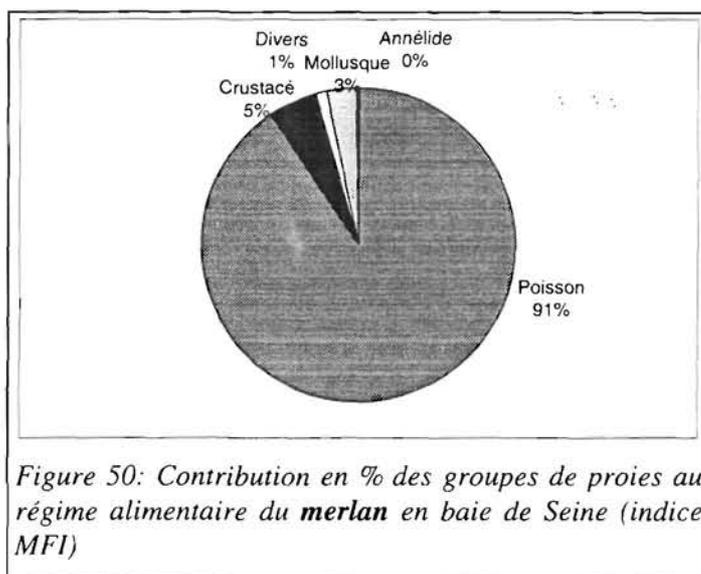
Le bar, en estuaire Seine, consomme presque exclusivement des **crustacés**, quelle que soit sa taille.

Baie de Seine	Proies préférentielles	Proies secondaires
Bar ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )	<i>Crangon crangon</i> <i>Liocarcinus sp</i> Crabe indéterminé	<i>Corophium volutator</i> Crevette indéterminée <i>Paradoxostoma</i> <i>Carcinus</i>

D'après la bibliographie, la source d'alimentation du bar est relativement **homogène**, puisque tous les auteurs ont observé les crustacés comme proie préférentielle quel que soit le site étudié (Leauté en baie de Somme, 1986; Costa dans l'estuaire du Tage, 1988; Kennedy *et al.* sur les côtes irlandaises, 1972; Boulineau-Coatanea sur la côte atlantique bretonne, 1970; Arias dans la zone de Cadiz, 1980; Chevalier dans la ria de Dourduff en Bretagne Nord, 1980; Marchand *et al.* en estuaire Loire, 1983). Les crevettes (*Crangon* et *Palaemon*) sont les crustacés les plus fréquemment cités (Leauté, 1986; Costa, 1988; Kennedy *et al.*, 1972; Arias, 1980).

Globalement, **le bar est dépendant du stock de crevettes grises pour son développement, ainsi que de plus petits crustacés, des mysidacés et des *Corophium*.**

## Le merlan (*Merlangius merlangus*)



En baie de Seine, le régime alimentaire du merlan est essentiellement constitué de proies **pélagiques**, et plus particulièrement de poissons (surtout des clupéidés) représentant 90% du bol alimentaire.

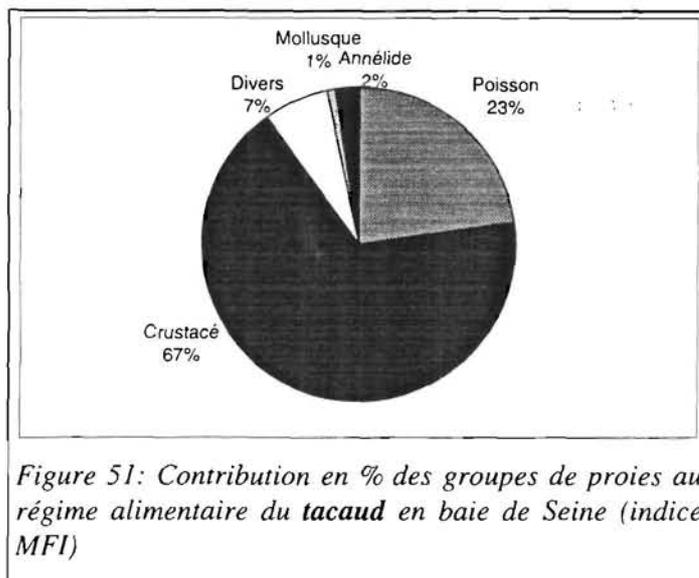
Baie de Seine	Proies préférentielles	Proies secondaires
<b>Merlan</b> ( <i>Merlangius merlangus</i> )	Clupéidés	Poisson indéterminé

D'après la bibliographie, l'alimentation du merlan varie peu d'un site à l'autre, tout comme pour le bar.

Quiniou en baie de Douarnenez (1978), Du Buit *et al.*, en mer Celtique (1987), Hamerlynck *et al.* (1993), sur la côte ouest des Pays-Bas (1993), ainsi que Fjosne *et al.* (1996), sur les côtes norvégiennes, ont observé l'aliment **poisson** (clupéidés, gobiidés ou gadidés) comme **proie préférentielle**.

Quelques auteurs ont cependant remarqué que le jeune merlan s'alimente également aux dépens des **crustacés**, proies adaptées à la taille des **jeunes prédateurs** (Quiniou, 1978; Du Buit *et al.*, 1987; Fjosne *et al.*, 1996; Marchand *et al.*, 1983).

## Le tacaud (*Trisopterus luscus*)



Le régime alimentaire du tacaud, en baie de Seine, est essentiellement constitué de proies **suprabenthiques** et **pélagiques**, crustacés et poissons représentant 90% des proies ingérées.

Baie de Seine	Proies préférentielles	Proies secondaires
<b>Tacaud</b> ( <i>Trisopterus luscus</i> )	<i>Crangon crangon</i> Mysidacé Poisson indéterminé	<i>Liocarcinus sp</i> Crabe indéterminé Holothuries Gobiidé

**Crustacés** (le plus souvent *Crangon crangon*) et **poissons** (gobie, callionyme, lançon, sprat, sardine ou petit merlan, espèces variant en fonction du site) sont les proies les plus fréquemment citées dans la bibliographie (Armstrong, en mer d'Irlande, 1982; Hamerlynck *et al.*, sur la côte ouest des Pays-Bas, 1993; Collignon *et al.*, 1960; Benvegno, 1971; Olivier, sur les côtes de Galice et Cantabrique, 1949).

Les **mysidacés** sont parfois les crustacés préférentiels dans l'alimentation du tacaud selon les observations de Costa en estuaire du Tage (1988). L'alimentation du tacaud évolue au cours de sa croissance, **les jeunes tacauds s'alimentent plutôt aux dépens des crustacés remplacés par l'aliment poisson au cours de la croissance du prédateur.**

C'est ce qui explique que Quiniou (1978), en baie de Douarnenez, dans son étude basée essentiellement sur des individus adultes, observe une grosse contribution des poissons dans l'alimentation de ces gadidés.

Robin *et al.* (1986) confirment pour leur part avoir observé que les jeunes tacauds s'alimentaient exclusivement de crustacés amphipodes, mysidacés et *Crangon crangon*. Labarta (1976), sur les côtes de Galice et Kull (1973) dans l'estuaire de l'Elbe ont remarqué une importance prépondérante de la crevette *Crangon crangon*, confirmant ainsi les résultats obtenus en baie de Seine Orientale.

#### ***IV - 1 - 2 Particularités du régime alimentaire des espèces capturées en domaine intertidal***

Le **bar** (*Dicentrarchus labrax*), le **flet** (*Platichthys flesus*) et la **plie** (*Pleuronectes platessa*) sont les trois espèces cibles dont le comportement alimentaire a été étudié en zone de balancement des marées, le plus souvent dans l'estuaire de la Seine. Les captures de juvéniles ont été effectuées lors de pêches à pied, en Fosse Nord, en Fosse Sud et à l'embouchure de la Dives.

Les espèces proies trouvées dans l'alimentation sur ce secteur intertidal (tableau ci-dessous) sont différentes de celles consommées dans les zones plus profondes et décrites globalement auparavant.

<b>Baie de Seine (Intertidal)</b>	<b>Proies préférentielles</b>	<b>Proies secondaires</b>
<b>Bar</b> ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )	<i>Corophium volutator</i>	Crustacé indéterminé Mysidacés <i>Nereis</i> Amphipode
<b>Flet</b> ( <i>Platichthys flesus</i> )	<i>Corophium volutator</i> <i>Abra alba</i> <i>Nereis</i>	<i>Crangon crangon</i>
<b>Plie</b> ( <i>Pleuronectes platessa</i> )	Siphon bivalve <i>Corophium volutator</i>	<i>Abra alba</i> <i>Nephtys</i> Mysidacés

Le **crustacé benthique** *Corophium volutator* semble être la proie préférentielle des trois prédateurs étudiés en zone intertidale. Cette préférence vient très probablement de sa petite taille (environ 5mm) qui convient mieux aux jeunes individus qu'à ceux de taille supérieure qui peuvent disposer plus largement d'autres proies.

Dans la zone d'étude, ce petit crustacé n'est présent qu'en estuaire de Seine, en zone de balancement des marées. Selon Meadows (1964) il fréquente uniquement des sédiments vaseux. Le *Corophium* a également été identifié comme proie préférentielle par d'autres auteurs. Il a été observé par Summers (1980) sur les vasières de l'estuaire Ythan et par Masson (1987) pour le **flet**, par Aprahamian *et al.* (1985) pour le **bar**.

Le rôle majeur de ce petit crustacé dans le régime alimentaire est à mettre en relation avec sa taille réduite, accessible à de nombreux prédateurs et avec sa forte densité (Robineau, 1986). Enfin son rythme d'activité le rend vulnérable (Birnie, 1968) puisque ce crustacé fouisseur émerge de sa galerie lors de la pleine mer et au début du jusant (Morgan, 1968, *in* Birnie, 1968).

D'après l'étude menée en estuaire Seine, le *Corophium* apparaît donc comme la proie la plus consommée en secteur intertidal vaseux. Mais Quiniou (1986), en baie de Douarnenez, qui a analysé le comportement alimentaire de jeunes plies sur plusieurs plages (Kervel, Blancs-Sablons) en zone intertidale, met en évidence la **spécificité de la nourriture consommée sur chaque estran**. L'alimentation est en relation avec la composition des communautés benthiques présentes sur un site (Fincham, 1971).

Des observations effectuées en estuaire de Seine il ressort que:

- Tout d'abord, les populations de *Corophium* se situent uniquement dans la zone est de la Fosse Nord ainsi que sur les estrans de la rive sud. Les vasières amont sont donc plus utilisées que les vasières aval par les poissons,
- De plus, le système estuarien évolue, et se déplace vers l'aval. Les zones les plus colonisées par le *Corophium* sont des substrats ayant déjà subi une consolidation. En effet, dans la crème de vase, le biotope ne permet pas le creusement des terriers, et donc l'installation importante de *Nereis diversicolor* et de *Corophium volutator*.
- Enfin, le maintien d'une forte densité des individus de cette espèce prolifique (à stratégie de reproduction « r »), n'est pas assuré dans l'estuaire. A titre d'exemple, l'estuaire de la Humber, nourricerie bien connue, connaît de brusques variations dans les effectifs de *Corophium*. Largement présents jusqu'en 1981, ils ont disparu brusquement en 1982, pour ne réapparaître massivement qu'en 1988. En 1993, la densité moyenne était de 100 individus/m<sup>2</sup> (Black, 1996).

Un programme scientifique, baptisé « Zones Humides » vient de démarrer, qui devra permettre de préciser - entre autres - le rôle des vasières dans le fonctionnement de la nourricerie de l'estuaire de la Seine. **Ces zones de vasières intertidales semblent donc être indispensables pour le bon fonctionnement de la nourricerie de l'estuaire de la Seine.**

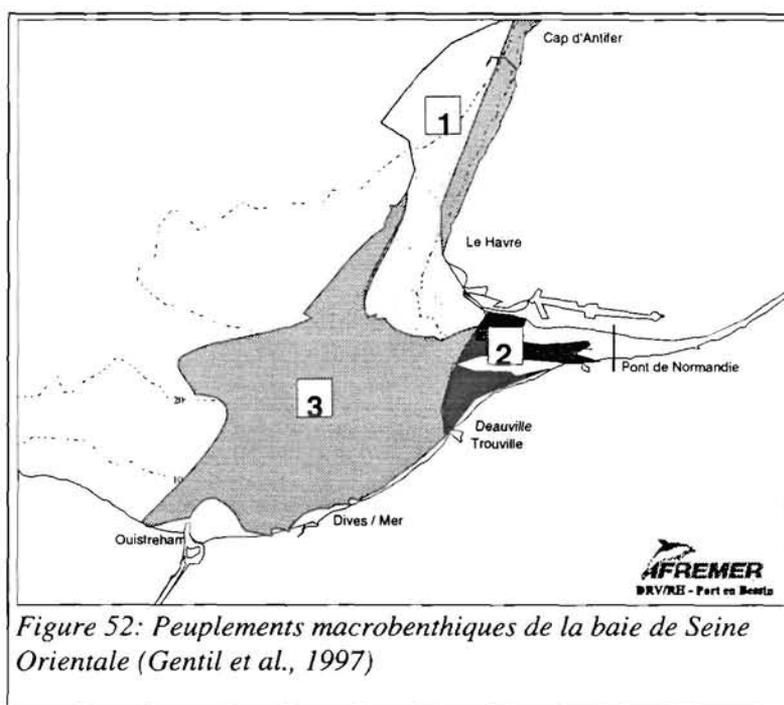
### IV - 1 - 3 Synthèse des comportements alimentaires - Tableau récapitulatif

	bar	flet	sole	merlan	tacaud	plie
<b>mode d'alimentation préférentiel</b>	suprabenthique pélagique	benthique	benthique suprabenthique	pélagique suprabenthique	suprabenthique pélagique	benthique suprabenthique
<b>groupes zoologiques préférentiels (par importance décroissante)</b>	crustacés : crevettes petits crustacés crabes annélides	mollusques biv. annélides sédentaires errantes crustacés	annélides sédentaires errantes petits crustacés mollusques biv.	poissons crustacés	crustacés : crevettes petits crustacés poissons	mollusques biv. petits crustacés annélides sédentaires errantes
<b>spécificité du régime (par importance décroissante des proies)</b>	assez marquée : crustacés <i>Crangon crangon</i> Mysidacés <i>Corophium</i> (intertidal) <i>Liocarcinus sp.</i> <i>Carcinus sp.</i> annélides <i>Nereis diversicolor</i> <i>Pectinaria koreni</i>	très marquée : mollusques <i>Abra alba</i> annélides <i>Pectinaria koreni</i> <i>Nereis diversicolor</i> crustacés <i>Corophium</i> (intertidal)	peu marquée : spectre alimentaire large 9 espèces d'annélides <i>Pectinaria koreni</i> <i>Nereis diversicolor</i> 9 espèces de crustacés <i>Diastylis sp.</i> (cumacé) 6 espèces de mollusques	très marquée : poissons poissons indéterminés clupéidés crustacés Mysidacés crevettes	très marquée : crustacés <i>Crangon crangon</i> Mysidacés Poissons	peu marquée : mollusques <i>Phaxas pellucidus</i> siphons de bivalves <i>Abra alba</i> annélides <i>Owenia fusiformis</i> <i>Pectinaria koreni</i> <i>Nereis diversicolor</i> <i>Nephtys hombergii</i> crustacés <i>Corophium</i> (intertidal)
<b>chiffres "clef"</b>	85 % du régime alimentaire est constitué de crustacés. Ils contribuent pour plus des 3/4 à la biomasse ingérée 10 espèces différentes constituent 80% de la biomasse ingérée	2 espèces différentes, <i>Abra</i> et <i>Pectinaria</i> constituent 80% de la biomasse ingérée	10 espèces différentes constituent 80% de la biomasse ingérée	les poissons représentent 94% de la biomasse ingérée	les crustacés et les poissons constituent 89 % de la biomasse ingérée. Il s'agit essentiellement de crevettes grises et de poissons.	les mollusques représentent 40% des proies dans le bol alimentaire et contribuent pour 64% à la biomasse ingérée
<b>variations en fonction de la taille</b>	très marquées : augmentation de la part des crevettes avec l'âge (en fréquence et en contribution à la biomasse) typologie de proie chez les jeunes. diversification des proies vers les crabes et les poissons chez les plus grands bars. 1/4 des grands sont vides.	assez marquées : les plus petits consomment <b>Nereis + Abra</b> . évolution au cours de la croissance vers un régime à <b>Abra + Pectinaire</b>	assez marquées : toutes les classes de taille ont le même spectre alimentaire (80% benthos et 20% suprabenthos). chez les plus jeunes plus d'annélides errantes et moins de mollusques bivalves.	assez marquées : les grands merlans consomment préférentiellement des poissons, alors que les plus petits se nourrissent en plus de crustacés.	assez marquées : les petits tacauds consomment préférentiellement des crustacés, alors que les grands se nourrissent en plus de poissons.	peu marquées : quelle que soit sa taille, le régime alimentaire de la plie est constitué de mollusques bivalves, d'annélides et de crustacés dans des proportions variables.
<b>variations spatiales</b>	peu marquées : sauf chez les plus jeunes, utilisation des <b>corophium</b> en domaine intertidal et des mysidacés en domaine subtidal.	peu marquées : sauf chez les plus jeunes, qui consomment des <b>corophium</b> et des annélides errantes en domaine intertidal et <i>Abra</i> en subtidal.	peu marquées : plus de soles repues en hiver au Sud du chenal qu'au Nord.	assez marquée : le petit merlan adapte son comportement alimentaire aux espèces proies présentes sur le secteur.	assez marquée : les tacauds capturés en strate F (des petits) semblent avoir un spectre plus étroit (crustacés) que les grands individus capturés plus au large (annélides, poissons et crustacés)	assez marquée : typologie de proie en intertidal (mollusques bivalves et <b>corophium</b> ) différente en subtidal (siphons de bivalves et cumacés)
<b>variations saisonnières</b>	très marquées : les annélides semblent constituer un apport hivernal de substitution. Le spectre alimentaire est le même mais dans des quantités différentes.	très marquées : 2/3 des jeunes sont vides à l'automne et majorité de repus en hiver. Proies benthiques en hiver de façon exclusive.	assez marquées : plus de proies benthiques en hiver. Il semble exister une période de diète relative en automne chez les jeunes.	non étudiées	non étudiées	non étudiées

## IV - 2 DISPONIBILITE DES PROIES PREFERENTIELLES EN ZONE ESTUARIENNE

### IV - 2 - 1 Disponibilité des principales proies benthodémersales dans le domaine subtidal de la Baie de Seine orientale

Diverses sources bibliographiques permettent de vérifier si la faune benthique, source d'alimentation, est très localisée dans l'estuaire « proche » ou au contraire distribuée sur de vastes étendues de la Baie de Seine Orientale.



D'après Gentil (1976, cartes réactualisées par Gentil et al., 1997), la zone d'étude du programme "nourricerie" est recouverte grossièrement par trois grands types de peuplements :

- 1 - le peuplement des sédiments hétérogènes sous influence péritique à *Pista cristata*** situé au Nord du Havre, peu intéressant dans le cadre de cette étude car secteur où les captures de juvéniles se sont avérées négligeables,
- 2 - le peuplement des vases de l'estuaire à *Macoma balthica*** (strates F et M) où dominent des polychètes (*Pectinaria koreni*, *Nephtys hombergi*...), des mollusques (*Abra alba*, *Macoma balthica*, *Cerastoderma edule*) et des crustacés (*Crangon crangon*),
- 3 - le peuplement des sables fins à très fins envasés à *Abra alba* et *Pectinaria koreni*** s'étendant sur toutes les autres strates, sauf la zone purement estuarienne, avec une dominance de polychètes et de crustacés.

Les deux derniers types de peuplements, sur lesquels se distribuent l'essentiel des juvéniles de poissons plats, ont été également mis en évidence par Elkaim (1993) dans le cadre du programme "Seine-Aval".

Il est intéressant de noter que *Pectinaria* et *Abra*, espèces très abondantes dans ces peuplements, sont des proies constantes largement distribuées et bien représentées dans l'alimentation des trois poissons plats.

Thiébaud (1994) a observé d'importantes fluctuations de densités d'*Abra* entre 1986 et 1991, mais les maximums d'abondance sont néanmoins généralement localisés le long du pays d'Auge, devant l'estuaire et le pays de Caux. L'auteur a également observé pour *Pectinaria* deux noyaux de densités maximales, face à l'estuaire de la Seine et au large de Deauville. *Phaxas pellucidus* (mollusque bivalve) qui est une des proies préférentielles de la plie, a été également étudié par Thiébaud qui a observé des densités maximales le long du pays de Caux et d'Auge.

**Malgré la large distribution et l'abondance de ces proies préférentielles, de fortes variations d'abondance dans le temps et dans l'espace peuvent conduire leurs prédateurs à adapter leurs comportements alimentaires.**

#### IV - 2 - 2 Benthos disponible en Fosse Nord, en domaine intertidal

Une étude de la faune benthique est en cours dans la zone intertidale de la Fosse Nord, dans le cadre du Programme Européen « Mast III Intrmud », auquel participe la Cellule de Suivi du Littoral Haut-Normand.

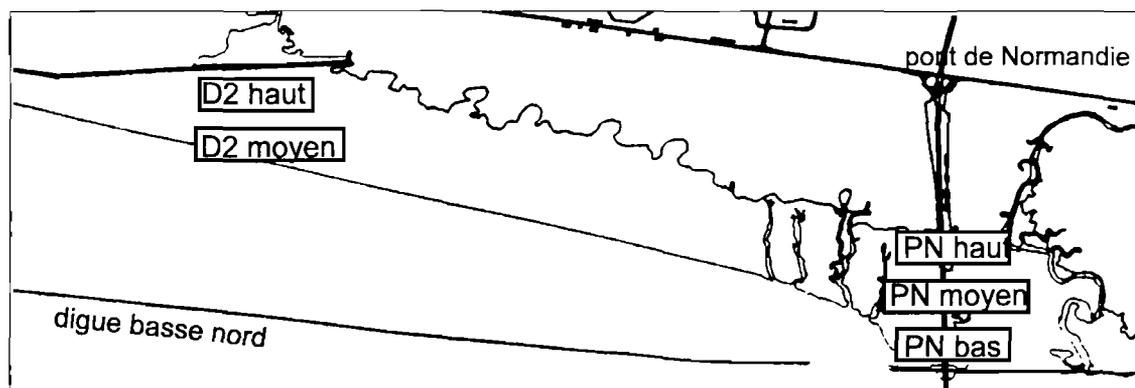


Figure 53: Localisation des prélèvements effectués dans la fosse nord, dans le cadre du programme "Mast III Intrmud"

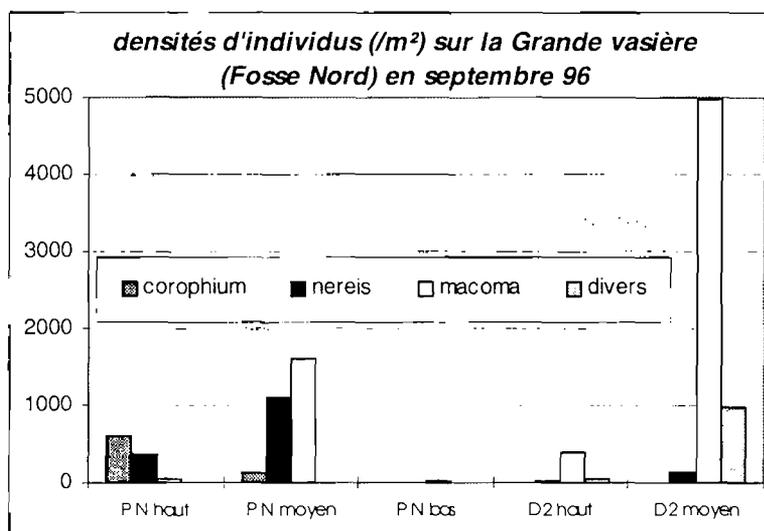


Figure 54: Densités de proies benthiques, en fosse nord. Septembre 1996

La figure ci-dessus donne les densités d'individus récoltés en septembre 1996 sur la vasière Nord de l'estuaire de la Seine, de part et d'autre du Pont de Normandie (radiale PN) et au niveau de la digue D2, située plus en aval. Pour chaque radiale sont données les densités observées au niveau haut des radiales (souvent émergé), au niveau moyen et au niveau bas, soumis aux plus forts courants et aux temps d'immersion les plus longs.

Cette figure indique que les plus fortes densités d'individus sont situées vers les niveaux moyens de la radiale D2 et constituées essentiellement de *Macoma*. Par contre, le *Corophium*, espèce « clef » ou préférentielle pour tous les poissons capturés en milieu intertidal, se distribue uniquement dans la zone la plus amont, près du Pont de Normandie et en haut de radiale. Les plus fortes densités de *Nereis*, autre espèce « clef », sont également réparties autour du Pont de Normandie. Ces densités, qui avoisinent les 1000 individus / m<sup>2</sup> sont habituelles sur ces milieux vaseux.

Lors d'une étude de la macrofaune benthique intertidale, réalisée en estuaire de Seine en 1981, Desprez a déjà observé des peuplements identiques, à *Corophium*, *Macoma* et *Nereis*, à des stations équivalentes à D2 et PN, avec cependant des densités inférieures à celles de 1997.

Les densités de *Corophium* varient fortement dans le temps. A titre indicatif, la figure ci-dessous indique les densités observées d'avril 1996 à septembre 1997. A l'automne 97, elles sont de l'ordre de 11 000 individus/m<sup>2</sup> aux points « PN haut », niveau très élevé par rapport aux densités courantes qui avoisinent quelques milliers d'individus/m<sup>2</sup>. Il s'agissait en majorité de jeunes individus.

Les zones intertidales de la Fosse Sud ont elles aussi révélé de fortes densités (maximum de 13000 individus/m<sup>2</sup>) de *Corophium* au niveau de Honfleur, qui diminuaient ensuite sur les côtes du Calvados.

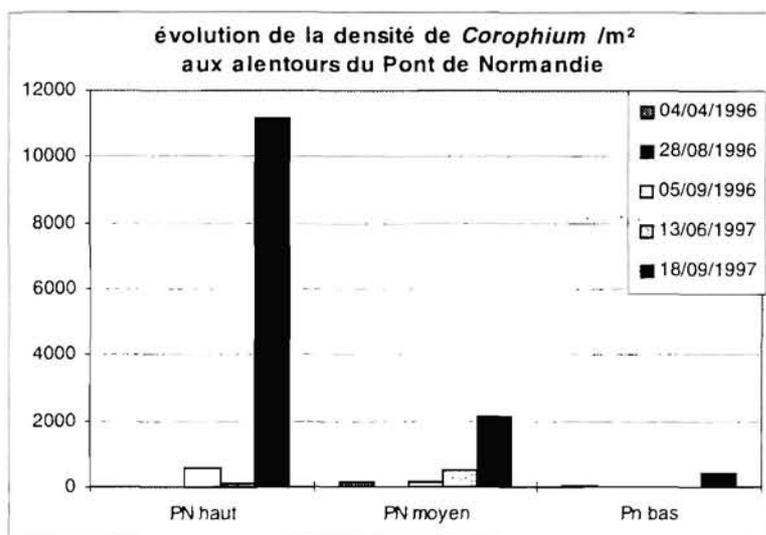


Figure 55: Densités de *Corophium* aux alentours du pont de Normandie

Du point de vue biomasse, la radiale de la digue D2 est la plus productive et aussi la plus riche en *Macoma balthica*. Les biomasses trouvées au niveau moyen, 40g/m<sup>2</sup>, sont très supérieures à celles des hauts et bas niveaux, généralement inférieures à 20g/m<sup>2</sup>.

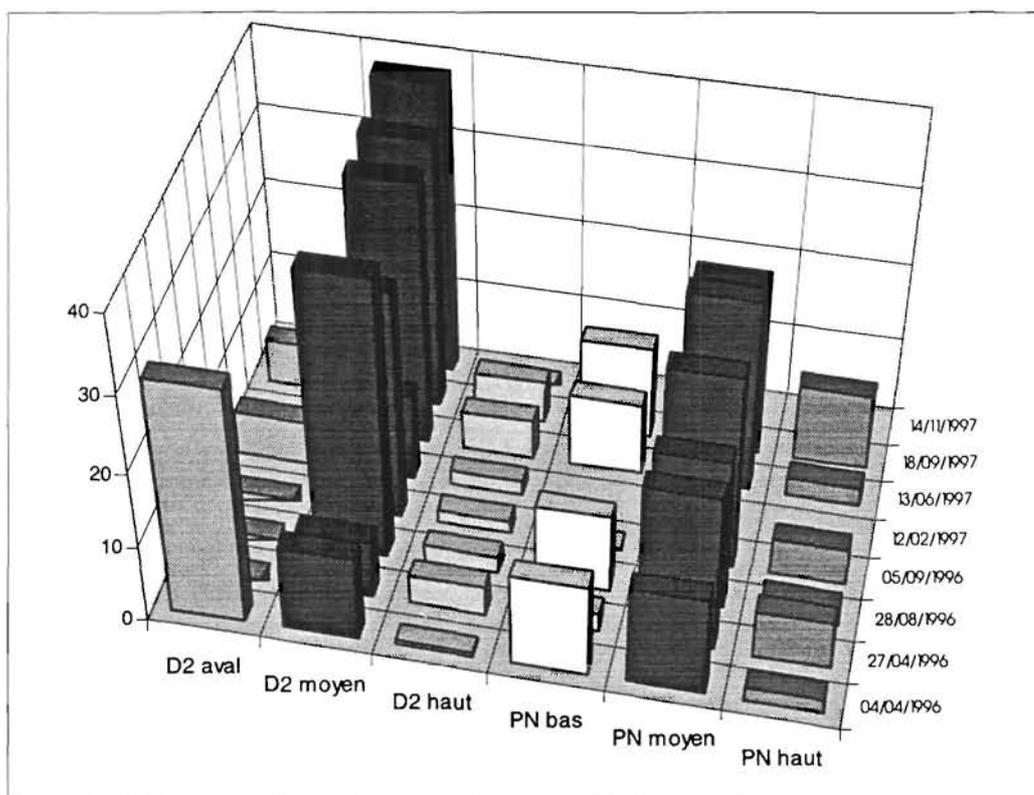
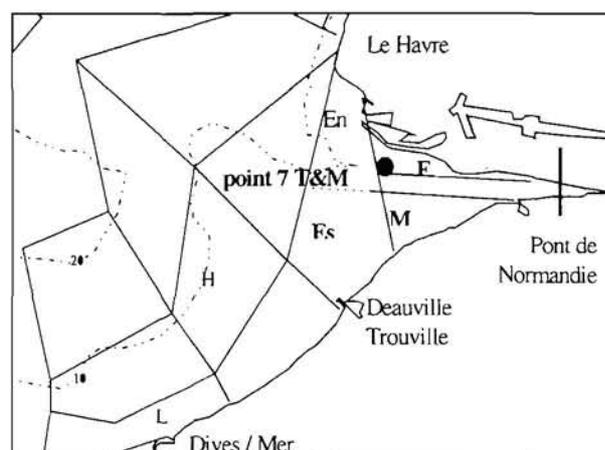


Figure 56: Evolution des biomasses sur la vasière Nord d'avril 96 à novembre 97, en grammes/m<sup>2</sup>

A titre comparatif, les biomasses obtenues en Baie des Veys sont de l'ordre de 28g/m<sup>2</sup> (Sylvand, 1995), et celles mesurées par la CSLHN en 1997 dans l'estuaire de la Humber (Angleterre) sont de l'ordre de 22g/m<sup>2</sup>.

### IV - 2 - 3 Benthos disponible en Fosse Nord, en domaine subtidal



La surveillance des rejets industriels dans l'estuaire comporte entre autres des contrôles réguliers des peuplements de faune benthique.

Le principe de ces contrôles est de comparer la structure du peuplement benthique (densité, diversité, abondance relative et constance des principales espèces) des stations soumises aux rejets à celle d'une station dite de référence, c'est à dire éloignée de l'influence des rejets mais présentant des caractéristiques hydro-sédimentaires comparables.

Figure 57 : Localisation de la station de référence

Cette source de renseignements est exploitée ici au travers des résultats de la station de référence (point 7 pour le rejet de Thann et Mulhouse). Les prélèvements sont effectués à la benne « Smith Mac Intire », dont la surface de prélèvement est de 0.3 m<sup>2</sup>. Trois répliquats sont effectués trois fois par an pour couvrir l'aspect saisonnier.

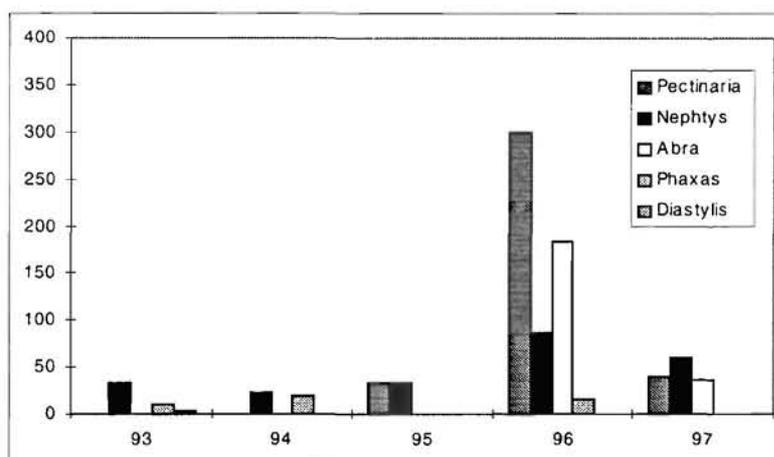


Figure 58 : Evolution des densités/m<sup>2</sup> au point « 7 T&M » de 1993 à 1997 en automne

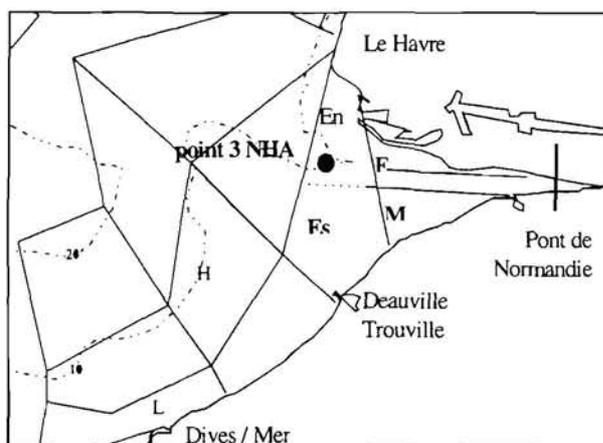
Au point 7 T&M, échantillonné en automne, les densités des 5 espèces benthiques identifiées comme proies préférentielles sont généralement inférieures à 50 individus/m<sup>2</sup>. De plus, les 5 espèces ne sont jamais présentes ensemble à cette saison ; les meilleurs résultats d'automne sont ceux de 1996 avec des densités de *Pectinaria* et d'*Abra* assez élevées. L'annélide sédentaire *Pectinaria*, considérée comme proie importante pour le flet, la sole et la plie, peut être disponible dans cette zone en quantité importante (300 /m<sup>2</sup> en 1996).

La seule espèce constante à la station 7 est *Nephtys hombergii*, plus abondante en 1996 et 1997. Les bivalves *Macoma* et *Cerastoderma* y sont parfois présents à l'occasion du recrutement de printemps mais ne s'y maintiennent que rarement au cours de l'été. Le suivi de cette station 7 depuis de nombreuses années montre qu'elle est sujette à des fluctuations hydrosédimentaires importantes :

variations de salinité et dépôts sporadiques du bouchon vaseux. Cette instabilité explique probablement en partie la relative pauvreté faunistique de cette zone par rapport à celles situées plus en aval.

En terme de proies disponibles on retiendra que malgré les conditions variables et instables du site, des espèces importantes peuvent y être temporairement présentes à des densités certes faibles mais non négligeables. De plus la taille individuelle de ces proies potentielles est supérieure à celle observée en domaine intertidal.

#### IV - 2 - 4 Benthos disponible dans la partie nord de la strate E, en zone subtidale



Un suivi de la faune benthique est effectué depuis 1988 à proximité des zones de rejets de phosphogypses en estuaire de Seine. Ce suivi est réalisé de façon quadrimestrielle par le Laboratoire d'Etudes et d'Analyses de la Ville du Havre, le Laboratoire d'Hydrobiologie de l'Université Paris VI et la Cellule de Suivi du Littoral Haut-Normand. Les prélèvements sont effectués à la benne « Smith Mac Intire », dont la surface de prélèvement est de 0.3 m<sup>2</sup>.

Figure 59 : Localisation du point de prélèvement

Les résultats concernant la station 3 sont donnés dans la figure suivante. Cette station, située dans la Strate E nord, à une profondeur inférieure à 10 mètres, est la station de référence du suivi, non perturbée par les rejets. Elle nous renseigne sur la faune benthique du secteur.

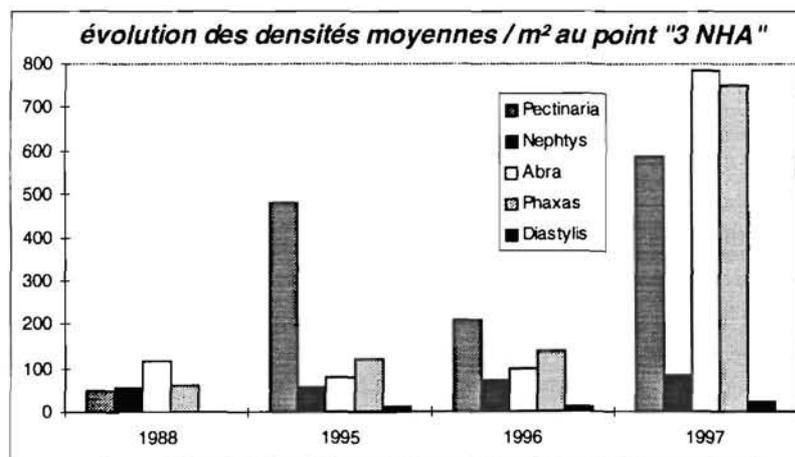


Figure 60: Densités moyennes d'individus/m<sup>2</sup> au point « NHA 3 » en automne

Sur cette figure n'ont été représentées que les espèces identifiées comme proies préférentielles et appartenant au domaine benthique. Ces espèces sont caractéristiques d'un peuplement de sables fins à très fins envasés à *Abra alba* et *Pectinaria koreni*. Au point échantillonné, quatre des cinq espèces sont présentes chaque année, parmi lesquelles *Pectinaria* apparaît dominante en 1995 et 1996 suivi de *Phaxas* et *Abra*. L'année 1997 se distingue par une abondance particulièrement élevée de ces trois espèces.

Ces ressources benthiques sont largement exploitées par les poissons prédateurs. On retrouve toutes les proies importantes pour la sole dans cette zone par ailleurs identifiée comme partie intégrante du secteur de concentration des juvéniles de soles.

Il est intéressant de noter que les Cumacés (*Diastylis* sp, petit crustacé benthique) sont un peu moins fréquents, de 15 à 30 individus/m<sup>2</sup>, bien qu'ils soient la seconde proie préférentielle de la sole.

### **IV - 3 CARACTERISATION DE LA NOURRICERIE DE L'ESTUAIRE SEINE DU POINT DE VUE TROPHIQUE - CONCLUSIONS**

L'étude du régime alimentaire des juvéniles de sole, plie, flet, bar, tacaud et merlan, a permis d'identifier un certain nombre de proies préférentielles, par leur fréquence d'apparition dans les estomacs et les quantités globalement consommées. Il s'agit de crustacés (crevette grise, *Corophium volutator*, Mysidacés), de mollusques bivalves (entiers, *Abra alba*, *Phaxas pellucidus* ainsi que des siphons) et d'annélides errantes (*Nereis* et *Nephtys*) ou sédentaires (*Pectinaria koreni*) et de poissons. Ces différents types de proies permettent de répondre aux exigences alimentaires de chacune de ces six espèces. Elles se situent dans des domaines, ou types de milieu, différents:

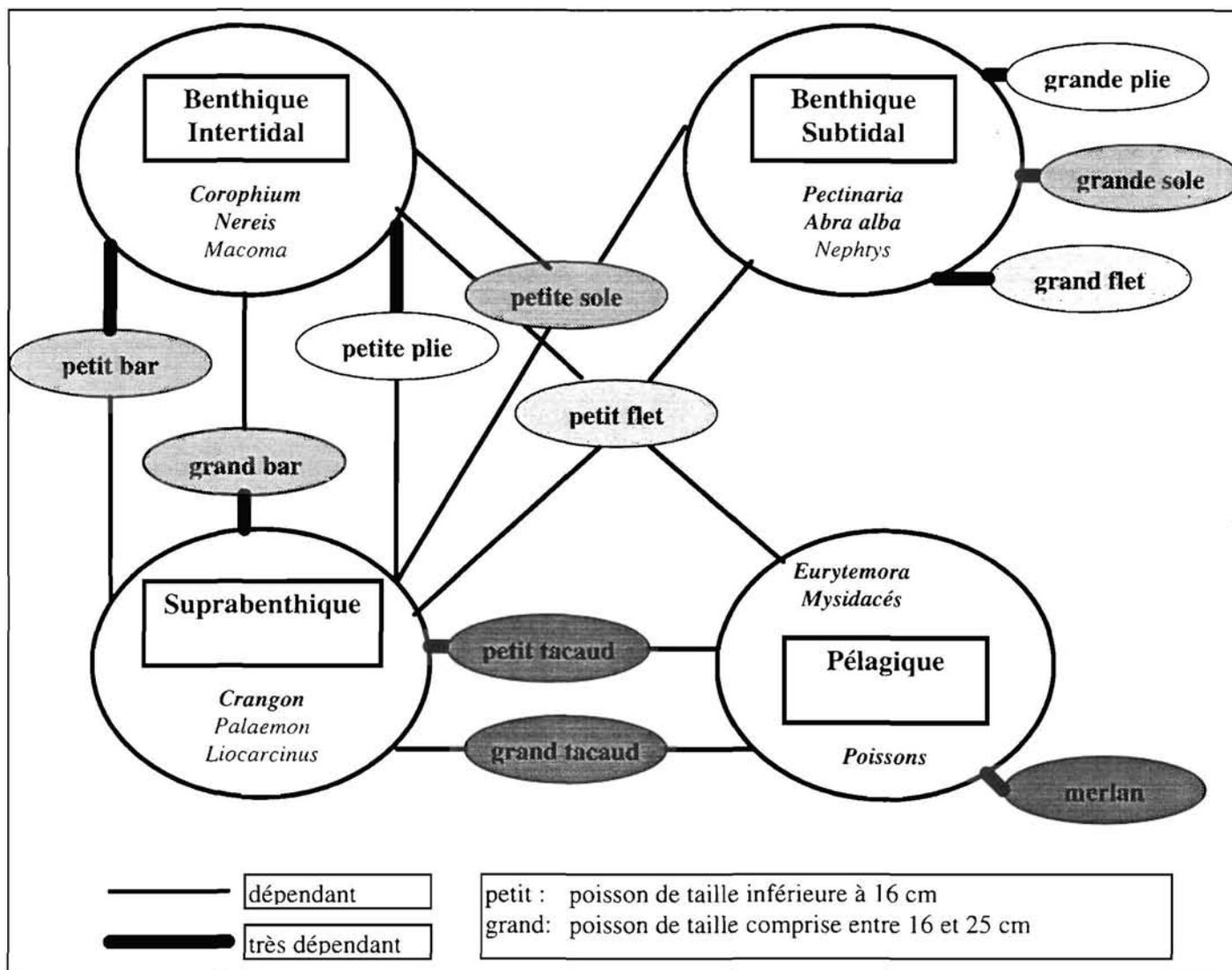
- *Corophium* et *Nereis*, appartenant au domaine **benthique intertidal vaseux**, sont utilisées par les très jeunes bars, flets et plies. Les *Nereis* sont également consommés par les **jeunes soles**, et en **hiver par les flets et bars** (moyens et grands), qui viennent s'alimenter sur les vasières.

- *Pectinaria* et *Abra alba*, caractéristiques du domaine **benthique subtidal des sables fins envasés** de la partie aval de l'estuaire sont respectivement consommés par les **soles** (moyennes et grandes) et le **flet** pour *Pectinaria*, et par le **flet** et la **plie** pour *Abra*

- Les mysidacés et la crevette grise (*Crangon crangon*), du domaine **suprabenthique et pélagique** et plutôt localisés dans les fosses et les chenaux, sont consommés par le **bar** et le **tacaud**.

- Les poissons, appartenant au domaine **pélagique**, sont consommés principalement par les merlans.

Le schéma ci dessous synthétise l'ensemble des liens trophiques existant entre les espèces cibles étudiées et les quatre grands types de milieux identifiés comme indispensables au fonctionnement de la nourricerie du point de vue trophique.



L'étude des **contenus stomacaux des trois poissons plats, sole, plie et flet**, capturés en domaines inter ou subtidaux, montre une **forte relation avec la faune benthique**, en particulier avec les annélides et les mollusques en domaine subtidal, auxquels s'ajoutent des crustacés (*Corophium*) en domaine intertidal des vasières estuariennes.

Les **plus jeunes bars** présentent également une grande affinité envers les proies benthiques des milieux intertidaux (*Corophium*).

Par contre, pour les **poissons ronds capturés en secteur subtidal, bar (de un et deux ans), merlan et tacaud**, pratiquement **aucun lien** n'a été mis en évidence entre leur alimentation et le benthos de l'estuaire Seine. Le merlan se nourrit aux dépens de ressources pélagiques (essentiellement des poissons), quant aux bars et tacauds, ces deux espèces ont comme proies préférentielles les crustacés et le plus souvent la crevette grise, *Crangon crangon*. Le merlan est le poisson qui semble le moins lié aux ressources alimentaires benthiques de l'estuaire. Toutefois, les proies qu'il consomme (des gobies, des clupéidés) sont elles-mêmes dépendantes des ressources estuariennes (crevette grise en particulier).

**Des comportements différents apparaissent également à l'intérieur de chaque espèce selon la taille des poissons.** En fonction de leur taille, apparaît en effet une **typologie** particulière de proies, à laquelle peut répondre la diversité des milieux présents dans l'estuaire. Les zones subtidales renferment des ressources benthodémersales en densités peu élevées ( $< 100$  individus /m<sup>2</sup> en moyenne), mais en biomasses importantes (gros individus), alors que les zones intertidales côtières disposent de petits individus en très grandes quantités (plusieurs milliers de *Corophium*/m<sup>2</sup>) qui seront consommés par les plus jeunes prédateurs.

La diversité de tailles de la crevette grise, très abondante en zone estuarienne, permet de répondre aux besoins des poissons à leurs différents stades de croissance. Elle constitue donc un maillon très important de la chaîne trophique dans l'estuaire.

Des **variations saisonnières dans les régimes alimentaires** ont également été mises en évidence. Elles traduisent probablement une disponibilité des proies variable suivant la saison. La crevette grise, par exemple, proie importante pour le **bar**, voit ses effectifs, et donc sa prédation, diminuer fortement en **hiver**.

Il semble que des **proies de substitution** puissent exister (le **bar** consomme des annélides benthiques en **hiver** lorsque les crevettes disparaissent) mais qu'elles soient quantitativement moins utilisées que les proies préférentielles (les **indices de réplétion** des estomacs de **bars** en **hiver** sont plus faibles).

Il ressort de cette relative complexité qu'il peut exister, en estuaire de Seine, des facteurs limitants d'ordre alimentaire:

- d'un point de vue **qualitatif**, chaque espèce, et à l'intérieur de chacune d'elles, chaque classe de taille doit trouver dans le milieu un type de proie répondant à certaines caractéristiques de **taille** (par exemple, petits crustacés inférieurs à 5 mm), de **comportement** (par exemple, espèces suprabenthiques), et de **localisation** (intertidal/subtidal) en chaque **saison**,

- d'un point de vue **quantitatif**, chaque type de proie doit être trouvé en quantité suffisante pour couvrir les besoins alimentaires d'un groupe particulier de prédateurs.

Ces aspects **qualitatifs** et **quantitatifs** sont **complémentaires**. Si, par exemple, la quantité de bivalves consommée par le flet est plus importante que celle des annélides errantes, ces dernières semblent cependant indispensables aux plus petits poissons.

Cette complémentarité se trouve aussi entre les trois types de milieux accessibles en estuaire et qui semblent indispensables en termes de disponibilité alimentaire globale.

**Dès lors que cette disponibilité globale est assurée, les exigences biologiques des jeunes poissons se précisent en fonction de leur croissance** en relation directe avec leur comportement (larves pélagiques, juvéniles suprabenthiques ou benthiques...), leur capacité de nage et de chasse, la taille et le comportement des proies recherchées, et de fait avec leurs préférences pour des sédiments sableux (plie) ou vaseux (jeunes flets et bars)... Les conditions nécessaires pour qu'une zone géographique accueille des nurseries est qu'elle présente une diversité **de milieux juxtaposés et suffisamment productifs**, qui permettent aux jeunes poissons de satisfaire l'ensemble de leurs besoins dans un temps et un espace géographique limités.

Dans cet ensemble, les zones intertidales sont essentielles lors des écophases précoces, puisqu'elles contiennent des proies de petites tailles en grande quantité.

-----

**ANALYSE DE LA FONCTIONNALITE  
DE L'ESTUAIRE  
EN TANT QUE NOURRICERIE COTIERE**

La mise en évidence dans les précédents chapitres d'une nourricerie dans l'estuaire de Seine et ses abords constitue une réponse essentielle aux questions posées par la convention d'étude engagée en 1995. Cette réponse est d'autant plus importante qu'elle est fondée sur une première description approfondie des caractéristiques des peuplements et de leur comportement alimentaire.

Il s'agit, dans ce dernier chapitre, d'évoquer les relations très fortes existant entre le fonctionnement de la nourricerie et celui des nombreux paramètres naturels qui influencent, sinon déterminent, la pérennité du site en tant que nourricerie active. L'objectif, à partir d'une importante comparaison bibliographique, est de préciser :

- ce qui caractérise prioritairement ce type de sites de nourriceries,
- à quoi tient la fonctionnalité de ces sites complexes en tant que nourriceries,
- en quoi l'estuaire de la Seine répond aux exigences vitales des juvéniles au même titre que de nombreux autres sites déjà largement étudiés.

Cette meilleure perception des critères de fonctionnalité du site et de la nourricerie devraient faciliter le choix entre différentes formes d'aménagements actuellement projetées dans l'estuaire.

## I - CARACTERISTIQUES DOMINANTES DES NOURRICERIES

### *I - 1 Localisation en milieu estuarien ou dans les baies*

Le secteur estuarien de la Seine, décrit comme site de nourricerie, présente un gradient de milieux auquel correspond un gradient de distribution des différentes espèces et des individus au sein de ces espèces.

En fait, ces différents gradients, observés dans l'espace comme dans le temps, sont en liaison directe avec la variabilité élevée des conditions environnementales caractérisant les systèmes estuariens. Les organismes benthiques, puis les poissons, vont se positionner dans ces gradients en fonction de leurs affinités et de leurs tolérances. **Cette juxtaposition de milieux, caractéristique des estuaires, permet aux juvéniles de poissons dont les exigences varient rapidement du fait de leur croissance, d'accomplir leur cycle biologique dans un espace géographiquement restreint.** D'autre part, la diversité de ces milieux permet d'accueillir des espèces aux exigences très différentes. Ces caractéristiques font des **estuaires** en général, des **milieux privilégiés pour l'installation de nourriceries.**

En France comme à l'étranger, d'autres zones de baies et estuaires sont aussi signalées par de nombreux auteurs, comme des sites de nourriceries pour de nombreuses espèces de poissons.

La baie de Somme décrite dans le chapitre III.2.2 présente de nombreuses analogies avec la baie de Seine, en ce qui concerne la composition spécifique et la distribution géographique et démographique de peuplements essentiellement juvéniles.

La baie des Veys ainsi que la baie du Mont St-Michel ont été décrites en 1979 par Beillois *et al.* comme des sites de nourriceries. Dans le golfe de Gascogne, toutes les baies et estuaires prospectés ont été identifiés comme ayant un rôle de nourricerie vis-à-vis de bon nombre d'espèces de poissons (Desaunay, 1985; Koutsikopoulos, 1989; Guérault *et al* 1997; Dorel, 1991; Beillois, 1979; Marchand, 1983; Beaupoil, 1997...).

En Europe, de nombreux auteurs ont identifié les zones de baies et estuaires comme sites de nourriceries, c'est-à-dire sur lesquels sont observés en grande majorité des individus juvéniles. On peut citer certains sites majeurs tels que estuaire de Clyde, canal de Bristol et estuaire de Severn, estuaire de Tamar, estuaire de la Tamise, baie de Brigwater, au Royaume Uni, estuaire de l'Elbe en Allemagne, mer de Wadden aux Pays-bas, estuaire du Tage au Portugal, ...

Les résultats obtenus en baie de Seine ont montré, qu'au sein de ce site de nourricerie, l'ensemble formé par l'estuaire et son embouchure était le plus riche des points de vue biologique et halieutique. Cette observation a été confirmée sur le site de la baie de Somme. Dans d'autres zones de nourriceries, notamment dans le golfe de Gascogne (Guerault *et al*, 1997), il apparaît aussi que **les secteurs les plus proches de l'embouchure des fleuves et rivières sont ceux où les densités en juvéniles de poissons d'intérêt commercial sont les plus élevées**. Les sites français comparables se trouvent en particulier en baie de Vilaine, estuaire de la Loire, baie de Bourgneuf, Pertuis breton, et Gironde.

### ***1 - 2 Forte variabilité interannuelle de l'abondance des peuplements***

Les échantillonnages effectués en estuaire de Seine ainsi qu'en baie de Somme ont montré que les abondances de juvéniles d'une même espèce pouvaient y varier dans des proportions importantes d'une année à l'autre. Cette variabilité interannuelle a été également mise en évidence sur d'autres sites français ou étrangers.

Prenant l'exemple particulièrement représentatif de la sole, Beaupoil (1997) a observé dans l'estuaire du Blavet (sud Bretagne) une forte variation interannuelle des juvéniles de moins d'un an, avec une classe d'âge 1988 particulièrement importante. Les indices d'abondances de soles et plies de moins d'un an sur les côtes anglaises de la Manche Est présentent également des variations importantes ; on y note par exemple pour la sole des pics d'abondance en 1983, 1987 et 1993. Ces variations qui sont asynchrones pour la sole sur des sites éloignés le sont aussi sur des sites proches comme baie de Seine et baie de Somme. La comparaison intersite effectuée sur les données 1995 et 1996 montre pour cette espèce une abondance plus élevée en 1995 en baie de Somme et en 1996 en baie de Seine. Ces deux sites voisins pourraient donc contribuer ensemble ou de façon alternative à l'alimentation des stocks de soles de la Manche Est sans qu'il y ait entre eux une hiérarchisation stable de « l'importance » des sites.

Ce **constat de variabilité des peuplements**, fait d'ailleurs sur d'autres espèces, conduit aux remarques suivantes:

- il est **difficile de dire qu'une nourricerie est plus importante qu'une autre** dans la mesure où, pour une espèce donnée, les indices d'abondance varient de façon importante à l'intérieur de gammes de valeurs similaires.
- plutôt que de parler d'importance d'une nourricerie, il semble **plus réaliste et objectif de parler de potentialité d'un site de nourricerie à accueillir les juvéniles** d'un certain nombre d'espèces qui seront présentes en nombres variables d'une année à l'autre. Cette potentialité traduit beaucoup plus exactement l'aptitude environnementale d'un site à accueillir des peuplements dont la venue dépend elle-même de processus biologiques préalables hautement aléatoires.

## II - RAISONS DE CES CONCENTRATIONS DE JUVENILES EN ZONE ESTUARIENNE

### II - 1 Facteurs déterminants

Les espèces pour lesquelles on observe une concentration de juvéniles sur des sites estuariens suivent toutes des cycles biologiques comparables : Après ponte et fécondation ayant généralement lieu au large, puis une phase de vie larvaire pélagique, les larves parviennent à la côte où vont séjourner les juvéniles.

Ce phénomène, largement observé, de concentration de juvéniles sur des zones estuariennes répond en fait à des exigences éco-physiologiques relativement strictes résumées dans les deux points suivants :

- **les juvéniles doivent disposer de bonnes disponibilités en nourriture et de conditions favorables à leur croissance** durant cette phase de vie. Ainsi, une **nourriture adaptée et abondante**, constituée majoritairement d'invertébrés benthiques, est un facteur important de croissance et de survie des poissons plats. Selon Poxton *et al.* (1982), il apparaît qu'une zone avec un grand nombre d'espèces-proies appropriées peut supporter une densité correspondante plus grande de poissons que des zones similaires moins riches. Cette importance capitale des disponibilités nutritionnelles a été démontrée par de nombreux auteurs (McErlean *et al.*, 1973; Costa 1988, Walsh 1996 ...).

- alors qu'ils constituent des **proies faciles pour les organismes marins carnivores, la protection de ces juvéniles contre leurs prédateurs conditionne fortement le développement de l'espèce** (Kneib, 1987 ; Gibson, 1994). Cette caractéristique des zones de nourriceries serait notamment très marquée en zone intertidale où se développent les plus jeunes poissons : Hardisty et Huggins (1975) ont par exemple observé dans l'estuaire de Severn une quantité de poissons prédateurs inférieure à celle présente en milieu marin. La dessalure estuarienne peut aussi, selon Horne (1989), éloigner pour des raisons physiologiques les formes adultes de certaines espèces prédatrices.

**C'est cette double nécessité d'une abondance de nourriture adaptée à ces juvéniles, associée à des conditions favorables à la croissance, et de leur protection contre la prédation qui permet d'expliquer ces concentrations de jeunes poissons sur des zones de nourriceries, seuls écosystèmes répondant simultanément à ces exigences.**

Sur cette double nécessité, Miller *et al.* (1984) proposent un concept de dépendance vis-à-vis de l'estuaire. Le schéma de distribution des jeunes poissons résulterait d'un ajustement continu dans la recherche du lieu optimal en termes de croissance et de survie. Cette théorie permet d'expliquer les différences de répartition selon les espèces en prenant en compte simultanément leurs exigences nutritionnelles et leur tolérance aux faibles salinités et aux variations de ce paramètre. En fait, **la dessalure propre aux secteurs estuariens semble avoir une influence limitée sur la croissance mais apparaît comme un facteur de contrôle de la distribution des espèces sur les sites de nourriceries.**

### II - 2 Répartition des espèces étudiées en baie de Seine

En ce qui concerne le **flet**, après la ponte, qui a lieu en milieu marin en hiver, les juvéniles pénètrent au printemps en estuaire. Lors des prospections effectuées en estuaire de Seine, les plus

fortes densités de juvéniles ont été observées en secteur dessalé à proximité du pont de Normandie sans qu'il s'agisse là de la limite amont de répartition de cette espèce. Les prélèvements réalisés dans le cadre des campagnes "Seine Aval" font état de captures de flets en nombres significatifs dans le secteur de la Bouille, un peu en aval de Rouen (Rochard, com pers). En Loire, Marchand (1983) indique que les flets d'âge 0 pénètrent jusque dans le secteur méso-oligohalin (0,5‰ à 18‰) avant de migrer en secteur polyhalin (18‰ à 30‰) où ils restent pendant l'automne et l'hiver. Dans les rivières allemandes, les densités de jeunes flets sont plus élevées dans les secteurs mésohalin, oligohalin et limnique. Dans ces deux derniers secteurs, les juvéniles capturés sont à 80-90% de moins d'un an. Kerstan (1991) signale enfin que le flet a une croissance plus rapide en secteur oligohalin et en eau douce qu'en secteur marin.

**Le bar** semble lui aussi dépendant des secteurs estuariens dessalés mais dans une moindre mesure que le flet. En estuaire Seine, les plus fortes concentrations de bar ont été trouvées à proximité du pont de Normandie, en secteur dessalé, jusqu'à 10‰. Les jeunes bars présentent une grande tolérance aux variations de salinité. Kelley (1988) signale, sur la côte ouest de l'Angleterre, des captures dans des zones de salinités de 10‰ à 30‰. Kennedy et Fitzmaurice (1972) l'ont observé, dans certaines rivières irlandaises, jusqu'à 8 à 30 milles de la mer dans des zones de salinité très faible, allant jusqu'à 0,05‰. En estuaire Loire, Marchand (1983) signale des densités de jeunes bars plus élevées en secteur polyhalin (18 à 30‰) ainsi qu'une fréquentation, quoique moins élevée, du secteur méso-oligohalin (0,5 à 18‰). Les densités sont par contre très faibles en milieu marin. Chervinski et Shapiro (1975, 1980) ont démontré par expérience que la croissance des post-larves est meilleure en eau dessalée, Boeuf et Lasserre (1978) signalant une meilleure croissance des jeunes bars à une salinité de 9-10‰. Des résultats similaires ont été obtenus par Alliott et Pastoureaud (1979) pour des bars de 41-67mm. Les juvéniles s'installeraient préférentiellement dans les parties basses et moyennes des estuaires, ainsi que dans les zones peu profondes et abritées (Kennedy et Fitzmaurice, 1972). Ces zones leur offrent en effet une nourriture appropriée et des conditions environnementales favorisant leur croissance. Une dominance des juvéniles de moins d'un an a été observée dans la partie moyenne de l'estuaire de Severn (sud-ouest de l'Angleterre) alors que les individus de plus de 2 ans étaient présents plus en aval. Cette observation a également été effectuée dans d'autres estuaires, nord et sud Devon, Tamise et côtes irlandaises. Dans l'estuaire de Tamar, les juvéniles de moins d'un an se concentrent en eau peu profonde, sur les zones de vase, alors que les bars plus âgés sont plutôt présents dans le chenal principal.

En ce qui concerne **la sole**, les juvéniles ont été capturés en baie de Seine à des salinités généralement comprises entre 28 et 34‰ avec un minimum observé de 18‰. Au nord du pays de Galles, Rogers (1992) a noté la présence de jeunes soles à des salinités comparables allant de 31,7‰ à 33,3‰. Il semblerait donc que la tolérance de la sole vis-à-vis des faibles salinités soit plus faible que celle du bar. Coggan et Dando (1988) ont cependant observé en estuaire de Tamar que les groupes d'âge 0 de soles qui commencent à être abondants dans les captures à partir de fin mai-fin juillet étaient quelquefois observés à des salinités comprises entre 2,9‰ et 24,6‰. Cette information reste toutefois isolée puisque Marchand et Masson (1989) ont observé par contre une répulsion des juvéniles de soles pour les fortes dessalures. Koutsikopoulos *et al.* (1989) estiment même que les faibles salinités posent des problèmes physiologiques à ces juvéniles qui doivent s'éloigner de la côte lors des fortes crues, la limite de pénétration des soles dans l'estuaire semblant liée à la salinité. Ils ont d'ailleurs observé, après de fortes pluies, un mouvement vers l'aval de jeunes poissons marqués.

Enfin, **la limande** non observée en milieu dessalé en baie de Seine, est aussi signalée par Henderson et Holmes (1991), en baie de Bridgwater, comme ne supportant pas la dessalure.

**L'examen de ces nombreuses références bibliographiques montre en résumé que la salinité opère une gradation des différentes espèces. En se dirigeant vers les estuaires et baies, les juvéniles trouvent des zones où la prédation est plus faible et la nourriture abondante et adaptée**

aux diverses nécessités de croissance. Toutefois, des exigences physiologiques limitent cette montée vers l'amont, la différence de répartition entre les différentes espèces s'expliquant par leur degré de tolérance vis à vis de la dessalure et par leur adaptation à des milieux différents en terme de régime alimentaire. La distribution des poissons plats doit tenir compte pour sa part d'une recherche de protection contre la prédation par enfouissement dans des sédiments sablo-vaseux.

L'analyse des relations trophiques effectuée dans le cadre de cette étude montre aussi que ces juvéniles ont un régime alimentaire constitué de proies que l'on trouve abondamment dans ces seules zones estuariennes :

- **cette observation se vérifie pour les poissons plats, sole, plie, et flet.** Leur régime alimentaire est essentiellement benthique, même si les poissons capturés dans les zones de chenaux où le sédiment est pratiquement abiotique (Elkaim, 1993) avaient consommé des crustacés et notamment de la crevette en l'absence de benthos. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Quiniou (1978) en baie de Douarnenez, Costa (1988) dans l'estuaire du Tage et Braber *et al* (1973) dans le sud de la mer du Nord pour la sole, Green (1968) et Costa (1988) et Marchand *et al* (1983) pour le flet et Quiniou (1978) Kuipers *et al* (1986) et Edwards *et al* (1968) pour la plie. Malgré cette possible variabilité du régime en fonction de la disponibilité en proies (Fincham, 1971), les juvéniles de poissons plats ont besoin d'une nourriture essentiellement benthique qu'ils peuvent trouver en abondance dans ces zones estuariennes.

- **du fait de son alimentation essentiellement dépendante des crevettes, le bar est lui aussi très inféodé aux milieux estuariens pour sa croissance.** Ce résultat obtenu en baie de Seine est confirmé par de multiples travaux menés ailleurs (Leauté 1986 en baie de Somme ; Costa 1988 dans l'estuaire du Tage ; Kennedy *et al.* 1972 sur les côtes irlandaises ; Marchand *et al.* 1983 en Loire ; Arias 1980 autour de Cadiz ; Boulineau et Coatanea 1969 en Bretagne). En effet, cette proie ne se trouve en abondance que dans les zones estuariennes, la diminution des zones humides intertidales estuariennes semblant d'ailleurs préjudiciable aux pêcheries de crevette (Tétard, com pers).

- cette même constatation s'applique aux **gadidés, tacaud et merlan**, de moins d'un an. Si les juvéniles âgés d'un an et plus consomment des poissons, les plus jeunes gadidés sont très dépendants des crevettes pour se nourrir. Ce résultat est confirmé par Quiniou (1978), Du Buit *et al* (1987), Fjosne *et al* (1996), Marchand *et al* (1983), Robin *et al* (1986), Labarta (1976), Costa (1988), et Kull (1973). Quel que soit leur âge, cette consommation préférentielle de crevettes et jeunes poissons inféodent les jeunes gadidés aux zones estuariennes.

### III - FACTEURS DU MILIEU LIES AUX EXIGENCES ECO-PHYSIOLOGIQUES DES JUVENILES

La répartition des juvéniles en estuaire vient d'être décrite comme largement conditionnée par les potentialités en terme de croissance et de protection contre la prédation, et par le niveau de tolérance vis à vis de la dessalure. Ces exigences physiologiques font que la répartition des juvéniles, ou tout simplement leur présence, est liée à d'autres paramètres environnementaux.

### **III - 1 La profondeur**

Les soles de moins de deux ans ont été observées en baie de Seine essentiellement à l'intérieur de la sonde des 10 mètres. Poxton *et al.* (1982) indiquent aussi en mer de Clyde (sud Ecosse) que les poissons plats de moins d'un an sont présents dans la zone côtière située à l'intérieur des 10 mètres. Riley (1981) a observé, sur les côtes anglaises, les soles de moins d'un an à de faibles profondeurs (< 12 m). Dans l'estuaire de Tamar, au sud de l'Angleterre, les jeunes bars de moins d'un an se concentrent en eau peu profonde (Dando et Demir, 1985).

A l'intérieur de cette zone littorale, il a été observé un gradient de distribution en fonction de la taille, les plus petits individus d'une espèce donnée étant observés aux plus faibles profondeurs, notamment en zone intertidale. Il existe généralement une relation positive entre la taille et la profondeur. Des gradients de distribution ont été observés par de nombreux auteurs (Gibson, 1973; Kuipers, 1973; Lockwood, 1974; Dorel *et al.*, 1991). Koutsikopoulos *et al.* (1989) font état, dans le golfe de Gascogne, d'une oscillation saisonnière de la distribution spatiale des juvéniles. Ceux-ci émigrent vers les eaux plus profondes en hiver, pour fuir des conditions hydrographiques plus défavorables en eaux côtières, et reviennent l'été suivant en zone peu profonde avec une distribution plus étalée dans l'espace. Ce retour périodique irait en décroissant avec l'âge.

Cet environnement peu profond commun aux zones de nourriceries, y compris celle de la Seine, présente des avantages tels que températures plus élevées en été, risque de prédation plus faible mentionné précédemment, nourriture abondante et substrat approprié. Thiel *et al.* (1996) ont montré que les estuaires germaniques possédant de grandes zones peu profondes sont les secteurs de nourriceries préférés des larves et des juvéniles de poissons. En baie de Vilaine, Koutsikopoulos *et al.* (1989) ont démontré que les zones peu profondes sont nécessaires à la croissance des juvéniles de soles du fait qu'elles correspondent à des secteurs où les conditions nécessaires au développement de ces juvéniles, en terme de croissance et de survie, sont réunies.

**La profondeur illustre donc parfaitement l'existence d'une corrélation non-causale entre un paramètre du milieu et des concentrations de juvéniles. Les jeunes poissons ne sont pas directement sensibles à la profondeur mais c'est dans les zones peu profondes qu'ils trouvent les conditions favorables à leur développement.**

### **III - 2 La température de l'eau**

La **température** plus élevée en été, dans les secteurs peu profonds, tout particulièrement en secteur intertidal, a été identifiée par de nombreux auteurs comme un facteur influençant l'installation des juvéniles sur les nourriceries. **Une température élevée permet d'augmenter le métabolisme** (croissance et alimentation). Costa (1988) note par exemple dans l'estuaire du Tage que la consommation quotidienne des jeunes soles est maximale à de hautes températures. Guérin-Ancey (1973) a observé que le taux de croissance des individus de moins d'un an suit la courbe de température. Cette croissance serait 10 fois plus élevée à 22°C qu'à 15°C dans une eau de salinité de 6‰ (Alliott *et al.*, 1983). D'après Gibson (1994), la température serait le facteur de contrôle de la croissance le plus limitant.

### **III - 3 L'hydrodynamisme**

**Les nourriceries correspondent à des sites abrités et calmes, l'hydrodynamisme pouvant influencer sur la croissance** (Gibson, 1994). Les courants pourraient restreindre la prise de nourriture par une réduction du champ visuel et aussi par le fait que le poisson serait obligé d'adapter sa position à la turbulence de l'eau au lieu de se nourrir (Moore et Moore, 1976). **L'hydrodynamisme est également important dans le sens où il a une influence sur le gradient granulométrique et donc sur la**

**nature des sédiments.** En baie de Seine, le secteur compris entre Le Havre et Ouistreham et intérieur à la sonde des 10 mètres correspond à une zone de sédiments plus fins, allant des sables fins aux vases. C'est globalement à l'intérieur de cette zone que sont concentrés les juvéniles de poissons.

### ***III - 4 La couverture sédimentaire***

Le secteur estuarien et son embouchure se caractérisent aussi par des **sédiments plus fins et vaseux**, favorables à l'implantation de juvéniles. En zone estuarienne, un gradient granulométrique décroissant (cailloutis, bancs de sable propre, sables coquilliers) est généralement observé de l'embouchure vers les secteurs plus abrités du fond de l'estuaire dans la vasière nord, auquel correspond un gradient interspécifique et intraspécifique de distribution des juvéniles. Selon l'espèce et la taille des individus, ceux-ci y trouvent des conditions convenables d'habitat et d'alimentation.

Ainsi, la proie préférentielle des plus jeunes individus capturés en estuaire de Seine est, si l'on globalise les espèces étudiées, le *Corophium volutator*, ce résultat étant d'ailleurs confirmé sur d'autres sites (Summers, 1980 ; Masson, 1987 ; Aprahamian *et al.*, 1985). Le fait que cette proie, essentielle dans le régime alimentaire des juvéniles, fréquente les vasières intertidales montre l'importance de ces substrats vaseux.

Les échantillonnages réalisés en baie de Seine ont montré la préférence des juvéniles de plie et de la limande pour les fonds de sable. D'où leur position un peu plus externe à l'intérieur de la zone de distribution des juvéniles, là où sont présents les sédiments sableux. Ce constat a également été effectué par Poxton *et al.* (1982) dans la mer de Clyde en Sud Ecosse.

La distribution de la sole semble par contre calquée sur la répartition par taches des sédiments fins et vaseux de l'estuaire de Seine et de son embouchure (Avoine *et al.*, 1996). Cette observation a aussi été effectuée par Rogers (1989) sur les côtes du nord du pays de Galles et par Dorel (1991) ainsi que par Guérault *et al.* (1997) dans le golfe de Gascogne. Rogers (1992) a constaté que les densités de juvéniles de soles étaient les plus élevées sur les substrats où la proportion de matière organique était la plus importante. Il a observé une correspondance entre substrats fins et présence de juvéniles de soles à la fois pour le type d'habitat qu'ils offrent et pour la nourriture qu'ils renferment. Ces résultats sont appuyés par les contenus stomacaux effectués en baie de Seine (Morin *et al.*, 1996), les proies benthiques préférentielles des soles se retrouvant essentiellement dans ces substrats. De plus, ces sédiments vaseux étant généralement situés à faible profondeur, les jeunes soles profitent en été de températures plus élevées favorisant leur croissance. Marchand (1983) a observé une concentration des juvéniles de moins de deux ans sur les vasières latérales de la Loire ainsi que sur les sédiments sablo-vaseux.

Les jeunes bars et flets ont aussi été observés dans les secteurs envasés de l'estuaire Seine et en Loire, les juvéniles se déplaçant entre les vasières amont et aval de l'estuaire selon la saison et l'âge (Marchand, 1983).

-----

## **CONCLUSION GENERALE**

La première partie de cette synthèse s'est attachée à l'identification d'une nourricerie dans l'ensemble constitué par l'estuaire de la Seine et ses abords, identification confirmée dans les deux conclusions proposées d'une part sur la richesse biologique et halieutique, et d'autre part sur la capacité globale de l'estuaire à répondre aux exigences alimentaires des principales ressources halieutiques. La réponse à la question centrale de cette étude étant positive, il restait à rappeler dans une seconde étape à quoi tenait la fonctionnalité de systèmes naturels aussi complexes, décrits d'ailleurs comme tels dans l'abondante bibliographie consultée.

La conclusion générale ne reprendra pas les conclusions intermédiaires auxquelles on pourra se reporter en pages 31 et 51, mais s'attachera plutôt à **signaler certains éléments-clés de la fonctionnalité de tels systèmes pour mieux en rappeler la complexité, la fragilité et la rareté**. Quelques remarques générales seront faites pour évoquer comment peut être perturbée cette fonctionnalité d'un point de vue halieutique.

Les **deux caractères** les plus **directement observables de la fonctionnalité d'un site** en tant que nourricerie côtière sont :

- **la concentration strictement littorale et intra-estuarienne de populations essentiellement composées d'individus juvéniles,**
- **la grande variabilité d'abondance de ces populations.**

Cette localisation particulière et privilégiée s'explique par la juxtaposition de milieux qui permet aux juvéniles de poissons, dont les exigences varient rapidement du fait de leur croissance, d'accomplir leur cycle biologique dans un espace géographiquement restreint. Le constat de la variabilité d'abondance des populations conduit par ailleurs à beaucoup relativiser la notion « d'importance » d'une nourricerie par rapport à une autre, sachant qu'il semble plus objectif de parler de potentialité d'un site à accueillir préférentiellement les juvéniles, sans que leur présence soit pour autant régulière.

**La concentration des juvéniles sur les nourriceries s'explique par deux raisons fortes** que sont :

- **la disponibilité d'une nourriture abondante et diversifiée**, c'est-à-dire adaptée aux exigences des différents stades de développement de multiples espèces,
- **une protection contre les prédateurs.**

Ces deux facteurs semblent déterminants car directement favorables à la croissance individuelle et au maintien des effectifs. La dessalure, caractéristique des estuaires, ne semble pas par contre un facteur évident de croissance. Elle agit par contre sur la distribution géographique des juvéniles dans les différents niveaux de l'estuaire et constitue certainement une barrière physiologique pour de nombreux prédateurs.

Toutes ces conditions se retrouvent dans des milieux côtiers limités où se rencontrent **plusieurs autres facteurs environnementaux favorables**, mais n'agissant cependant qu'indirectement sur le développement des espèces. Les principaux sont :

- **la faible profondeur** à laquelle les poissons ne sont pas directement sensibles mais qui est favorable au développement et à la préservation des juvéniles, les grandes surfaces de faible profondeur étant une des caractéristiques originelles des estuaires, baies et lagunes si propices à la vie en général,
- **la température relativement élevée de l'eau durant la période de croissance**, favorisée par la faible profondeur, et favorable au métabolisme, c'est-à-dire à la croissance dès lors que l'alimentation est disponible,

- **un hydrodynamisme modéré**, qui permet une alimentation efficace des juvéniles mais qui aussi, et peut-être surtout, a une influence sur le gradient granulométrique et le dépôt des sédiments fins.
- **les sédiments fins, vaseux et stables** qui sont indispensables à l'installation de nombreuses proies enfouies et servent d'habitats, et de caches, à de nombreux espèces halieutiques dont certains poissons plats et les crevettes, espèces-clés pour la chaîne alimentaire.

Ce rappel (volontairement concis) des facteurs favorables à la formation d'une nourricerie montre ainsi que la **fonctionnalité d'un système estuarien tient à un réseau très complexe de relations existant entre le vivant et le milieu estuarien et marin**, le monde biologique animal et végétal exploitant par ses multiples et permanentes adaptations un environnement qui tient sa richesse d'une grande diversité disponible dans une surface relativement limitée. Les ressources halieutiques viennent en particulier y trouver des conditions environnementales qui optimisent leur croissance et préservent leurs effectifs.

**En corollaire à cette complexité, deux autres caractéristiques déjà évoquées** doivent être à nouveau soulignées.

Malgré leur aptitude naturelle à évoluer en permanence, **les milieux estuariens sont très fragiles** dans leur complexité, et d'autant plus que leur évolution est forcée par l'homme. Les différents milieux qui les composent sont en effet de plus en plus contraints, sinon détruits, et risquent de ne plus pouvoir se reconstituer ailleurs et en surface suffisante. La destruction massive à l'échelle du globe des milieux naturels est d'ailleurs à l'origine d'essais d'évaluation de leur valeur économique, jusqu'à présent peu reconnue. Pour le type de site qui nous concerne ici, une récente étude de Costanza *et al.* (1997) attribue une valeur tout à fait prioritaire aux milieux côtiers qui, bien que ne couvrant que 6,3% de la surface de la Terre, généreraient 38% de la valeur de tous les services rendus par les écosystèmes du globe. Ces écosystèmes côtiers, dont les estuaires, ont en effet parmi leurs fonctions d'être des zones de nourriceries, de filtrer les eaux polluées, de favoriser le renouvellement des ressources nutritives, telles que l'azote et le phosphore, indispensables au premier maillon de la chaîne trophique.

Les systèmes côtiers identifiés comme favorables aux nourriceries ont toujours été considérés par ailleurs comme **rare et de surface limitée**. Or on constate depuis de nombreuses années une forte régression de leur étendue et de leur fonctionnalité en relation avec un comblement général des estuaires et des baies. Ce comblement a été combattu par une chenalisation systématique qui a réduit encore la fonctionnalité biologique des sites en radicalisant les faciès au détriment de la diversité et de l'étendue des vasières.

**A ce double titre, privilégier les aménagements qui préservent le mieux l'étendue de vasières intertidales stables**, c'est-à-dire peu exposées à l'hydrodynamisme marin, ou qui favorisent leur développement, **serait l'attitude la plus respectueuse des ressources halieutiques, attitude allant pleinement dans le sens de récentes recommandations communautaires de protection prioritaire des populations halieutiques juvéniles**. Ces recommandations européennes, destinées à conforter par l'amont la reconstitution des stocks, privilégient en effet la protection systématique des juvéniles par préservation des sites de nourriceries côtières et amélioration de la sélectivité des techniques de pêche permettant l'échappement des jeunes individus. On peut citer, à titre d'exemple, l'utilisation du chalut sélectif à crevette.

En tout état de cause, les simulations menées à long terme sur l'évolution hydromorphologique du système estuarien, avec ou sans aménagement, constituent un préalable indispensable aux recommandations d'ordre biologique. Les changements de l'hydrodynamisme estuarien ont en effet de multiples impacts, en particulier sur la courantologie et la salinité, sur la nature et les surfaces des différents sédiments, donc sur les peuplements.

**En l'état actuel des connaissances, deux incertitudes** ne pourront par ailleurs être levées rapidement sur deux questions qui paraissent essentielles mais sur lesquelles la communauté scientifique progresse lentement.

**La première porte sur la notion de surface utile d'une nourricerie.** Les rares avis scientifiques actuellement exploitables (dont Zijlstra, 1982 ; Kelley, 1988 ; Rijnsdorp *et al.*, 1992) convergent vers l'hypothèse d'une relative proportionnalité entre surface et rôle d'une nourricerie dans le renouvellement des stocks halieutiques. Ces avis recommandent la préservation d'étendues suffisantes en termes d'espace vital varié et de disponibilité de nourriture adaptée. **Le principe à retenir est donc celui de la préservation de la fonctionnalité globale du système, celle-ci étant d'autant mieux garantie que le site peut demeurer vaste et présenter les bons gradients de paramètres déterminants** (sédiments et salinité en particulier) et conserver des surfaces de vasières intertidales suffisantes. Sur cette nécessité, J. Marchand et N. Goinard (1993) avaient conclu pour la Loire que chaque zone d'un estuaire a un rôle particulier et est bien souvent complémentaire de celles qui la jouxtent, l'intérêt écologique de ces systèmes tenant essentiellement à la disposition en mosaïque ou en puzzle de ses richesses biologiques, chacun des éléments étant indispensable à la cohésion de l'ensemble.

La bonne qualité sanitaire et chimique est sous-entendue dans cet ensemble.

**La seconde question concerne les effets sur les stocks exploitables d'une éventuelle dégradation de la nourricerie de Seine** liée à l'évolution naturelle de l'estuaire ou à un aménagement portuaire mal adapté. On peut considérer que la synthèse des connaissances acquises sur la baie de Seine réalisée par l'IFREMER (Mauvais, 1995) montre une dépendance des pêcheries locales de baie de Seine vis-à-vis des ressources côtières (50% en valeur des espèces pêchées ont une écophase estuarienne), et donc une sensibilité potentielle à une dégradation de l'estuaire. Cet effet pourrait être surtout direct et sensible pour la pêche crevette.

Il semble par contre moins facile de quantifier un effet sur la pêche des autres espèces, dès lors que cette pêche est considérée comme devant être sélective et dirigée sur les adultes, et donc pratiquée surtout hors de l'estuaire. Ces ressources adultes, généralement de plus de deux ans, sont censées en effet avoir déjà rejoint les stocks du large pour se mêler aux individus d'autres provenances.

La question reste alors de savoir en quoi la dégradation d'une nourricerie de Manche-Est, en l'occurrence celle de Seine, aurait un effet quantifiable sur les stocks globaux de ce bassin, et en quoi les pêches de baie de Seine peuvent y être indirectement sensibles. La difficulté de cette évaluation rejoint celle, plus générale, de la dégradation globale des ressources halieutiques qui tient en fait au cumul de la surexploitation et de la détérioration du milieu côtier, la variabilité naturelle des ressources halieutiques augmentant avec la fragilisation des stocks.

Vis-à-vis de cette difficile question, **une attitude précautionnaire consiste à rappeler qu'une dégradation d'un estuaire, naturelle ou provoquée, ne peut qu'avoir un effet négatif sur le renouvellement d'une ressource déjà détériorée pour de multiples raisons.**

Au-delà de cette position, la question des relations entre les nourriceries et les stocks du large reste posée et restera provisoirement sans réponse précise, même si elle a déjà été abordée en 1993 lors d'une étude franco-britannique intitulée "Identification biogéographique des principaux stocks exploités en Manche" (Rapport MAFF/IFREMER-1993, cité dans la bibliographie du dossier de Débat Public-Port 2000). On peut rappeler que la meilleure connaissance de la nourricerie de Seine et de sa variabilité était un préalable essentiel à des études engagées par l'IFREMER sur les relations entre nourriceries et stocks de Manche-Est, question qui reste un axe prioritaire de recherche halieutique.

## **BIBLIOGRAPHIE**

Aarnio K., Bonsdoorff E. and Rosenback N. , 1996. Food and feeding habits of juvenile flounder *Platichthys flesus* (L.) and turbot *Scophthalmus maximus* L. in the Aland archipelago, northern Baltic Sea. . J. Sea Res. , 36, 3/4, 311-320.

Alliot E., Pastoureaud A., 1979. Influence de la salinité sur la croissance et l'utilisation des aliments chez les loups juvéniles (*Dicentrarchus labrax*). Vie marine, 1, 13-17.

Alliot E., Pastoureaud A., Thiebault., 1983. Influence de la température et de la salinité sur la croissance et la composition corporelle d'alevins de *Dicentrarchus labrax*. Aquaculture, 31, 181-194

Anonyme, 1993. Identification biogéographique des principaux stocks exploités en Manche, relations avec ceux des régions voisines. Rapport Interne DRV Ifremer, RI DRV 93-028, .

Anonyme, 1996. Programme Seine Aval. Etat d'avancement des travaux du programme coordonné de recherche sur l'estuaire de la Seine. Rapport final par laboratoire, exercice 1995. Thème: Edifices biologiques, 172 pp.

Anonyme, 1996. Programme Seine Aval. Etat d'avancement des travaux du programme coordonné de recherche sur l'estuaire de la Seine. Rapport final par laboratoire, exercice 1995. Thème: Hydrodynamique et transport sédimentaire, 139 pp.

Anonyme, 1997. Etude des nourriceries de la baie de Seine orientale et de l'estuaire de la Seine. Note de synthèse provisoire du 5 décembre 1997 à la demande de la Préfecture de Région de Haute-Normandie, 14 pp..

Anonyme, 1998. Report of the working group on the assesment of demersal stocks in the North Sea and Skagerrak. Octobre 1997. ICES.CM 1998 (sous presse)

Aprahamian M.W., Barr C.D., 1985. The growth, abundance and diet of 0-group sea bass, *Dicentrarchus labrax*, from the Severn estuary. J. mar. biol. Ass. U.K., 65, 169-180.

Arias , Rodriguez R.B., Drake P.,1980. Fish production in extensive polyculture in the estuary of Cadiz (Southern Spain) ICES-CM-1980/F:6,9pp.

Armstrong M.J., 1982. The predator-prey relationships of Irish Sea poor-cod (*Trisopterus minutus* L.), pouting (*Trisopterus luscus* L.), and cod (*Gadus morhua* L.). J. Cons. Explor. Mer., 40, 135-152.

Avoine J., Lesueur P., Rouault T., 1996. Evolution morphologique et couverture sédimentaire de l'estuaire de la Seine. Actualisation et fluctuations. In Programme Seine Aval. Etat d'avancement des travaux du programme coordonné de recherche sur l'estuaire de la Seine. Rapport final par laboratoire, exercice 1995. Thème: Hydrodynamique et transport sédimentaire, 2-20

Beaupoil C., 1997. Etude des nourriceries de l'estuaire du Blavet (Morbihan). Séminaire national de travail "Evolution naturelle et artificielle des estuaires français. Quel avenir pour leurs zones d'intérêt biologique?. Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, Paris, Novembre 1997.

Beillois P., Desaunay Y., Dorel D., Lemoine M. , 1979. Nurseries littorales de la baie d u Mont St Michel et du Cotentin Est. ISTPM, , 115.

Benvegna G.C., 1971. Datos biometricos y biologicos sobre la faneca (*Trisopterus luscus* L. 1758) (Gadidae) del cantabrico. Bol. Inst. Esp. Ocean., 148: 1-42

Bessineton C., Lafite F., Simon S., 1988. Etude ichtyologique des abords du pont de Normandie. Cellule de Suivi du Littoral Haut-Normand - Novembre 1988, 18 pp.+ annexes

Bessineton C., Duhamel S., Simon S., 1990. Suivi halieutique des environs du pont de Normandie. Cellule de suivi du littoral haut normand, 34 pp.

Bessineton C., Duhamel S., Duval P., Simon S., 1994. Suivi halieutique des environs du pont de Normandie. Cellule de suivi du littoral haut normand, 11 pp.+ annexes

Bessineton J., Morin J., Duval P., Fiant L., 1994. Synthèse des connaissances sur l'estuaire de la Seine. Partie 5-Pêche. IFREMER DRV DEL - Port Autonome du Havre, 151 pp + annexes.

Bessineton C., Simon S., 1996. Etude des populations de poissons et des réseaux trophiques dans l'estuaire de la Seine. Programme Seine Aval - rapport 1995 - Thème édifices biologiques, 76-84.

Bessineton C., Vedieu C., Simon S., 1997. Etude des nourriceries de la Baie de Seine orientale et de l'estuaire Seine - Tome II, Relations trophiques. Rapport de deuxième année d'étude - Convention d'aide à la recherche n°96/1212618/BMF, IFREMER/Préfecture de Région de Haute-Normandie/Port Autonome du Havre, 56 pp.

Birnie G.W.V., 1968. The food of the flounder *Platichthys flesus* in a tidal area of the Foveran Burn (a tributary of the river Ythan), Unpubl. B.; Sc.Thesis, Univ. D'Aberdeen, 82 pp.

Black K., 1996. An overview of the Humber estuary with particular reference to the mudflat environment of the North Sea. Proceedings of first workshop of the MAST-INTRMUD Program. Febr. 1996.

Boeuf G., Lasserre P., 1978. Aspects de la régulation osmotique chez la bar juvénile (*Dicentrarchus labrax*) en élevage et introduit dans les lagunes aménagées de certains bassins d'Arcachon (Gironde). In *Mécanismes et contrôle de la production biologique marine-systèmes. Clos artificiels, écosystèmes littoraux*. Colloque national "Ecotron" organisé par le CNEXO-Brest, 1978, 673-688. Paris: CNEXO

Boulineau-Coatanea F., 1969. Régime alimentaire du bar (*Dicentrarchus labrax*, Serranidae) sur la côte atlantique bretonne. Bull. Mus. Hist. Nat. sér. (2), 41, 5, 1106-1122.

Braber L., Degroot S.S., 1973. The food of five flat fish species (Pleuronectiformes) in the Southern North Sea. Neth. Journ. Sea Research, 6, 1-2, 163-172.

Bregnballe F., 1961. Plaices and flounders as consumers of the microscopic bottom fauna. Meddr. Kommn. Danm. Fish. Havundres. N.S., 3, 133-182

Chervinski J., 1975. Sea basses, *Dicentrarchus labrax* (Linne) and *D. Punctatus* (Bloch) (Pisces: Serranidae), a control fish in fresh water. Aquaculture, 6, 249-256.

- Chervinski J., Shapiro J., 1980. Additional experiments on the growth of juveniles and fingerlings of the European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Bamidgeh*, 32, 76-86.
- Chevalier C., 1980. Contribution à la biologie et à l'écologie des juvéniles de bars (*Dicentrarchus labrax*) dans une ria de Bretagne Nord (Baie de Morlaix). DEA Ecologie Ethologie, Rennes, 48 pp.
- Claridge P.N., Potter I.C., 1983. Movements, abundance, age composition and growth of bass, *Dicentrarchus labrax*, in the Severn estuary and inner Bristol channel. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 63, 871-879.
- Coggan R.A., Dando P.R., 1988. Movements of juvenile Dover sole, *Solea solea* (L.), in the Tamar Estuary, South-western England. *J. Fish. Biol.*, 33, (supplément A), 177-184.
- Collignon J. et Aloncle H., 1960. Le régime alimentaire de quelques poissons benthiques des côtes marocaines. *Bull. Inst. Marit. Maroc*, 5, 17-29.
- Costa M. J., 1988. Ecologie alimentaire des poissons de l'estuaire du Tage. *Cybium*, 12, 4, 301-320.
- Costanza R., Darge R., Degroot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., Oneill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., Vandenbelt M., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 6630, 253-260.
- Dando P.R., Demir N., 1985. On the spawning and nursery grounds of bass, *Dicentrarchus labrax*, in the Plymouth area. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 65, 159-168.
- De Groot S.J., 1971. On the interrelationships between morphology of the alimentary tract, food and feeding behaviour in flatfishes (Pisces: Pleuronectiformes). *Netherlands Journal of Sea Research*, 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. *Netherlands Journal of Sea Research*, 13, 117-153.
- Desaunay Y., Dorel D., Guerault D., Beillois P., Durand J.L., 1985. Variation de l'abondance des prérecrues de sole sur les nurseries du nord du golfe de Gascogne de 1979 à 1984. *ICES CM 1985/G42*, 17 p.
- Desprez M., 1981. Etude du macrozoobenthos intertidal de l'estuaire de la Seine. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences, Université de Rouen.
- Doornbos G., Twisk F., 1984. Density, growth and annual food consumption of plaice (*Pleuronectes platessa* L.) and flounder (*Platichthys flesus* L.) in lake Grevelingen, the Netherlands. *Neth. Journ. Sea Research*, 18, 3-4, 434-456.
- 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). *Netherlands Journal of Sea Research*, 27, 3/4, 297-306.
- Du Buit M.H., Merlinat F., 1987. Alimentation du merlan *Merlangius merlangus* L. en mer Celtique. *Rev. Trav. Inst. pêches marit.*, 49, 5-12.
- Duval P., 1982. Etude des nurseries littorales de l'estuaire de la Seine.

Groupement régional des pêches et cultures marines de base normandie. 17 quai de la Londe 14000 Caen marché 7 310 00 223 76 20, 108 p + annexes.

Edwards R., Steele J.H., 1968. The ecology of 0-group plaice and common dabs at loch Ewe. I - Population and food. J. exp. Mar. Biol. Ecol., 2, 215-238.

Elkaïm B., 1993. Les peuplements benthiques subtidaux en Seine Aval. Rapport Seine Aval, Thème Edifices biologiques. Avril 1996, 2-46.

Fincham A. A., 1970. Rhythmic behaviour of the intertidal amphipod *Bathyporeia pelagica*. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 50, 1057-1068.

Fincham A. A., 1971. Ecology and population studies of some intertidal and subtidal sand-dwelling amphipods. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 51, n°2, 1057-1068.

Fjosne K., Gjosaeter J., 1996. Dietary composition and the potential of food competition between 0-Group cod (*Gadus morhua* L.) and some other fish species in the littoral zone. ICES Journal of Marine science, 53, 757-770.

Gentil F., Cabioch L., 1997. Carte des peuplements macrobenthiques de la baie de Seine et manche Centrale sud

Gentil F., 1976. Distribution des peuplements benthiques en Baie de Seine. Thèse, université de Paris VI, 70 pp.

Gibson R.N., 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 R.N., 1994. Impact of habitat quality and quantity on the recruitment of juvenile flatfishes. Netherlands Journal of Sea Research, 32, 2, 191-206.

Goinard N., Marchand J., 1993. Bilan du rôle de nourricerie de l'estuaire de la Loire en juin 1993. Convention APEEL/ADERET n° 2201 AB du 1/5/93, 65 p.

Green J., 1968. The biology of estuarine animals. Sidwick et Jackson, London.

Guerault D., Dorel D., Desauvay Y., 1997. Cartographie des nourriceries littorales de poissons du golfe de Gascogne. Contrat, IFREMER DRV RH - Rapports scientifiques et techniques CNEXO 45-1981, .

Guérin-Ancey O., 1973. Contribution à l'Etude de la croissance des jeunes de *Dicentrarchus labrax* L. du golfe de Marseille. Cahiers de biologie marine, 14, 65-77.

Hamerlynck O., Hostens K., 1993. Growth, feeding, production and consumption in 0-group Bib (*Trisopterus luscus* L.) and whiting (*Merlangius merlangus* L.) in a shallow coastal area of the South-West Netherlands. ICES J. Mar. Sci., 50, 81-91.

Henderson P.A., Holmes R.H.A., 1991. On the population dynamics of dab, sole and flounder within Bridgwater bay in the lower Severn estuary, England. Neth. Journ. Sea Research, 27, 3-4, 337-344.

Hyslop E.J., 1980. Stomach content analysis-a review of methods and their application. J. Fish. Biol., 17, 411-429.

- Kelley D., 1986. Bass nurseries on the west coast of the U.K.. J. mar. biol. Ass. U.K., 66, 439-464.
- Kelley D.F., 1988. The importance of estuaries for sea-bass, *Dicentrarchus labrax* (L.). J. Fish. Biol., 33, Supplément A, 25-33.
- Kennedy M., Fitzmaurice P., 1972. The biology of the bass, *Dicentrarchus labrax*, in Irish waters. J.M.B.A.U.K., 52, .
- Kerstan M., 1991. The importance of rivers as nursery grounds for 0- and 1-group flounder (*Platichthys flesus* L.) in comparison to the Wadden sea. Netherlands Journal of Sea Research, 27, 3-4, 353-366.
- Kneib R.T., 1987. Predation risk and use of intertidal habitats by young fishes and shrimp.. Ecology, 68, 379-386.
- Koutsikopoulos C., Desaunay 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. Topics in marine biology, Ros, J.D. (Ed), Scient. mar.,, 53, 2-3, 567-575.
- Kuipers B, 1973. On the tidal migration of young plaice (*Pleuronectes platessa*) in the wadden sea. Neth J Sea res, 6, 3, 376-388.
- Kuipers B.R., 1977. On the ecology of juvenile plaice on a tidal flat in the Wadden sea. Netherlands Journal of Sea Research, 11, 1, 56-91.
- Kuipers B.R., Van der Veer H.W., Zijlstra J.J., 1986. Interaction between juvenile plaice (*Pleuronectes platessa*) and benthos in a tidal flat area. ICES C.M. 1986/L:3, .
- Kull M., 1973. Nehungsunterlagen en einigen im Elbe-Mundungsgebiet, .Arch. Fischereiwiss. 24, 141-149.
- Labarta J., 1976. Aportecion al estudio del regimen alimentario y competencia interespecifica de *Aspitrigla cuculus*, *Trisopterus luscus* y *Trisopterus minutus* de los cocostes de galicia; Inv. Pesq., 40, 341-354.
- Lagardère J.P., 1987. Feeding ecology and daily food consumption of common sole, *Solea vulgaris* Quensel, juveniles on the French Atlantic coast. J. Fish. Biol., 30, 91-104.
- Laniesz F., 1982. Etude des relations entre la pollution, la pêche et al biologie de la crevette grise, *Crangon crangon*, dans l'estuaire et en baie de seine, Rapport final. Groupement Régional des pêches et cultures marines.
- Leauté J.P., 1986. Approche du régime alimentaire des juvéniles de bars et de limandes en baie de Somme. Rev. Trav. Pêches marit., 48, 55-63.
- Lockwood S.J., 1974. The settlement, distribution and movements of 0-group plaice *Pleuronectes platessa* (L.) in Filey Bay, Yorkshire. J. Fish. Biol., 6, 465-477.
- Marchand J., Elie P., 1983. Le milieu vivant et l'environnement géographique et physiques de l'estuaire de la Loire. Tome IV. Contribution à l'étude des ressources benthodémersales de l'estuaire de la Loire: Biologie et écologie des principales espèces. Rapport du Comité Scientifique pour l'Environnement de l'Estuaire de la Loire, 4, 159 p.
- Marchand J., Masson G., 1989. Process of estuarine colonization by 0-

group sole (*Solea solea*): hydrological conditions, behaviour and feeding activity in the Vilaine estuary.. Rapport P.V. Réu. CIEM, 191, 287-295.

Masson G., 1987. Biologie et écologie d'un poisson plat amphihaline, le flet, (*Platichthys flesus* Linné, 1758) dans l'environnement ligérien: distribution, démographie, place au sein des réseaux trophiques. Thèse,

Mauvais J.L., 1995. Synthèse des connaissances sur l'estuaire de la Seine. IFREMER DRV DEL - Port autonome du Havre, 133 p.

McErlean A.J., O'Connor S.G., Mihursky J.A., Gibson C.I., 1973. Abundance, diversity and seasonal patterns of estuarine fish populations. Estuar. Coast Shelf Sci., I, 19-36.

Meadows P.S., 1964. Experiment on substrate selection by *Corophium* species: films and bacteria on sand particles. J. Exp. Biol., 41, 499-511.

Miller J.M., Reed J.P., Pietrafesa L.J., 1984. Patterns, mechanisms and approaches to the study of migrations of estuarine dependent fish larvae and juveniles. In : Mechanisms of migration in fishes (J.D. Mc Cleave et al, eds, plenum New York : , 209-225.

Moore J.W., Moore I.A., 1976. The basis of food selection in flounders *Platichthys flesus* (L.) in the Severn Estuary. J. Fish. Biol. G.B., 9, 2, 139-156.

Morgan, 1968, in Birnie, 1968.

Morin J., Riou.P., Bessineton, C., Simon S., 1996. Etude des nourriceries de la Baie de Seine orientale et de l'estuaire Seine. Rapport préliminaire au 30 juin 1996 - Convention d'aide à la recherche n°95/1212417/BMF, IFREMER/Préfecture de Région de Haute-Normandie/Port Autonome du Havre, 78 pp.

Morin J., Riou P., Bessineton C., Simon S., 1996. Etude des nourriceries de la baie de Seine orientale et de l'estuaire de la Seine. Rapport de première année d'étude, 30 septembre 1996 - Convention d'aide à la recherche n°95/1212417/BMF, IFREMER/Préfecture de Région de Haute-Normandie/Port Autonome du Havre, 145 pp

Morin J., Riou.P., 1997. Etude des nourriceries de la Baie de Seine orientale et de l'estuaire Seine. Comparaison avec les résultats acquis en baie de Seine en 1981 et en baie de Somme en 1995 et 1996. Rapport intermédiaire de deuxième année d'étude - Convention d'aide à la recherche n°96/1212618/BMF, IFREMER/Préfecture de Région de Haute-Normandie/Port Autonome du Havre, 112 pp + annexes

Mouny P., Zouhiri S., Dauvin J.C., 1997. Les communautés mésozooplanctonique et suprabenthique de l'estuaire de la Seine. Rapport Seine Aval. Thème Edifices biologiques. Avril 1997, 62-98.

Mulicki W., 1947. The food and the feeding habits of the flounder *Pleuronectes flesus* in the gulf of Gdansk. Arch. Hydrobiol. Ryb., 13, 221-259.

Olivier M., 1949. Contribution de la biometria biologica de la faneca *Gadus luscus* L.. Bol. Del Inst. Esp. Oceanogr., 15, 1-12.

Poxton M.G., Eleftheriou A., McIntyre A.D., 1982. The population dynamics of 0-group flatfish on nursery grounds in the Clyde sea area. Estuar. Coast Shelf Sci., 14, 265-282.

- Quiniou L, 1978. Les poissons démersaux de la baie de Douarnenez. Alimentation et écologie. Université de Bretagne Occidentale, 210 pp.
- Quiniou L, 1986. Les peuplements de poissons démersaux de la pointe de Bretagne. Université de Bretagne Occidentale, 350 pp.
- Rijndorp A.D., Van Beek F.A., Flatman S., Millner R.M., Riley J.D., Giret M., De Clerck R., 1992. Recruitment of sole stocks, *solea solea* (L.), in the northeast atlantic. *Net. J. Sea Res.*, 29, 1-3, 173-192.
- Riley, J.D., Symonds, D.J., Woolner, L., 1981. On the factors influencing the distribution of 0-group demersal fish in coastal waters. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer*, 178, 223-228.
- Riou P., 1994. Analyse descriptive et dynamique de onze années d'échantillonnage halieutique en baie de Somme. Caractérisation d'une nourricerie côtière. Rapport de DESS Informatique appliqué aux Sciences de la Vie. IFREMER DRV RH Port en Bessin., 68 p.
- Riou.P., Morin J., Lemoine M., 1997. Etude des nourriceries de la Baie de Seine orientale et de l'estuaire Seine - Tome I, Richesse biologique et halieutique. *Rapport de deuxième année d'étude, 31 juillet 1997 - Convention d'aide à la recherche n°96/1212618/BMF, IFREMER/Préfecture de Région de Haute-Normandie/Port Autonome du Havre*
- Robin J.P., Marchand J., 1986. Preliminary observations on the feeding activity of fishes during tidal and diel cycles in the Loire Estuary : the bib *Trisopterus luscus* L.1758. *Mar. Ecol.*, 7, 2, 181-189.
- Robineau B., 1986. Dynamique des populations macrozoobenthiques de l'estuaire de la Loire. Thèse, Université de Bretagne Occidentale, 328 pp.
- Rogers S.I., 1989. The ecology of juvenile dover sole *Solea solea* L. : a review of the literature. *Progress in Underwater Science*, 14, 53-66.
- Rogers, S.I., 1992. Environmental factors affecting the distribution of sole (*Solea solea*(L.)) within a nursery area. *Netherlands Journal of Sea Research*, 29, 1-3, 153-161.
- Rosecchi Elisabeth, Nouaze Yvon, 1987. Comparaison de cinq indices alimentaires utilisés dans l'analyse des contenus stomacaux. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, 49, 11-123.
- Summers R.W., 1980. The diet and feeding behaviour of the flounder *Platichthys flesus* (L.) in the Ythan Estuary, Aberdeenshire, Scotland. *Estuar. Coast. Mar. Sci.*, 11, 217-232.
- Sylvand B., 1995. La baie des Veys (Littoral occidental de la baie de Seine, Manche) 1972-1993. Structure et évolution à long terme d'un écosystème benthique intertidal de substrat meuble sous influence estuarienne. Thèse de doctorat d'Etat, Université de Caen.
- Symes D., Phillipson J, 1997. Inshore fisheries management in the UK : Sea fisheries committees and the challenge of marine environmental management. *Mar. Policy*, 21, 3, 207-225.
- Symonds D.J., Rogers S.I., 1995. The influence of spawning and nursery grounds on the distribution of sole *Solea solea* (L.) in the Irish sea, Bristol channel adjacent areas. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 190, 2, 243-261.

Thiebaut E., 1994. Dynamique du recrutement et dispersion larvaire de deux annélides polychètes *Owenia fusiformis* et *Pectinaria koreni* en régime mégatidal (Baie de Seine orientale, Manche). Thèse, Université de Paris VI, 151 pp.

Thiel R., Mehner T., Köpcke B., Kafeman R., 1996. Diet niche relationships among early life history stages of fish in German estuaries. Mar. Freshwater Res., 47, 123-136.

Thiel R. et al., 1997. Spatial gradients of food consumption and production of dominant fish species in the Elbe estuary, Germany. ICES Statutory Meeting 1997, CM 1997 / S:04, 23pp.

Walsh S.J., 1996. Life history and ecology of long rough dab *Hippoglossoides platessoides* (F) in the Barents Sea. J. Sea Res., 36, 3/4, 285-310.

Wheeler A., 1978. Key to the fishes of Northern Europe. Published by Frederick Warne (Publishers) Ltd, London.

Zander C.D., 1982. Feeding ecology of littoral gobiid and blennoid fish of the Banyuls area. I-Main food and trophic dimension of niche and ecotope. Vie et milieu, 32, 1-10.

Zijlstra J.J., 1982. Coastal nurseries: their importance for the North Sea fish stocks. Atlantica, 5, 2, p132.