

MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
Laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins et Malacologie

THESE

pour l'obtention du grade de Docteur
du
Muséum National d'Histoire Naturelle

Discipline : Environnement marin

présentée et soutenue publiquement par

Pascal MOUNY

le 21 décembre 1998

Titre :

**Structure spatio-temporelle du zooplancton et du suprabenthos
de l'estuaire de la Seine. Dynamique et rôle des principales
espèces dans la chaîne trophique pélagique**

Directeur de thèse : DAUVIN Jean-Claude

JURY

M. DOUMENC D., Président
M. DODSON J., Rapporteur
M. MEES J., Rapporteur
M. ROMANA L.A., Examineur
M. SAUTOUR B., Examineur

Volume I

MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
Laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins et Malacologie

THESE

pour l'obtention du grade de Docteur
du
Muséum National d'Histoire Naturelle

Discipline : Environnement marin

présentée et soutenue publiquement par

Pascal MOUNY

le 21 décembre 1998

Titre :

**Structure spatio-temporelle du zooplancton et du suprabenthos
de l'estuaire de la Seine. Dynamique et rôle des principales
espèces dans la chaîne trophique pélagique**

Directeur de thèse : DAUVIN Jean-Claude

JURY

M. DOUMENC D., Président
M. DODSON J., Rapporteur
M. MEES J., Rapporteur
M. ROMANA L.A., Examineur
M. SAUTOUR B., Examineur

Volume I

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à témoigner ma profonde reconnaissance à M. le Professeur Jean-Claude DAUVIN qui a guidé cette recherche en me consacrant une grande partie de son temps et m'a fait bénéficier de son expérience et de sa rigueur scientifique. Qu'il soit, ici, remercié pour la confiance qu'il m'a accordé et pour les efforts entrepris afin que je puisse réaliser ce travail dans les conditions les meilleurs.

Mes remerciements vont aussi à M. le Professeur Dominique DOUMENC, directeur du laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins et Malacologie, qui me fait l'honneur de participer à ce jury et qui m'a accueilli dans son laboratoire. Qu'il en soit remercié.

Ma reconnaissance va au Professeur Julian DODSON et au Docteur. Jan MEES qui ont accepté la lourde et très délicate tâche d'être rapporteurs de ce travail. Qu'ils en soient remerciés vivement.

Je remercie très respectueusement Mr. Louis-Alexandre ROMANA et Mr. Benoît SAUTOUR d'avoir accepté d'être examinateurs dans ce jury. Je leurs adresse toute ma gratitude.

Mes remerciements les plus vifs vont aux équipages des N.O. « Côte de Normandie », N.O. « Côte d'Aquitaine » et N.O. « Côte de la Manche » pour leur aide précieuse lors des nombreuses campagnes à la mer.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à Rémi, Carole, Eric, Vincent, Guy T., Dominique, Nicole, Marie-Noëlle, Guy B. et toutes les autres personnes qui n'ont pas été citées non par manque de sympathie mais par soucis de concision.

Enfin, je dédie cette thèse à ma femme Carole qui a supporté avec diplomatie mes humeurs changeantes au cours de ces trois années et que je remercie pour son soutien sans lequel je n'aurai pu arriver à mon but. Je dédie également ce travail à mon fils Pierre-Antoine, le petit rayon de soleil qui a éclairé ma vie le 25 avril 1997, qui m'a beaucoup aidé dans le classement de mes dossiers et le rangement de mon bureau. Qu'ils sachent tout l'amour que je leur porte.

Cette étude a bénéficié d'un soutien financier dans le cadre du programme scientifique Seine Aval coordonné par l'Etat, la Région Haute-Normandie, les régions du Bassin Parisien, l'Agence de l'Eau Seine Normandie et par les industriels Hauts-Normands.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : Matériel et Méthodes.....	7
I.1. Les engins de prélèvement.....	8
<i>I.1.A. Le plancton.....</i>	<i>8</i>
<i>I.1.A.1. Filets WP2.....</i>	<i>8</i>
<i>I.1.A.2. Bouteille Niskin.....</i>	<i>8</i>
<i>I.1.B. Le traîneau suprabenthique.....</i>	<i>9</i>
I.2. Mesure des paramètres physico-chimiques.....	10
<i>I.2.A. Salinité - Température.....</i>	<i>10</i>
<i>I.2.B. Turbidité (M.E.S.).....</i>	<i>10</i>
<i>I.2.C. Oxygène dissous.....</i>	<i>11</i>
I.3. Echantillonnage.....	11
<i>I.3.A. Campagnes à la mer.....</i>	<i>11</i>
<i>I.3.A.1. Localisation des stations d'étude.....</i>	<i>12</i>
<i>I.3.A.2. Stratégie d'échantillonnage.....</i>	<i>13</i>
<i>I.3.B. Traitement des échantillons.....</i>	<i>13</i>
<i>I.3.B.1. Prélèvements planctoniques.....</i>	<i>13</i>
<i>I.3.B.2. Prélèvements suprabenthiques.....</i>	<i>14</i>
<i>I.3.B.3. Structure de taille – biomasse du suprabenthos.....</i>	<i>15</i>
<i>I.3.B.4. Contenus stomacaux.....</i>	<i>16</i>
I.4. Traitement des données.....	17
<i>I.4.A. Diversité : Indice de Shannon-Wiener.....</i>	<i>17</i>
<i>I.4.B. Traitements statistiques.....</i>	<i>18</i>
<i>I.4.B.1. Tests statistiques.....</i>	<i>18</i>
<i>I.4.B.2. Analyses factorielles des Correspondances, Analyses Canoniques des Correspondances.....</i>	<i>18</i>
<i>I.4.C. Calcul des taux de production.....</i>	<i>19</i>
CHAPITRE II : L'estuaire , un écosystème particulier.....	22
II.1. Rappel.....	23

II.2. L'estuaire de la Seine : présentation du site.....	27
II.2.A. Cadre géographique et géologique.....	27
II.2.B. Les aménagements.....	28
II.2.C. Processus hydrodynamiques.....	29
II.2.C.1. L'intrusion saline.....	29
II.2.C.2. La propagation de marée.....	30
II.2.D. La couverture sédimentaire.....	31
II.2.E. Les structures turbides (bouchon vaseux).....	32
II.2.E.1. Comportement du bouchon vaseux.....	32
II.2.E.2. Evolution pluriannuelle du bouchon vaseux.....	35
II.2.E.3. Situation actuelle du bouchon vaseux.....	35
II.2.F. Les polluants.....	36
II.2.F.1. Les polluants organiques.....	36
II.2.F.2. Les polluants métalliques.....	36
II.3. Les campagnes SEAV Pk : conditions environnementales.....	37
II.3.A. Campagnes février et septembre 1995.....	37
II.3.B. Campagnes 1996.....	38
II.3.D. Campagnes 1997.....	42
II.3.E. Campagnes 1998.....	44
 CHAPITRE III : Evolution spatio-temporelle de la communauté mésozooplanctonique de l'estuaire de la Seine.....	 45
III.1. Caractéristiques générales de la communauté.....	47
III.1.A. Composition faunistique.....	47
III.1.B. Composition quantitative de la communauté mésozooplanctonique.....	49
III.2. Evolution de la communauté mésozooplanctonique de l'estuaire de la Seine.....	50
III.2.A. Variations journalières.....	50
III.2.A.1. Campagne SEAV Pk03, février 1995.....	50
III.2.A.2. Campagne SEAV Pk04, septembre 1995.....	55
III.2.B. Evolution mensuelle.....	62
III.2.B.1. Structure spatio-temporelle de la communauté.....	62
III.2.B.2. Evolution des paramètres démographiques.....	66
III.2.B.3. Evolution annuelle de la communauté mésozooplanctonique.....	71

III.2.B.3.a. Evolution annuelle de la composition quantitative.....	71
III.2.B.3.b. Evolution annuelle des abondances.....	72
III.2.C. Evolution pluriannuelle.....	78
III.3. Structure de la communauté mésozooplanctonique - Relation avec les paramètres environnementaux.....	81
III.3.A. Structure de la communauté.....	81
III.3.B. Relations paramètres environnementaux et structure de la population.....	87
Conclusion.....	90
CHAPITRE IV : Evolution spatio-temporelle du copépode majoritaire de l'estuaire de la Seine : <i>Eurytemora affinis</i> (Copépode, Calanoïde).....	93
IV.1. Statut de l'espèce.....	95
IV.2. Techniques d'échantillonnage : validité des résultats.....	96
IV.3. Analyse biométrique du copépode <i>Eurytemora affinis</i>.....	99
IV.3.A. Relation taille/stade.....	100
IV.3.B. Relation taille/poids et stades/poids.....	101
IV.4. Structure spatiale de la population d'<i>Eurytemora affinis</i>.....	103
IV.4.A. Répartition longitudinale - Influence des paramètres du milieu sur la distribution d' <i>Eurytemora affinis</i>	103
IV.4.A.1. Répartition en fonction du gradient de Salinité.....	103
IV.4.A.2. Répartition en fonction des Matières En Suspension (M.E.S.).....	107
IV.4.A.3. Répartition en fonction de l'Oxygène dissous.....	112
IV.4.B. Répartition transversale et verticale de la population d' <i>Eurytemora affinis</i>	114
IV.4.B.1. Répartition transversale.....	114
IV.4.B.2. Répartition verticale.....	117
IV.5. Evolution journalière de la population d'<i>Eurytemora affinis</i>.....	122
IV.5.A. Campagne SEAV Pk03, février 1995 et SEAV Pk05, septembre 1995.....	122
IV.5.B. Campagnes SEAV Pk20, avril 1997 et SEAV Pk24, mai 1997.....	126
IV.6. Evolution annuelle de la population d'<i>Eurytemora affinis</i>.....	128
IV.7. Evolution spatio-temporelle de la population d'<i>Eurytemora affinis</i> au cours de la période printanière.....	130
IV.8. Dynamique du copépode <i>Eurytemora affinis</i>.....	136
IV.9. Evolution pluriannuelle de la population d'<i>Eurytemora affinis</i>.....	138

IV.10. Production secondaire du copépode <i>Eurytemora affinis</i>	140
Conclusion	142

CHAPITRE V : Evolution spatio-temporelle de la communauté suprabenthique de l'estuaire de la Seine.....144

V.1. Caractéristiques générales de la communauté.....	146
V.1.A. Composition qualitative.....	146
V.1.B. Composition quantitative.....	147
V.2. Evolution de la communauté suprabenthique de l'estuaire de la Seine.....	149
V.2.A. Variations journalières : exemple de la campagne de septembre 1995.....	149
V.2.B. Evolution mensuelle.....	157
V.2.B.1. Evolution des paramètres démographiques.....	157
V.2.B.2. Evolution annuelle de la communauté.....	161
V.2.B.2.a. Structure spatio-temporelle de la communauté.....	161
V.2.B.2.b. Evolution annuelle de la composition quantitative.....	164
V.2.B.2.c. Evolution annuelle des abondances.....	165
V.2.C. Evolution pluriannuelle.....	169
V.3. Structure de la communauté suprabenthique et relation avec les paramètres environnementaux.....	170
V.3.A. Structure de la communauté.....	170
V.3.B. Relation paramètres environnementaux et structure de la communauté.....	172
V.3.B.1. Analyse canonique.....	173
V.3.B.2. Salinité de fond.....	175
V.3.B.3. Turbidité de fond.....	176
V.3.B.4. Oxygène dissous de fond.....	177
V.4. Dynamique des principales espèces suprabenthiques.....	179
V.4.A. Le mysidacé <i>Neomysis integer</i>	179
V.4.B. Les gobiidés <i>Pomatoschistus minutus</i> et <i>P. microps</i>	184
V.4.C. Le décapode <i>Palaemon longirostris</i>	188
Conclusion.....	191

CHAPITRE VI : Le réseau trophique de l'estuaire de la Seine.....194

VI.1. Régime alimentaire des gobiidés <i>Pomatoschistus microps</i> et <i>P. minutus</i>	196
--	-----

VI.1.A. Variation journalière du régime alimentaire.....	196
VI.1.B. Variation annuelle et avec la taille du régime alimentaire.....	199
VI.2. Régime alimentaire du décapode <i>Palaemon longirostris</i>	204
VI.3. Réseau trophique de l'estuaire de la Seine en zone oligohaline.....	209
Conclusion générale.....	213
Références bibliographiques.....	225

INTRODUCTION

Les estuaires sont depuis toujours des zones privilégiées pour les activités humaines. En effet, ces zones de transition entre les eaux continentales et les eaux marines en font des lieux favorables au développement de l'activité économique. A ce titre, les estuaires ont souvent fait l'objet de nombreux aménagements (aménagements portuaires et complexes industriels, chenalisation) plus ou moins importants afin de favoriser l'implantation de l'activité industrielle aussi bien au niveau de l'embouchure de l'estuaire que dans la zone fluviale.

Les estuaires sont également des lieux d'un grand intérêt biologique dans lesquels les interactions physiques, chimiques et biologiques en font des systèmes les plus actifs de tous les milieux naturels qui conduisent de nombreuses espèces de crustacés ou de poissons à y présenter une écophase plus ou moins longue au cours de leur cycle de vie. Cet intérêt des systèmes estuariens par les espèces marines notamment est liée à la présence de fortes populations zooplanctoniques, maillons essentiels dans la chaîne trophique entre la production primaire et secondaire, qui font des estuaires des zones de nurserie idéale pour le développement des larves et des juvéniles de crustacés et de poissons. Ainsi, les différentes espèces de l'écosystème estuarien pélagique ont développé des stratégies pour migrer ou demeurer dans ces milieux favorables à leur croissance et/ou leur reproduction. D'autre part, les estuaires sont des lieux de passage d'importantes quantités de matière organique d'origine continentale et océanique transitant dans l'estuaire de l'amont vers l'aval ou de l'aval vers l'amont en fonction des rythmes tidaux et des fluctuations saisonnières des débits fluviaux. Un des phénomènes essentiel engendré par l'interaction de la dynamique du fleuve (débit) et celle

de la dynamique de la marée, notamment dans les mers à fort marnage comme la Manche (système mégatidal), est la formation d'une zone de turbidité maximale ou bouchon vaseux (zone de concentration de particules fines : argiles et vases, de matière organique en suspension et de détritus).

La Seine est le seul grand fleuve se jetant dans la Manche qui permet de surcroît aux complexes industriels de la région rouennaise d'avoir une connexion directe avec les réseaux maritimes de la Manche et de l'Atlantique. Pour ce faire, de nombreux aménagements ont été réalisés dont une chenalisation importante de l'estuaire et d'une partie du fleuve. Toutes ces activités anthropiques ont modifié l'écosystème estuarien de la Seine tant au niveau physique que biologique. Le rôle prépondérant de l'estuaire sur l'économie régionale et sur la production biologique estuarienne et marine ainsi que la fragilité de cet écosystème face aux perturbations créées par l'homme ont amené la mise en place en 1993 d'un programme scientifique pluridisciplinaire, coordonné par différents partenaires régionaux dont l'agence de l'eau Seine Normandie et la région Haute Normandie, sur l'étude de l'estuaire de la Seine qui à l'instar des autres grands estuaires français de la façade atlantique n'avait fait l'objet, auparavant, d'aucune recherche dans le cadre d'un grand programme d'étude. Seules quelques études dans le cadre du Schéma d'Aptitude à l'Utilisation de la Mer (SAUM, 1980), des travaux sur le bouchon de turbidité (Avoine, 1981) et quelques observations sur le zooplancton de la baie de Seine (Seguin, 1976) étaient disponibles.

Ainsi, le programme Seine-Aval à caractère scientifique a été mis en place avec l'objectif principal de « fournir les connaissances nécessaires à la compréhension du fonctionnement de l'écosystème estuarien et développer des outils nécessaires aux prises de décision des acteurs locaux dans l'optique d'une restauration de la qualité des eaux de la Seine et de préservation des milieux naturels de la vallée ». Dans ce but, plus de vingt cinq

laboratoires, de disciplines diverses et complémentaires (physique, chimie, biologie) se sont regroupés dans ce programme. Le programme Seine-Aval s'est attaché, dès le début, à étudier les perturbations de l'écosystème par les modifications des cycles naturels (matière organique vivante et détritique, oxygène dissous...) et par la contamination chimique, perturbations qui sont à l'origine du principal problème de l'estuaire de la Seine : une mauvaise qualité des eaux caractérisée notamment par un déficit chronique en oxygène principalement dans la partie amont de l'estuaire. Pour étudier les différentes composante de l'écosystème estuarien de la Seine, le programme Seine-Aval s'est organisé en quatre thèmes principaux : Hydrodynamique et transport sédimentaire, Microbiologie et oxygénation, Chimie des contaminants et Edifices biologiques. Un thème central, thème Modélisation mathématique, fait le lien entre les quatre thèmes précédemment cités.

Mon travail de recherche s'insère dans le thème Edifices biologiques dont les principaux objectifs sont : 1- Etude de la structure de la communauté estuarienne ; 2- Etablissement et modélisation du fonctionnement de réseaux trophiques simples et 3- Etude des transferts des contaminants dans deux chaînes trophiques simples dont une pélagique et une benthique.

Dans ce travail de recherche, deux communautés estuariennes ont fait l'objet d'études approfondies : 1- **le mésozooplancton** (zooplancton de taille supérieure à 200µm) représenté par les formes planctoniques comme les copépodes, les cladocères et les larves de crustacés dont la taille des individus est supérieure à 200 microns et 2- **le suprabenthos** qui est le compartiment faunistique localisé dans la couche d'eau immédiatement au dessus du fond et dont l'échantillonnage par un traîneau s'avère satisfaisant (par rapport à l'échantillonnage par benne ou drague). Ce suprabenthos permanent inclus tous les animaux de petite taille possédant de bonnes capacités natatoires, liés au fond et effectuant des migrations verticales

journalières ou saisonnières pendant des périodes et à des distances variables du fond (Brunel *et al.*, 1978). Ces animaux sont essentiellement les amphipodes, les mysidacés, les décapodes, les cumacés, les isopodes et les poissons adultes de la famille des gobiidés. D'autre part, dans un but de comparaison et de meilleure compréhension et présentation des résultats, la zonation définie par le système de Venice (1958) a été appliquée à l'estuaire de la Seine. Cette zonation, basée sur un découpage longitudinal de l'estuaire en fonction des isohalines de surface des différentes masses d'eau, décrit quatre zones successives de la mer jusqu'aux eaux douces du fleuve : 1- **Zone euryhaline** : salinités de surface supérieures à 30,0 P.S.U. (Practical Salinity Unit) ; 2- **Zone polyhaline** : salinités de surface comprises entre 30,0 et 18,0 P.S.U. ; 3- **Zone mésohaline** : salinités de surfaces comprises entre 18,0 et 5,0 P.S.U. et 4- **Zone oligohaline** dont les salinités de surfaces sont inférieures à 5,0 P.S.U. En estuaire de Seine, dans la partie principale étudiée dans ce travail, les zones mésohalines et oligohalines sont prépondérantes.

Les objectifs de ce mémoire sont en premier lieu de fournir un inventaire de la faune mésozooplanctonique et démersale de l'estuaire de la Seine dans la zone soumise à la pénétration des eaux marines c'est à dire la partie communément appelée estuaire salé ; ces communautés n'ayant fait l'objet auparavant d'aucune étude complète. L'étude spatio-temporelle de ces communautés mésozooplanctoniques et suprabenthiques de l'estuaire de la Seine a été réalisée d'une part en s'intéressant à leurs évolutions journalière, annuelle et pluriannuelle afin de montrer s'il existe, pour ces communautés, des rythmes nycthéméraux et/ou tidaux, des cycles annuels d'évolution dans l'estuaire et enfin des rythmes pluriannuels des communautés ainsi que des principales espèces les composant. Il sera également étudié, dans ce travail, le couplage qu'il peut exister entre les deux communautés et les paramètres du milieu ; il sera ainsi présenté les relations entre les répartitions des principales espèces

suprabenthiques et zooplanctoniques et les facteurs environnementaux majeurs dans l'estuaire de la Seine que sont le gradient de salinité, la turbidité et la concentration en oxygène dissous. Le troisième objectif est d'étudier la dynamique des principales espèces suprabenthiques (le mysidacé *Neomysis integer*, le décapode *Palaemon longirostris* et les gobiidés *Pomatoschistus microps* et *P. minutus*) d'une part et d'autre part la dynamique du copépode majoritaire dans la communauté mésozooplanctonique de l'estuaire de la Seine *Eurytemora affinis*. De plus, des estimations des productions annuelles de ces différentes espèces sont également présentées dans ce travail. Enfin, le dernier des objectifs de ce mémoire est de fournir les premiers éléments sur le régime alimentaire des principales espèces suprabenthiques dans le but de mettre en place un réseau trophique qui servira de support aux autres laboratoires du thème Edifices biologiques pour étudier les contaminations en métaux et PCB notamment et de suivre ces contaminants au sein de la chaîne trophique.

Ce mémoire se compose de six parties exposant les résultats obtenus afin de répondre aux objectifs cités ci-dessus.

Le chapitre I fournit la localisation des stations étudiées, les différentes techniques d'échantillonnage utilisées pour appréhender les deux communautés et répondre aux questions posées, le dépouillement et le traitement des données.

Le chapitre II rappelle les principales spécificités des écosystèmes estuariens et présente l'estuaire de la Seine ainsi que les principaux acquis sur cet écosystème en terme d'hydrosédimentologie et de dynamique des contaminants notamment.

Les chapitres III et IV exposent les résultats obtenus sur la communauté mésozooplanctonique, le chapitre IV étant consacré spécifiquement au copépode *Eurytemora affinis*.

Le chapitre V présente les différentes études effectuées sur la communauté suprabenthique de l'estuaire de la Seine ainsi que les résultats acquis sur la dynamique des principales espèces étudiées (*Neomysis integer*, *Palaemon longirostris*, *Pomatoschistus microps* et *P. minutus*).

Le dernier chapitre (chapitre VI) fournit les résultats obtenus sur les régimes alimentaires des crevettes *Palaemon longirostris* et des gobiidés *Pomatoschistus microps* et *P. minutus*. Ceux-ci, complétés par les études sur les régimes alimentaires des *Palaemon longirostris* et sur le copépode *Eurytemora affinis* effectuées par le laboratoire ELICO (Université de Lille I et Université du Littoral), par des techniques biochimiques, ont permis de mettre en place un réseau trophique pélagique de la zone oligohaline de l'estuaire de la Seine.

Chapitre I

Matériel et Méthodes

I.1. Les engins de prélèvement

I.1.A. Le plancton

Plusieurs techniques de prélèvements ont été utilisées lors des différentes campagnes pour échantillonner au mieux la communauté mésozooplanctonique. Les filets WP2 de vide de maille de 200 μm n'ont permis de prélever que les stades âgés de la communauté. L'utilisation de bouteilles Niskin a permis de compléter ces prélèvements par échantillonnage de tous les stades planctoniques dans le but de réaliser une étude précise de la dynamique du copépode majoritaire de l'estuaire de la Seine *Eurytemora affinis*.

I.1.A.1. Filets WP2

Des traits horizontaux (sub-surface, trait de 2 minutes) et obliques (du fond jusqu'en surface) ont été faits contre le courant, à une vitesse maximale de 2 noeuds, afin d'avoir une estimation des densités et des biomasses des espèces mésozooplanctoniques. Les filets sont équipés en leur centre d'un débitmètre de type TSK permettant, après conversion, de donner le volume d'eau filtrée.

Equation de conversion :

$$V = Nt \cdot S \cdot \alpha$$

V : Volume filtré en m^3

Nt : Nombre de tours du volucompteur

S : Surface d'ouverture du filet : 0,285 m^2

α : Coefficient de conversion donné par le constructeur (0,150)

I.1.A.2. Bouteille Niskin

Afin d'échantillonner tous les stades planctoniques (nauplii + copépodites 1 à 5 + adultes) du copépode *Eurytemora affinis* et afin de conserver intact les sacs ovigères des

femelles, des prélèvements ont été effectués à l'aide de bouteilles Niskin de 30 litres de capacité. Ainsi, 90 litres d'eau ont été prélevés en surface puis filtrés sur un tamis de maille de 63 µm à chaque station d'échantillonnage.

I.1.B. Le traîneau suprabenthique

La faune suprabenthique de l'estuaire a été échantillonnée grâce au traîneau Macer-GIROQ modifié (Dauvin & Lorgeré, 1989 ; Dauvin *et al.*, 1994, 1995) à partir du modèle québécois (Brunel *et al.*, 1978). Ce traîneau en acier inoxydable et d'un poids d'environ 300 kg possède les dimensions suivantes (Figure I.1.) : longueur : 4,20 m ; largeur : 1,14 m ; hauteur : 1,51 m.

Il est composé de deux parties : la partie antérieure (P.A.) et la partie postérieure (P.P.).

La partie antérieure, corps principal du traîneau, est équipée de quatre boîtes de 0,18 m² de surface d'ouverture et où sont fixés quatre filets WP2 de 500 µm de vide de maille (filet 1 à 4 : F1 à F4). Cette disposition étagée des filets permet d'échantillonner simultanément la colonne d'eau au dessus du fond sur quatre niveaux différents : 0,10-0,40 m (F1) ; 0,45-0,75 m (F2) ; 0,80-1,10 m (F3) et 1,15-1,45 m (F4).

Chaque boîte est équipée en son centre d'un volucompteur de type TSK qui, après conversion (voir équation de conversion ci-dessous), permet de connaître le volume d'eau filtré par chaque filet.

Equation de conversion :

$$V = Nt \cdot S \cdot \alpha$$

V : Volume filtré en m³

Nt : Nombre de tours du volucompteur

S : Surface d'ouverture du filet : 0,18 m²

α : Coefficient de conversion donné par le constructeur (0,150)

Cette partie antérieure est également équipée de deux patins sur lesquels glisse le traîneau sur le fond ainsi que deux stabilisateurs latéraux pour diminuer les risques de renversement de l'engin. Un système d'ouverture/fermeture commandé par un levier central (fixé sous le traîneau) permet l'ouverture des volets au contact du fond et leur fermeture pendant la remontée de l'appareil, ce dispositif évitant alors toute contamination des prélèvements par la faune pélagique.

La partie postérieure, démontable, est constituée d'un support pour les quatre filets et pour leurs collecteurs terminaux.

Tous les prélèvements de la faune suprabenthique ont été réalisés contre le courant pendant 5 minutes à une vitesse maximale de 2 nœuds.

I.2. Mesure des paramètres physico-chimiques

I.2.A. Salinité - Température

La salinité en P.S.U. (Practical Salinity Unit) et la température en °C ont été mesurées, à chaque station d'échantillonnage, en surface et au fond grâce à un thermo-salinomètre "Model 5005 ABB Kent-Taylor". N.B. : lors des campagnes réalisées en 1994 et 1995, seules les températures de surface ont été mesurées.

I.2.B. Turbidité (M.E.S.)

La turbidité, exprimée en quantité de Matières En Suspension (M.E.S.), a été mesurée à chaque station en surface et au fond. Les échantillons d'eau prélevés par bouteille Niskin 5 litres ont été filtrés sur papier Whatman GFC (40µm). Les filtres après pesées permettent de quantifier les M.E.S., ramenées ensuite à une concentration par litre d'eau (mg.l⁻¹ ou g.l⁻¹).

Ces mesures ont été faites soit par le laboratoire d'hydrosédimentologie de l'Université de Rouen (1993-1995) ou par mes soins (1996 et 1997).

I.2.C. Oxygène dissous

L'oxygène dissous, exprimé en mg.l^{-1} , a été mesuré grâce à un oxymètre YSI 52. Cette mesure, faite à chaque station en surface et au fond, s'est pratiquée directement dans les bouteilles de prélèvement d'eau par immersion de la sonde afin d'éviter les problèmes de mesure. Lors de certaines campagnes, une sonde C.T.D., type Sea-Bird 19, a permis d'enregistrer des profils verticaux de différents paramètres physico-chimiques (Salinité et Température). D'autre part, une sonde multiparamétrique SOLOMAT (WP803), mesurant simultanément la salinité, la turbidité et l'oxygène dissous, a également été utilisée lors de plusieurs campagnes.

I.3. Echantillonnage

I.3.A. Campagnes à la mer

Ce travail de recherche m'a conduit, au cours de ces trois années de thèse, à embarquer 68 jours à bord des différents bateaux océanographiques de l'I.N.S.U. :

- N.O. Sépia
- N.O. Côte de Normandie
- N.O. Côte d'Aquitaine
- N.O. Côtes de la Manche

Chaque campagne est désignée par un sigle SEAV pk (SEine-AVal plankton) suivi du numéro de la campagne (la campagne 1 correspond à la campagne de novembre 1993 effectuée lors du pré-programme Seine Aval). Les prélèvements de plancton et de suprabenthos sont identifiés par un sigle SAPS/O (Seine Aval Plankton Surface/Oblique) et SAT (Seine Aval Traîneau), respectivement pour le mésozooplancton et le suprabenthos, suivis par le numéro du prélèvement (le prélèvement 1 ayant été réalisé au cours de la campagne SEAV pk1 de novembre 1993 (Wang & Dauvin, 1994)).

I.3.A.1. Localisation des stations d'étude

Les stations d'échantillonnage s'échelonnent des eaux marines de la baie jusqu'aux eaux douces du fleuve. Pour les campagnes 2 à 16 (1994, 1995 et 1997), les positions des stations ont été choisies en fonction de la salinité en respectant des prélèvements approximativement dans les zones de salinité suivante : 20 - 15 - 10 - 5 - 2 - 0 (cf Annexes). La station la plus en aval se localise en baie de Seine (février 1995 : 49°27'290N/0°05'850W), la station la plus amont est située dans la partie fluviale de la Seine (49°26'318N/0°38'077E).

Lors des campagnes de 1997 et 1998, des stations d'échantillonnage ont été fixées sans tenir compte de la salinité. Ainsi les prélèvements ont été effectués, en 1997, au niveau de quatre stations : Bouée 20 (49°25'950N/0°13'680E), Bouée 26 (Pont de Normandie ; 49°26'/0°18'E), Bouée 32 (49°26'600N/0°23'700E) et station PT (Pont de Tancarville ; 49°28'300N/0°26'650E). Le tableau I.I. récapitule les différentes campagnes réalisées depuis 1994 ainsi que le type d'échantillonnage effectué.

Les cycles de 24 heures ont été faits en amont du Pont de Normandie soit à la bouée 26 ou la bouée 32 (Figure I.2.).

Les noms, dates, numéros et coordonnées géographiques des prélèvements effectués de 1994 à 1998 sont listés dans la partie Annexes.

I.3.A.2. Stratégie d'échantillonnage

Plusieurs types d'échantillonnage ont été effectués :

- **des radiales longitudinales** (en 1994, 1995, 1996 pour le suprabenthos et le mésozooplancton et en 1997 uniquement pour le plancton) pour étudier la composition des populations estuariennes le long du gradient de salinité ; la remontée de l'estuaire a été faite en suivant le flot des eaux extérieures vers les eaux du fleuve donc en période de déplacement des isohalines vers l'amont, la vitesse de déplacement du bateau était légèrement supérieure à celle du flot.

- **des radiales transversales** (en 1998) afin de montrer une éventuelle zonation « berge à berge » du copépode *Eurytemora affinis*.

- **des cycles de 24 heures** (en 1995 pour le suprabenthos et le mésozooplancton et en 1997 uniquement pour le plancton), dans la zone oligohaline entre les ponts de Normandie et de Tancarville (Figure I.2.), afin de suivre les effets de l'advection tidale pendant deux cycles complets de marée (deux basse mers et deux pleine mers) et d'étudier les rythmes nycthéméraux éventuels. Le tableau I.1. récapitule le nombre de prélèvements zooplanctoniques et suprabenthiques réalisés de 1994 à 1998 servant de support à ce travail.

I.3.B. Traitement des échantillons

I.3.B.1. Prélèvements planctoniques

Les prélèvements mésozooplanctoniques ont été filtrés sur un tamis de maille de 200 μ m et fixés immédiatement au formol à 10%. Le plancton a été déterminé, dans la mesure du possible, jusqu'au niveau spécifique puis les individus de chaque espèce ou taxon sont

comptés. Les abondances ont été rapportées au volume filtré puis exprimées par m³. Pour les échantillons très riches, des estimations ont été faites après sous-échantillonnage à l'aide d'une boîte de Motoda (de 1/4 à 1/64^{ème}). Le comptage des individus se fait jusqu'à ce que l'on ait un volume suffisant pour dénombrer au moins 100 individus de chaque espèce principale, nombre considéré comme suffisant dans le cas du dénombrement des organismes planctoniques (Frontier, 1972). Cette méthode fiable pour les espèces les plus abondantes ne permet cependant pas d'avoir une bonne estimation des espèces les plus rares. Les individus des différentes espèces sont conservés dans une solution d'alcool à 70 %.

La différenciation des stades de développement du copépode *Eurytemora affinis* a été faite en se basant sur les descriptions proposées par Katona (1971) (Figure I.3.).

L'estimation de la biomasse d'*Eurytemora affinis* a été réalisée par lots de 10 individus maximum à partir des prélèvements de 1997. Ces lots ont été séchés à l'étuve à 80°C pendant 24h puis pesés sur microbalance, à 0,01 µg près, afin d'obtenir un Poids Sec Individuel. Afin de limiter les pertes de poids dues à la fixation, les animaux destinés à ces mesures ont été auparavant fixés au glutaraldéhyde (Kimmerer & McKinnon, 1986) ce qui a pour effet de minimiser les pertes de poids par rapport au formol.

I.3.B.2. Prélèvements suprabenthiques

Les échantillons, fixés au formol à 10% immédiatement après le prélèvement, ont été lavés au laboratoire sur une colonne de quatre tamis de 5 mm, 2 mm, 1mm et 0,5 mm suivant la quantité de détritus présents. Les fractions supérieures à 1 mm ont été triées à vue, les spécimens des échantillons retenus sur le tamis de 500 µm ont été triés sous une binoculaire en utilisant une cuve Dollfus. Les individus ont été déterminés jusqu'à l'espèce quand cela était possible puis conservés dans de l'alcool à 70 %.

Pour les échantillons très riches, un sous-échantillonnage par bio-volume a été utilisé pour les dénombrements des espèces les plus abondantes : le volume de la totalité de l'échantillon débarrassé des gros individus est mesuré dans une éprouvette, un sous-échantillon est prélevé (en général un dixième du prélèvement) puis les individus comptés, la densité totale est alors déduite par simple multiplication. La totalité de l'échantillon est toutefois triée pour compter les individus des espèces les plus rares.

I.3.B.3. Structure de taille – biomasse du suprabenthos

La longueur du corps (Lc) d'individus des populations de *Pomatoschistus microps* a été mesurée entre l'extrémité antérieure de la tête et la base de la caudale (Figure I.4.) ; des individus dont la caudale était intacte ont été mesurés de l'extrémité antérieure de la tête jusqu'à la partie terminale de la nageoire caudale (Longueur totale Lt), une relation entre la longueur totale Lt et la longueur du corps Lc a été déterminée dans le but d'estimer la longueur totale des individus dont la nageoire caudale était abîmée (majorité des cas). Afin d'établir la relation d'allométrie longueur/biomasse, des lots ont été mis individuellement à l'étuve (80°C pendant 24 h) puis brûlés au four Furnace 4800 (550°C pendant 2 h) pour obtenir le Poids Sec Libre de Cendres (PSLC).

Chez *Palaemon longirostris*, la longueur céphalo-thoracique Lc (mesurée en vue latérale entre le bord postérieur de l'orbite et le bord postérieur dorsal de la carapace : Figure I.4.), la longueur totale Lt (mesurée entre le bord postérieur de l'orbite et la partie terminale du telson) et le PSLC individuel ont été mesurés pour des lots de mâles et femelles afin d'établir les relations Lt/Lc et PSLC/Lc ; les mâles se différenciant aisément des femelles par la présence d'un appendix masculina sur l'endopodite des pléopodes 2.

Les longueurs totales sans telson et avec telson (Figure I.4.) de lots du mysidacé *Neomysis integer* ont été mesurées en utilisant une chambre claire puis une table traçante afin

de limiter les problèmes de mesure dues à la forme généralement coudée des spécimens. Des lots ont été mis individuellement à l'étuve (80°C pendant 24 h) puis brûlés au four Furnace 4800 (550°C pendant 2 h) pour obtenir le Poids Sec Libre de Cendres (PSLC).

De plus, pour ce mysidacé, les différents stades de développement ont été déterminés grâce aux critères suivants :

- 1- **Juvénile** : absence de caractères sexuels ;
- 2- **Mâle immature** : caractères sexuels développés ; pléopodes 4 développés ;
- 3- **Mâle mâture** : caractères sexuels fortement développés ; pléopodes 4 fortement développés ;
- 4- **Femelle immature** : marsupium faiblement développé sans présence de jeunes ;
- 5- **Femelle ovigère** : marsupium très développé avec présence de jeunes ;
- 6- **Femelle post-ovigère** : marsupium très développé et ouvert, sans présence de jeunes.

I.3.B.4. Contenus stomacaux

Les estomacs de *Pomatoschistus microps* et *P. minutus* ont été prélevés à la pince après incision ventrale entre les nageoires pectorales et l'anus. Les estomacs ont été ouverts et vidés de leur contenu stomacal qui a ensuite été examiné sous une loupe binoculaire. Les proies ingérées, identifiées jusqu'au niveau spécifique quand l'état de digestion n'est pas trop avancé, ont alors été dénombrées. Des contenus stomacaux ont été réalisés lors de cycles de 24 heures et des radiales des différentes campagnes. Chez les *Palaemon longirostris*, la chambre cardiaque de l'estomac forme une poche bien individualisée et visible dorsalement par transparence à travers la carapace juste en arrière du rostre, surtout lorsqu'elle contient de la nourriture. Ces poches, prélevées à la pince par l'avant de l'animal après avoir enlevé la partie antérieure de la tête, ont été incisées et leur contenu analysé sous une loupe binoculaire. Les proies ont été identifiées jusqu'au niveau spécifique lorsque cela est possible puis dénombrées.

Différents indices ont été calculés à partir des dénombrements de proies :

1- Coefficient de vacuité (en %)

$$Cv = \frac{Nv}{Ne} . 100$$

2- Nombre moyen de proies par estomac

$$Nm = \frac{Nt}{Ntp}$$

3- Fréquence d'une proie i (en %)

$$F = \frac{Nei}{Ntp} . 100$$

4- Pourcentage en nombre (en %)

$$Cn = \frac{Nti}{Nt} . 100$$

Nv : nombre d'estomacs vides

Ne : nombre d'estomacs examinés

Nt : nombre total de proies ingérées par un lot de crevettes ou de poissons

Ntp : nombre total d'estomacs contenant des proies

Nei : nombre d'estomacs contenant la proie i

Nti : nombre total d'individus d'une proie i

I.4. Traitement des données

I.4.A. Diversité : Indice de Shannon-Weaver

L'indice de Shannon-Weaver a été calculé à chaque station de prélèvements de 1996 pour les communautés mésozooplanctoniques et suprabenthiques afin de mettre en évidence d'éventuelles modifications de la diversité le long du gradient de salinité, au cours d'un cycle annuel.

$$H' = \sum (Ni/N) . \log_2(Ni/N) \quad \text{et} \quad H_{\max} = \log_2 S$$

avec :

S : Richesse spécifique

H' : Indice de diversité de Shannon-Weaver

N_i : Nombre d'individus d'une espèce i par m^3 (mésozooplancton) ou $100 m^3$ (suprabenthos)
 N = Nombre total d'individus par m^3 (mésozooplancton) ou $100 m^3$ (suprabenthos)

I.4.B. Traitements statistiques

I.4.B.1. Tests statistiques

Différents tests ont été utilisés dans ce travail afin de comparer les prélèvements entre eux. Le test de Student (test t) et le test du khi deux ont été utilisés respectivement pour valider les coefficients de corrélations des différentes relations mises en évidence dans ce travail et pour étudier la répartition d'espèces par rapport à une répartition théorique. De plus, un test non paramétrique (test Wilcoxon Mann & Withney, test U) a été régulièrement utilisé afin de comparer des stations entre elles du point de vue de la répartition d'espèces (en terme de densité).

I.4.B.2. Analyses factorielles des Correspondances, Analyses Canoniques des Correspondances

Une Analyse des Correspondance a été réalisée sur une matrice de données de 1996 dont seules les espèces présentant une densité supérieure à 5 ind.m^{-3} au moins une fois dans l'année ont été utilisées ainsi que les stations où tous les paramètres environnementaux étudiés ont été enregistrés c'est à dire 43 espèces zooplanctoniques et 51 stations. Cette analyse a ensuite été complétée par une Analyse Canonique des Correspondances (CCA) faite avec le logiciel CANOCO (ter Braak, 1988, 1989) sur trois matrices différentes (Zooplancton total, Cladocères et Copépodes seuls). Cette CCA a été utilisée pour analyser la distribution spatiale du zooplancton et pour comparer celle-ci avec les différents paramètres environnementaux enregistrés au cours des campagnes de 1996 (Palmer, 1993). Ces analyses ont pour but de classer les différents facteurs en fonction du pourcentage de variance de la matrice espèce qu'ils expliquent en commençant toujours par celui qui présente la meilleure

part de variance expliquée. De plus, la robustesse de cette analyse est déterminée en utilisant le test de permutation de Monte Carlo (ter Braak, 1986, 1987).

Une Analyse des Correspondances ainsi qu'une classification ascendante hiérarchique ont été réalisées sur une matrice "faune démersale" de 17 espèces et 12 points "station". Chaque point "station" correspond, en fait, à la moyenne des densités des différentes espèces sur les cinq ou six stations échantillonnées le long du gradient de salinité au cours de chaque campagne de 1996 (soit un point station mensuel). Seules les espèces dont les densités sont supérieures au moins une fois à 5 ind.100m⁻³ ont été utilisées dans ces analyses. Afin de mettre en évidence les relations entre les facteurs environnementaux et la distribution de la faune démersale, la même méthodologie, utilisée pour le mésozooplancton, a été réalisée : Analyse Canonique des Correspondance (CCA) accompagnée d'un test de robustesse de Monte Carlo. Cette CCA a été effectuée sur une matrice espèces de 17 espèces et 51 stations mais également sur une matrice "Mysidacés" de cinq espèces (*Anchialina agilis*, *Gastrosaccus spinifer*, *Mesopodopsis slabberi*, *Neomysis integer* et *Schistomysis* spp.), une matrice "Décapode" de trois espèces (*Carcinus maenas*, *Crangon crangon* et *Palaemon longirostris*) et une matrice "Gobiidés" de deux espèces (*Pomatoschistus microps* et *P. minutus*) afin d'affiner la CCA et de mettre en évidence les relations existantes entre les facteurs du milieu étudiés et les différents groupes zoologiques. La matrice "environnement" utilisée dans ces analyses est composée de trois paramètres (Salinité de fond, Turbidité de fond et Oxygène de fond) et 51 stations. (N.B. : les différentes espèces mésozooplanctoniques et démersales ainsi que leurs codes attribués sont présentés dans les chapitres respectifs.)

I.4.C. Calcul des taux de production

Une estimation de la production journalière du copépode *Eurytemora affinis* a été faite à partir des différents prélèvements effectués par bouteille Niskin 30 litres accompagnés d'une

filtration sur 63 µm en 1997. Cette production journalière a été calculée à partir de la méthode de Heinle (1966) :

$$P = \frac{(W_N \cdot N)}{Tn} + \frac{(W_{C1} \cdot C1) + \dots + (W_{C5} \cdot C5)}{Tc} + \frac{(W_M \cdot M) + (W_F \cdot F)}{Ta}$$

avec :

P : production journalière en mg.m⁻³.jour

W_i : poids individuel en mg de chaque stade, « i » se référant aux nauplii (N), aux cinq stades copépodites (C1 à C5), aux mâles (M) et aux femelles (F) au jour j

N, C1,..., C5, M, F : abondances en ind.m⁻³ respectivement des nauplii, des différents stades copépodites (C1 à C5), des mâles et des femelles au jour j

Tn et Tc : temps de renouvellement des nauplii et des copépodites en jours

Ta : temps de renouvellement des adultes en jours, considéré comme égal à Tc par Heinle (1966)

Les temps de renouvellement Tn et Tc sont obtenus à partir des formules suivantes :

$$Tn = 1 / Dn \text{ et } Tc = 1 / Dc$$

Dn et Dc, qualifiés de « finite death rates » par différents auteurs américains (Heinle, 1966 ; Allan *et al.*, 1976) se calculent à partir des taux de mortalité instantanés dn et dc respectivement des nauplii et des copépodites.

$$Dn = 1 - e^{-dn}$$

$$Dc = 1 - e^{-dc}$$

Les taux de mortalité instantanés sont calculés à partir des formules établies par Heinle (1966)

$$-dn = (\ln C - \ln N) / tn$$

avec :

C : nombre total de copépodites.m⁻³

N : nombre total de nauplii.m⁻³

tn : temps de développement, en jours, des nauplii en copépodite de stade 1

-dn : taux de mortalité instantané des nauplii en jour⁻¹

$$-dc = (\ln A - \ln C) / tc$$

avec :

A : nombre total d'adultes.m⁻³

tc : temps de développement, en jours, des copépodites 1 en adultes

-dc : taux de mortalité instantané des copépodites en jour⁻¹

Les temps de développement tn et tc ont été extraits de la bibliographie et notamment de l'étude de Poli & Castel (1983) sur le copépode *Eurytemora affinis*.

La productivité journalière, exprimant la vitesse de renouvellement de la biomasse, s'écrit :

$$Pté = P / \sum B_i$$

avec :

Pté : productivité journalière en jour⁻¹

P : production journalière en mg.m⁻³.jour

Bi : biomasse de chaque stade i du copépode (i : nauplii, copépodites 1 à 5 et adultes) en mg.m⁻³ au jour j

Les calculs de production nette des principales espèces suprabenthiques (mysidacé *Neomysis integer*, décapode *Palaemon longirostris* et gobiidé *Pomatoschistus microps*) ont été réalisés à partir des méthodes dérivées de la courbe d'Allen (Allen, 1950, 1971) et décrites dans Dauvin (1989). Le calcul de ces productions nettes repose sur la sommation par unité de temps des accroissements pondéraux du fait de la croissance individuelle.

$$P = \sum \overline{N}_i . \Delta W_i$$

avec :

P : production nette en gPSLC.100m⁻³.an⁻¹

\overline{N}_i : nombre moyen d'individus de la cohorte, génération ou classe d'âge i entre l'instant t et t+Δt

ΔW_i : variation (positive ou négative) de la biomasse individuelle entre les instants t et t+Δt

On obtient, ensuite, la production nette pour la population totale en sommant les productions nettes des différentes cohortes, générations ou classes d'âge.

Chapitre II

L'estuaire, un écosystème particulier

II.1. Rappel

Définition de l'estuaire

☛ Selon le dictionnaire Robert, un estuaire est une « embouchure d'un cours d'eau, dessinant dans le rivage une sorte de golfe évasé et profond ».

☛ Selon Pritchard (1967), « un estuaire est un plan d'eau côtier partiellement confiné, qui a une connexion libre avec la mer et dans lequel l'eau de mer est diluée de façon mesurable par l'eau douce des ruissellements terrestres ».

Un estuaire, comme le souligne les deux définitions précédentes, se caractérise essentiellement par la mise en conflit de deux masses d'eau de caractéristiques physico-chimiques différentes : l'eau marine et l'eau fluviale.

Dans les estuaires, l'eau douce apportée par le fleuve se mélange donc avec l'eau de mer sous l'effet de la marée, des courants de circulation et du débit du fleuve. Le gradient de salinité, décroissant de l'aval vers l'amont et du fond vers la surface, ainsi que le débit fluvial, qui entraînent des variations importantes des paramètres physico-chimiques importants dans ces systèmes estuariens, ont permis d'élaborer un classement des estuaires en fonction du rapport débit fluvial/volume d'eau introduit par la marée (Hansen & Rattray, 1966, Dyer, 1973).

Les estuaires à coin salé

Dans les estuaires dit « à coin salé », le rapport entre le débit fluvial et le volume d'eau entrant avec la marée est très important. Ainsi, le marnage faible et l'écoulement de l'eau douce (moins dense que l'eau de mer) au dessus de l'eau salée forme alors un « coin salé » (Dyer, 1986).

Ce coin salé occupe toute la colonne d'eau à l'embouchure de l'estuaire puis tend à diminuer en se déplaçant vers l'amont de l'estuaire. La position de ce coin salé varie au cours du temps en fonction notamment de l'intensité du débit du fleuve ; plus le débit est fort et plus le coin salé se positionne dans la partie aval de l'estuaire.

Les deux masses d'eau (eau douce en surface et eau de mer au fond) sont séparées par une zone de transition mince caractérisée par un fort gradient de salinité (halocline), ces deux masses d'eau se mélangeant alors très peu (Figure II.1.).

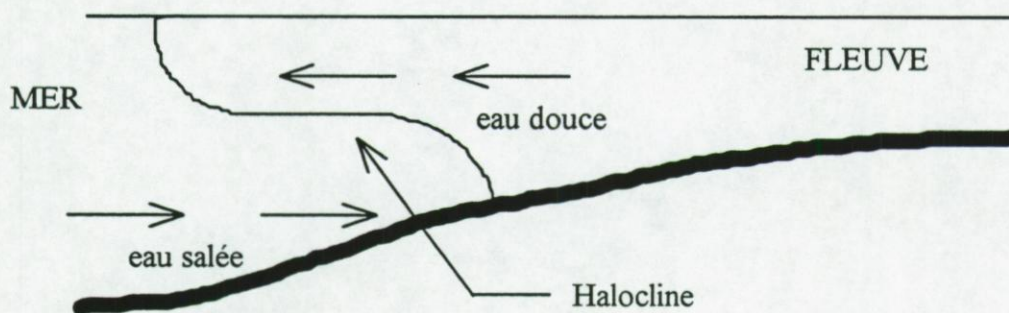


Figure II.1. Représentation de la circulation de l'eau dans un estuaire à coin salé (d'après Dyer, 1986).

Les estuaires partiellement mélangés

Lorsque les courants de marées sont beaucoup plus forts (système mégatidal par exemple), la masse d'eau dans l'estuaire présente un mouvement de va et vient rythmé par l'alternance Pleine-Mer/Basse-Mer et Vive-Eau/morte-Eau. Ces forts courants de marée induisent des turbulences au fond provoquant alors un mélange plus important des deux masses d'eau présentes grâce à deux phénomènes : i) intrusion de l'eau salée vers l'eau douce située dans la partie amont de l'estuaire et ii) apport d'eau douce dans la masse d'eau marine par les turbulences (Dyer, 1986, Brenon, 1997).

Toutefois, si le débit du fleuve augmente (crue), l'estuaire devient alors un estuaire de type « coin salé », du fait de la minimisation des turbulences (induites par les courants de marées) par le débit.

Les estuaires bien mélangés

Les estuaires bien mélangés sont caractérisés par de forts courants de marée et un faible débit du fleuve. Les turbulences induites par les courants de marée génèrent un mélange de l'eau douce et de l'eau salée sur toute la colonne d'eau avec disparition des gradients verticaux.

En résumé, et d'après la classification décrite ci-dessus, l'estuaire de la Seine peut être considéré comme un estuaire partiellement mélangé du fait de la présence de courants de marée importants (système macrotidal de la Manche) et d'un débit du fleuve relativement important.

Comme le souligne Avoine (1981), lors des crues hivernales où le débit est supérieur à $1000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ($2000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en février 1995), l'estuaire de la Seine se comporte alors comme un estuaire à coin salé.

Autres systèmes de classification

De nombreuses classifications ont été établies afin de caractériser et de comparer les estuaires entre eux, la classification en fonction du rapport débit fluvial/apport d'eau salée restant toujours la plus communément utilisée. Toutefois, certains indices ont été établis afin d'améliorer ces comparaisons. Le but de cet aparté n'est pas de faire une revue détaillée de tous les indices disponibles mais de relater les plus utilisés par les physiciens dont le détail des équations et des théories sont donnés dans la thèse de Brenon (1997).

Hansen et Rattray (1966) proposent une classification suivant deux paramètres : l'indice de stratification I_s et l'indice de circulation I_c . Ils définissent alors quatre types d'estuaires en fonction de ces deux indices.

$$I_s = \frac{\Delta S}{S_0} ; I_c = \frac{U_s}{u}$$

avec : ΔS : différence de salinité entre fond et surface

S_0 : Salinité moyenne pour une section de l'estuaire

U_s : Vitesse résiduelle moyenne de surface (moyenne des vitesses pendant la marée)

u : Vitesse moyenne pour une section

D'autre part, Migniot (1982) définit un indice N_e décrivant l'intensité du mélange estuarien et établit trois catégories d'estuaire en fonction de l'importance de N_e (Brenon, 1997). Cet indice fait intervenir notamment le débit du fleuve, la hauteur d'eau à l'embouchure, la période de la marée, le volume d'eau entrant ainsi que la vitesse maximale du flot à l'embouchure.

Quelque soit le type de classification utilisé, l'estuaire de la Seine se comporte toujours comme un estuaire partiellement mélangé sauf en période de crue où le système coin salé devient prépondérant (Tableau II.I.).

Tableau II.I. Classification de l'estuaire de la Seine en fonction des différents indices et classifications énumérés précédemment.

	Coin salé	Partiellement mélangé	Bien mélangé
Dyer (1986)	* en crue	*	-
Hansen & Rattray (1966)	-	*	-
Migniot (1982)	* en crue	*	-

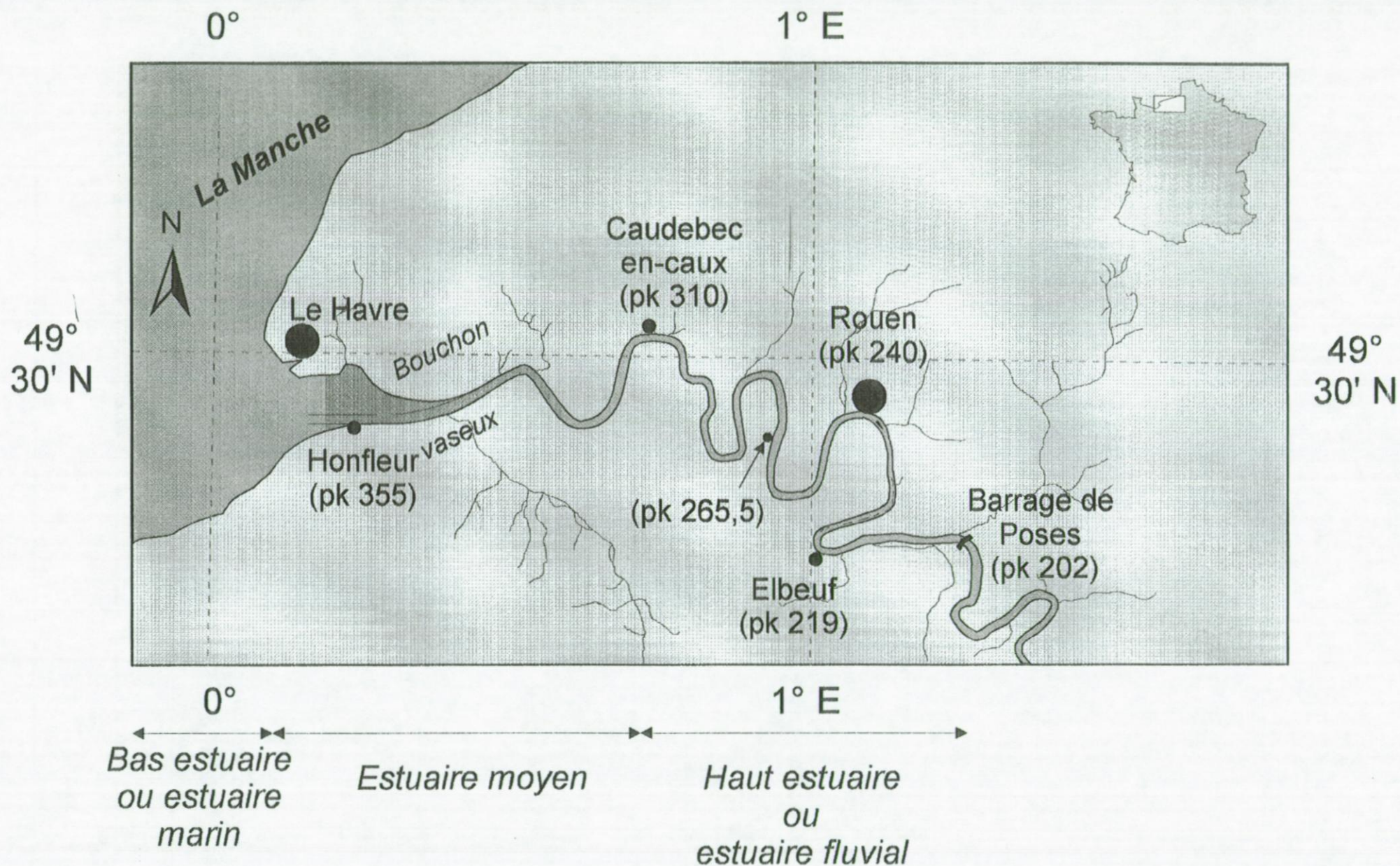


Figure II.2. Présentation de l'estuaire de la Seine de Poses (limite de la marée dynamique) jusqu'à la baie de Seine (d'après Guézennec).

II.2. L'estuaire de la Seine : présentation du site

Ce chapitre a pour but essentiel de compiler les principales connaissances sur l'estuaire de la Seine acquises dans différentes disciplines comme l'hydrosédimentologie, l'hydrodynamisme ou encore la chimie marine.

II.2.A. Cadre géographique et géologique

L'estuaire de la Seine est le débouché en mer d'un des plus importants bassin urbain et industriel français (Figure II.2.). En effet, malgré une superficie peu importante (78650 km²), le bassin versant de la Seine draine une région où vit un quart de la population française (dont la région parisienne) et où s'exerce 40% de l'activité économique agricole et industrielle de la France. L'estuaire de la Seine est devenu un milieu sensible où se côtoient des enjeux économiques, écologiques et touristiques grandissants.

Géologiquement, l'estuaire de la Seine s'est établi à la fin de la période Tertiaire dans une zone dite tectonisée (Vigarié, 1964). Il est situé dans une enclave bordée de falaises d'origine crayeuse et creusée dans le plateau du Pays de Caux. La Seine a creusé son lit en forme de paléovallée lors des périodes géologiques d'émersion. Les différents niveaux d'érosions établis au cours de ces périodes sont actuellement masqués par les importants dépôts sédimentaires présents en estuaire de Seine.

Effectivement, l'estuaire de la Seine est, entre autre, caractérisé par un fort comblement induit par des apports sédimentaires venant aussi bien du fleuve (éléments fins) que de la mer (sables et éléments fins). Ce comblement est un phénomène connu depuis longtemps puisque dès 1834, celui-ci a fait l'objet d'études et a pu être quantifié à partir de relevés

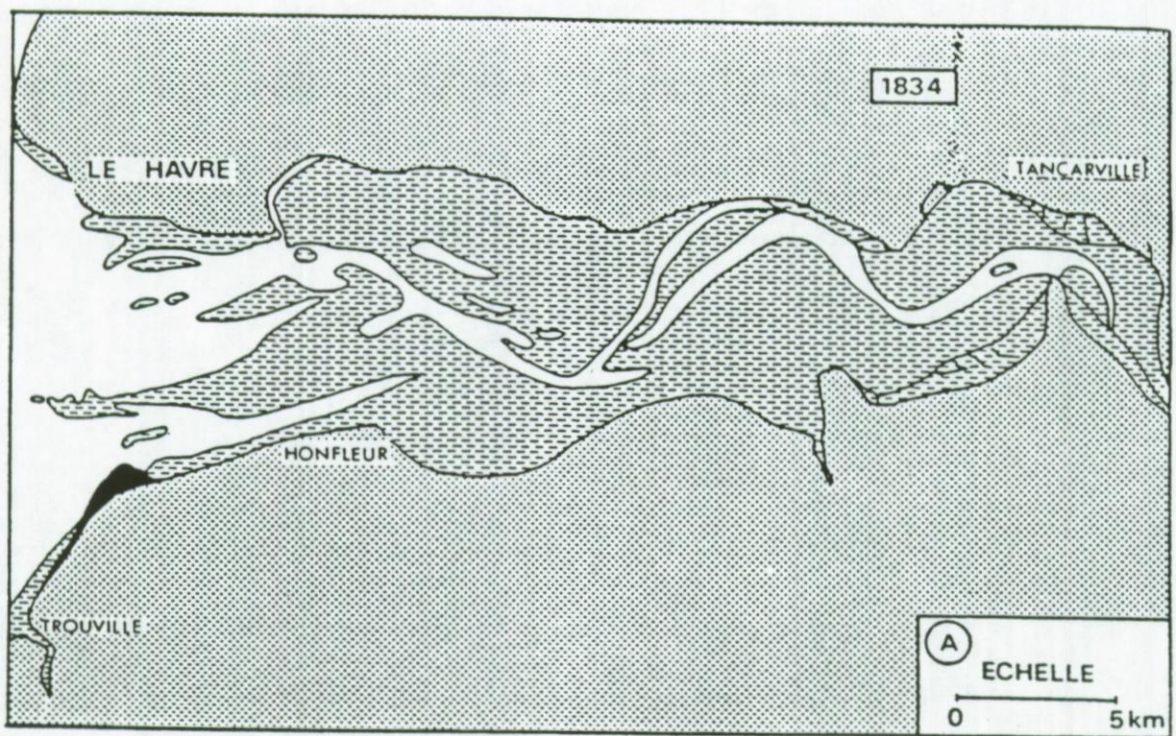


Figure II.3. Morphologie de l'estuaire naturel en 1834 (d'après Avoine, 1981)

hydrogéographiques (SAUM, 1980). Ainsi, depuis 1834, 760 millions de mètres cubes de sédiments se sont déposés dans l'estuaire (5,3 millions de mètres cubes par an). Ce comblement n'est pas régulier au cours du temps et présente des périodes de forts apports sédimentaires comme entre 1900 et 1910 où les moyennes annuelles de dépôts étaient de 12,3 millions de m³ tandis que les années 1915-1955 étaient marquées par un comblement moins important avec des apports de 2,5 millions de m³ en moyenne par an. Actuellement, et malgré la réduction du volume de l'estuaire, le comblement est toujours important avec un dépôt régulier d'environ 4,5 millions de m³ par an induisant une tendance à l'envasement de l'embouchure récemment mise en évidence (Lesueur *et al.*, 1997) avec un impact non négligeable sur l'environnement marin.

II.2.B. Les aménagements

Depuis la fin des années 1850 l'estuaire de la Seine, contrairement aux autres grands estuaires français, a été le lieu d'importants travaux d'aménagements. Ces travaux, dont le but a été d'améliorer les conditions de navigation vers Rouen et d'établir de nouvelles zones industrielles le long de l'estuaire, se sont traduits par de fortes modifications morphologiques.

Avant les premiers aménagements, l'estuaire « sauvage » s'étendait sur 65 km² et présentait de nombreux chenaux (Figure II.3.). L'estuaire était relativement large puisqu'il présentait une largeur de 3,2 km à Quilleboeuf et 10 km à Honfleur.

Les principaux aménagements de l'estuaire se sont déroulés de 1846 à nos jours suivant différentes étapes (SAUM, 1980) :

- 1846-1895 : Canalisations du lit mineur
- 1895-1920 : Construction d'une digue haute nord
- 1950-1965 : Construction d'une digue concave de la Risle à Honfleur

Création par dragage du chenal actuel

Construction d'une digue au niveau du banc du Ratier

Construction d'une digue basse nord

- 1970-1980 : Approfondissement du chenal

-1990-1995 : Construction du Pont de Normandie reliant Honfleur au Havre

Actuellement, les travaux réguliers de dragages s'effectuent toujours et un projet de grand port à containers est à l'étude (Projet « Port 2000 »). Ce projet prévoit soit l'agrandissement de l'actuel port du Havre par réhabilitation de nombreux quais et du port d'Antifer ou la construction d'une structure portuaire au débouché nord de l'estuaire de la Seine.

Les conséquences de ces différents aménagements sont multiples et agissent aussi bien sur la morphologie, la courantologie, la sédimentologie et l'écologie de l'estuaire. Ces travaux ont ainsi (i) augmenté l'impact du fleuve sur la baie de Seine (accélération du comblement) (ii) bouleversé la stabilité écologique de l'estuaire (modifications des facteurs écologiques comme la salinité, turbidité et courants, diminution des zones intertidales de 130 km² en 1834 à 30 km² en 1978).

II.2.C. Processus hydrodynamiques

II.2.C.1. L'intrusion saline

L'intrusion d'eau salée venant de la baie de Seine induit, au niveau de l'estuaire, une circulation de densité avec les eaux de forte densité (eau salée) au fond et les eaux de moindre densité (eau douce) en surface. La salinité varie au niveau de trois échelles temporelles : variation saisonnière en fonction du débit du fleuve (position très en amont de l'intrusion saline

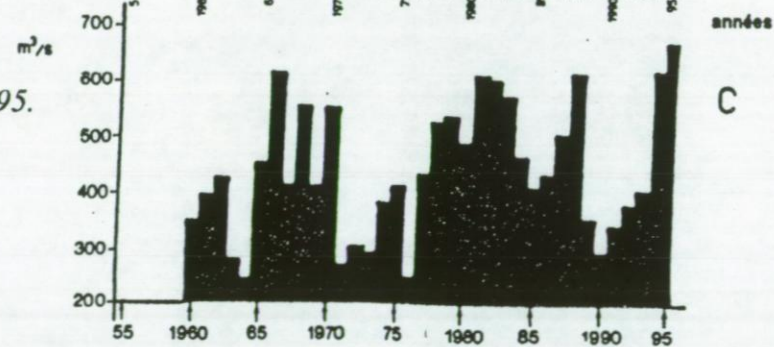
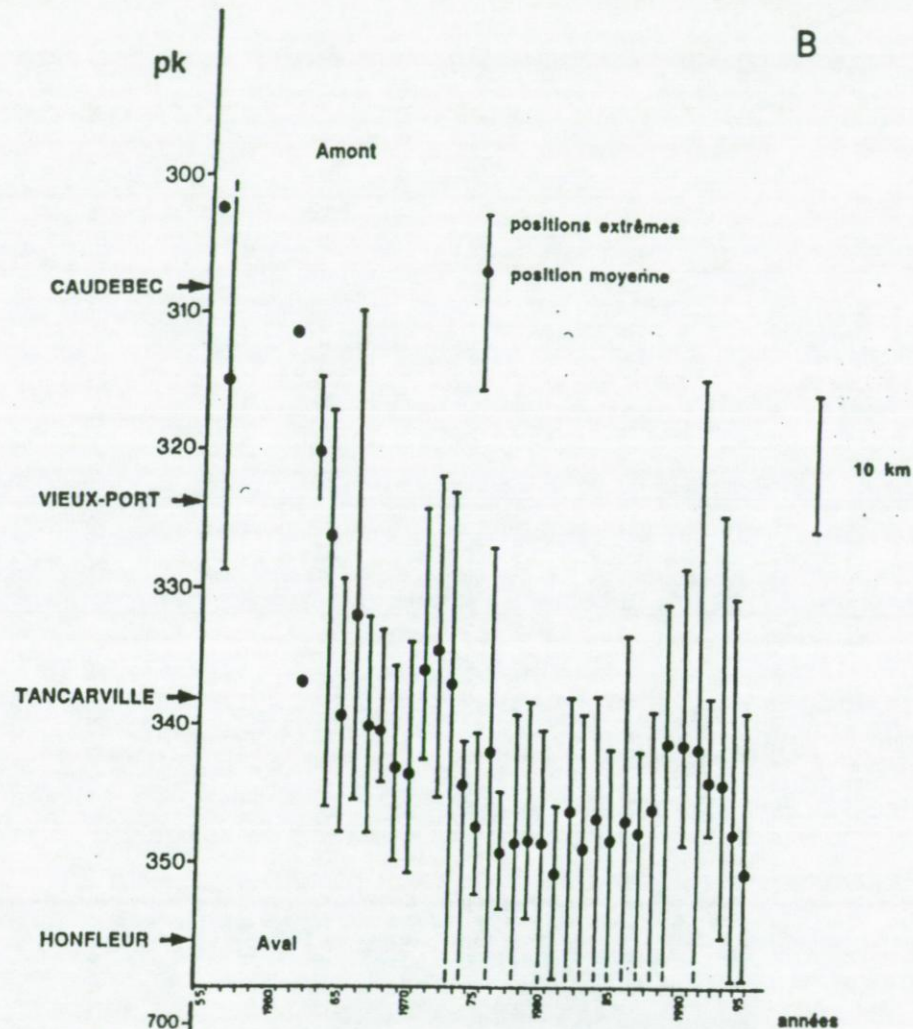
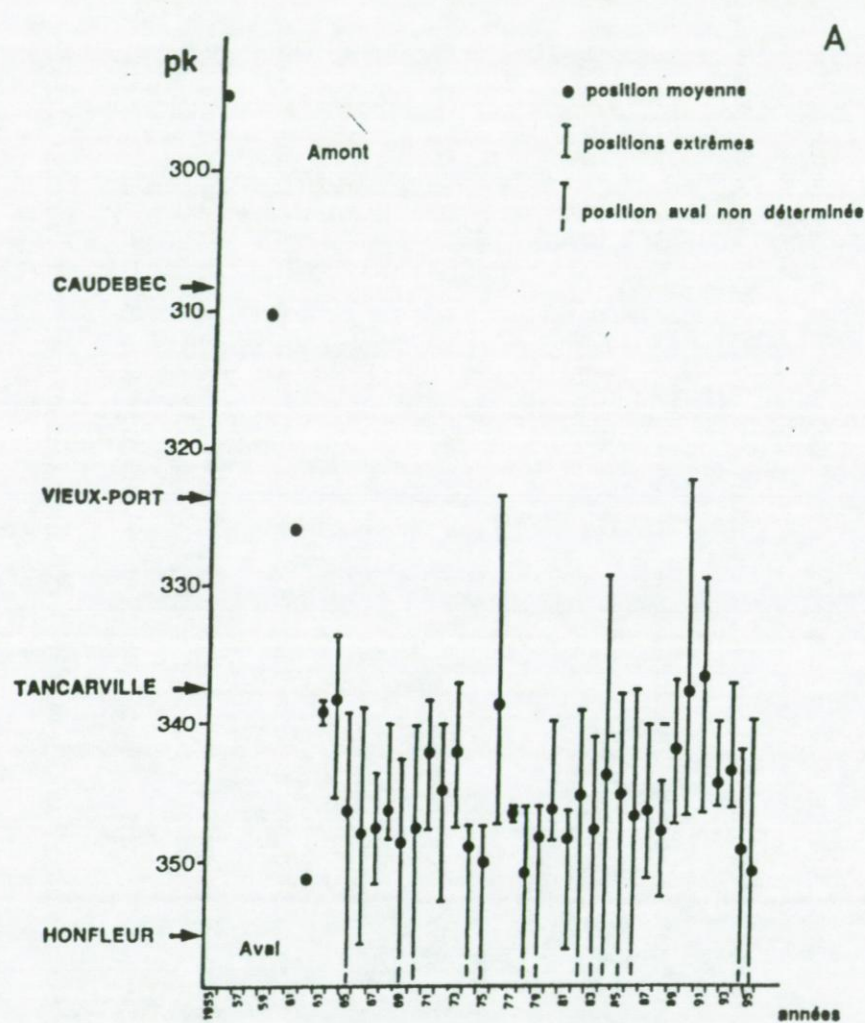


Figure II.4. Evolution des positions moyennes et extrêmes de la limite amont de l'intrusion saline et du bouchon vaseux de 1955 à 1995. Position à Basse Mer, en marée moyenne (d'après Avoine et al., 1996).

A. Front de salinité (limite à 0,5 P.S.U.)

B. Bouchon vaseux (limite à 0,5 g.l⁻¹)

C. Débit liquide moyen annuel

en période de faible débit et position aval en période de crue), variations bimensuelles suivant l'alternance Vive-eau/Morte-eau et quotidiennement suivant le rythme Pleine-mer/Basse-mer.

L'évolution des positions moyennes et extrêmes de la limite du front de salinité (défini par la salinité 0,5 P.S.U.) a été établie en condition de basse-mer (Avoine *et al.*, 1996) à partir de données acquises par le Service de Navigation de l'estuaire de la Seine au cours de 1955-1995 (Figure II.4.). Ces observations montrent que la position moyenne annuelle de l'intrusion saline a fortement évolué vers l'aval entre 1965 et 1995 en relation avec les importants aménagements, notamment l'augmentation de l'endiguement, qui sont responsables de la canalisation importante du fleuve (augmentation de l'impact du débit du fleuve sur l'intrusion saline et de l'effet de chasse). Depuis 1965, la position de l'intrusion saline reste stable et se situe généralement dans une région entre Honfleur et Tancarville.

II.2.C.2. La propagation de marée

En Manche, l'onde de marée est une onde quasi-sinusoidale lors de sa propagation (Brenon, 1997). De fortes amplitudes de marée sont enregistrées à l'embouchure de la Seine où le marnage peut atteindre 7 m. en période vive-eau.

A Honfleur, embouchure de l'estuaire de la Seine, la courbe de marée présente une « tenue de plein » autour de la pleine mer (maintien du niveau maximal d'eau) de l'ordre de 2h30 (Figure II.5.). Il apparaît sur ces courbes de marée un dédoublement du maximum du niveau d'eau avant et après la pleine mer, phénomène disparaissant en dessous d'un coefficient de marée inférieur à 70 (Le Floch, 1961 ; Brenon, 1997).

D'autre part, ces courbes mettent en évidence l'asymétrie croissante de la marée au cours de sa propagation avec pour conséquence une augmentation de la durée du jusant et à l'inverse, une diminution de la durée du flot (Figure II.5.). Ceci se traduit par une montée des

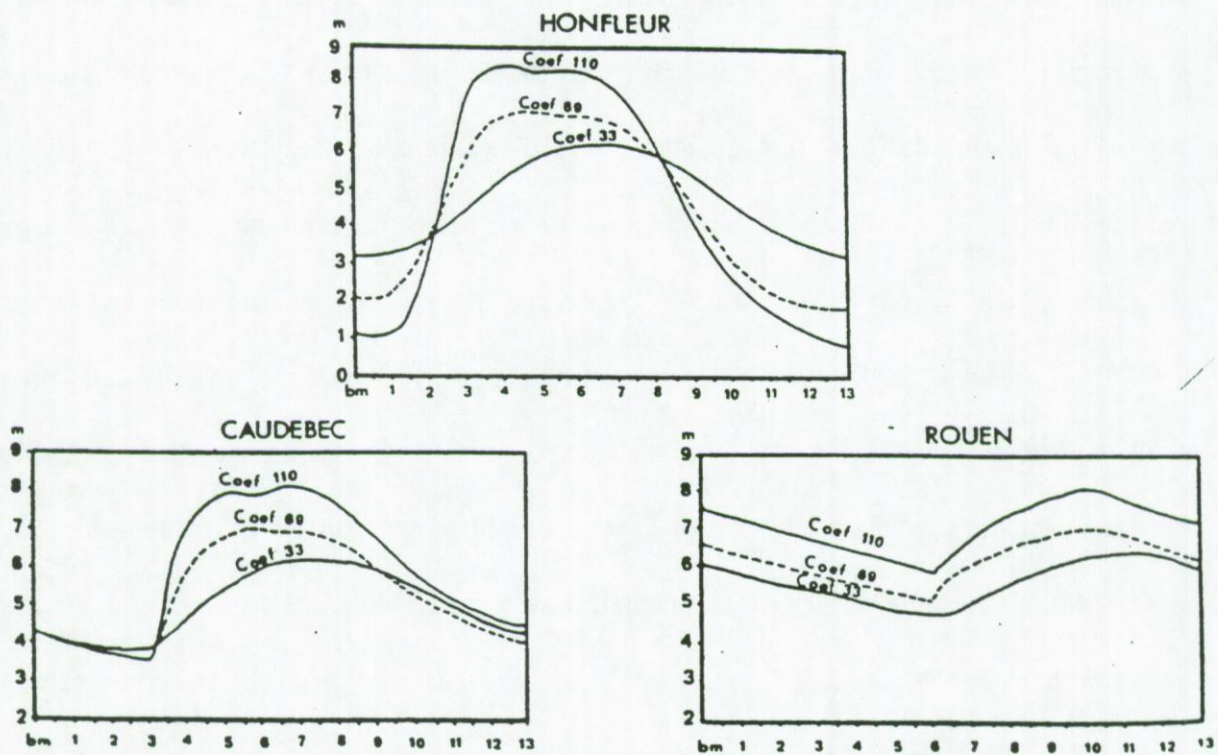


Figure II.5. Courbes de marée dans l'estuaire de la Seine (d'après les données du Port Autonome de Rouen, Brenon, 1997)

eaux rapide lors du flot qui était responsable du phénomène de mascaret, aujourd'hui fortement annihilé par les aménagements de l'estuaire.

Le marnage présente des variations en fonction du coefficient de marée. Ainsi le marnage est beaucoup plus important lors des forts coefficients (vive eau) que lors des périodes de morte eau (faibles coefficients). De plus, ce marnage diminue progressivement vers l'amont (Figure II.5.) ce qui est dû principalement aux phénomènes de friction sur le fond et les berges qui induisent alors une perte d'énergie de l'onde de marée. Notons tout de même, qu'à Poses (160 km en amont de Honfleur), le marnage est encore de l'ordre de 1 m.

II.2.D. La couverture sédimentaire

La couverture sédimentaire de l'estuaire et de la partie est de la baie de Seine a fait l'objet de nombreuses études dans le cadre du programme scientifique Seine Aval (Avoine *et al.*, 1996 ; Lesueur *et al.*, 1997) qui ont permis d'établir une cartographie de cette couverture ainsi qu'une comparaison avec les données existantes sur ce sujet.

En Baie de Seine (Figure II.6.), la couverture sédimentaire est essentiellement caractérisée par des sables de taille moyenne ainsi que par des cailloutis dans sa partie nord-est. Toutefois, on note également la présence de petites parcelles envasées :

- au large des côtes du Calvados (vases à fossiles, Avoine, 1981) avec une situation peu modifiée ;
- le long du littoral entre Le Havre et Antifer ;
- un comblement sablo-vaseux au large d'Antifer.

Dans l'estuaire de la Seine, la couverture sédimentaire se définit comme suit :

- le chenal de navigation est constitué d'un substrat fossile dur recouvert à certains endroits par du sable fin ou de vases sableuses ;

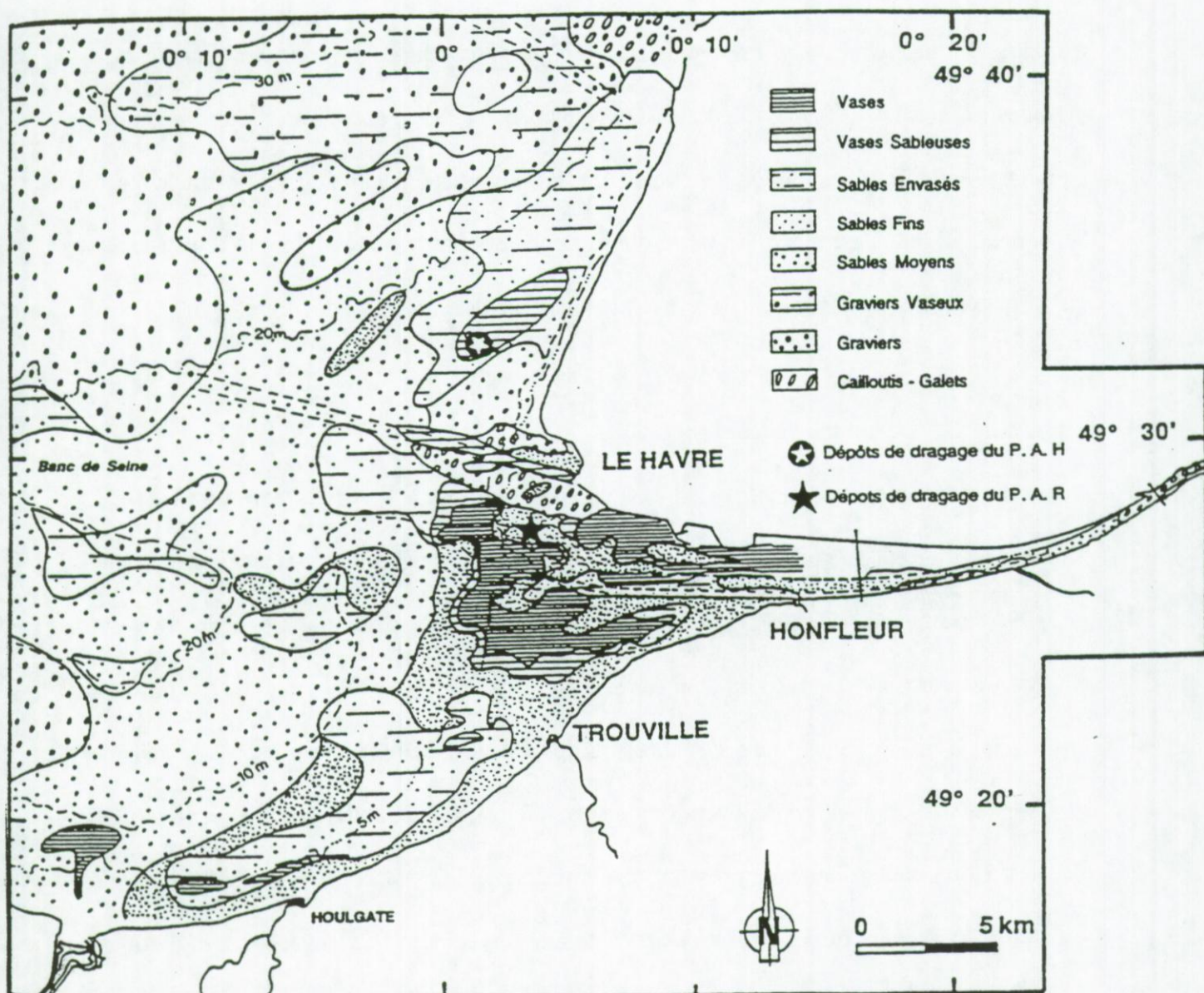


Figure II.6. Faciès sédimentaire de l'estuaire aval (d'après Avoine et al., 1996)

- les hauts fonds (Amfard et Ratier), sont caractérisés par des sables fins ;
- l'entrée du port du Havre est caractérisé par une couverture de cailloutis et galets ;
- la région du Kannick (zone de largage de dragage du Port Autonome de Rouen), où les sables plus ou moins fins dominant ;
- autour de l'embouchure, entre la digue nord et le chenal nord, entre le chenal nord et la côte nord où la couverture sédimentaire est essentiellement caractérisée par de vastes étendues vaseuses (Brenon, 1997).

En fait, depuis 1981, la modification principale observée au niveau de la partie aval de l'estuaire de la Seine est un envasement progressif de celui-ci (Figure II.6.). En effet, cette couverture vaseuse s'est étendue dans une vaste zone comprise entre le Rade de la Carosse et la Fosse Sud du Ratier.

L'estuaire moyen se caractérise, quand à lui, par une succession de différents faciès sédimentaires d'aval vers l'amont. La couverture sédimentaire est en général constituée de sables de granulométrie croissante de l'aval vers l'amont. On note également la présence d'une plaque de cailloux à proximité de la Risle ainsi que l'apparition d'un faciès à cailloutis et galets en amont du Pont de Tancarville (Figure II.7.).

II.2.E. Les structures turbides (bouchon vaseux)

II.2.E.1. Comportement du bouchon vaseux

Lors de l'étude sur l'estuaire de la Seine réalisée par le SAUM (1980) et par Avoine (1981), de nombreuses données ont été acquises sur le comportement des matières en suspension afin de déterminer le plus précisément possible la structure et les limites de ce bouchon vaseux.

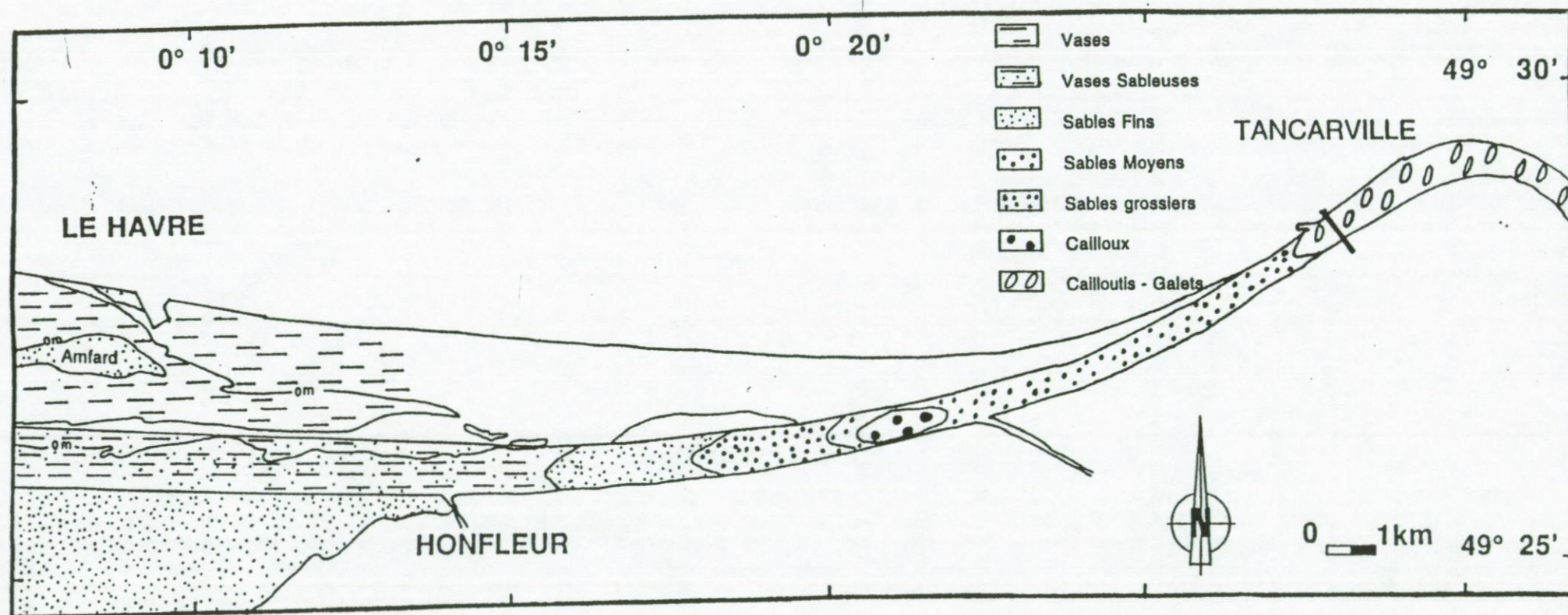


Figure II.7. Faciès sédimentaire de l'estuaire moyen (d'après Avoine et al., 1996)

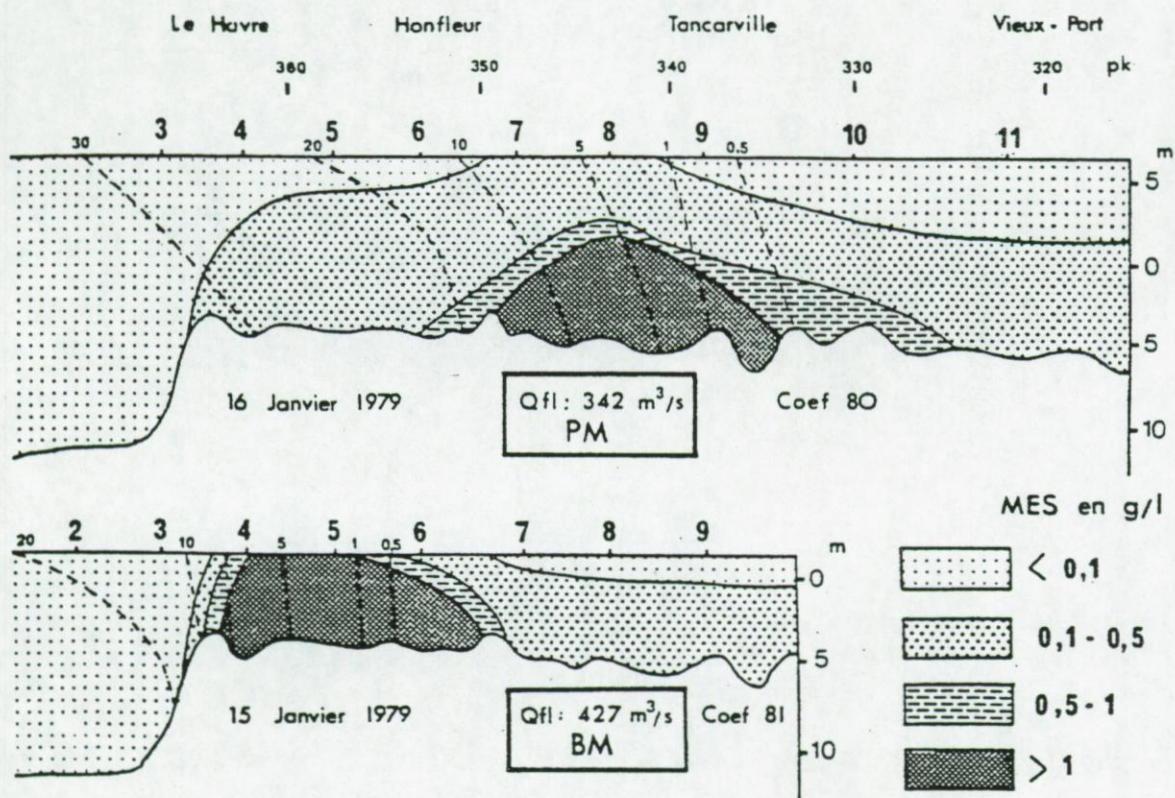


Figure II.8. Bouchon vaseux en vive-eau, à débit moyen, lors du SAUM, à Pleine Mer (PM) et Basse Mer (BM) (d'après Avoine, 1981)

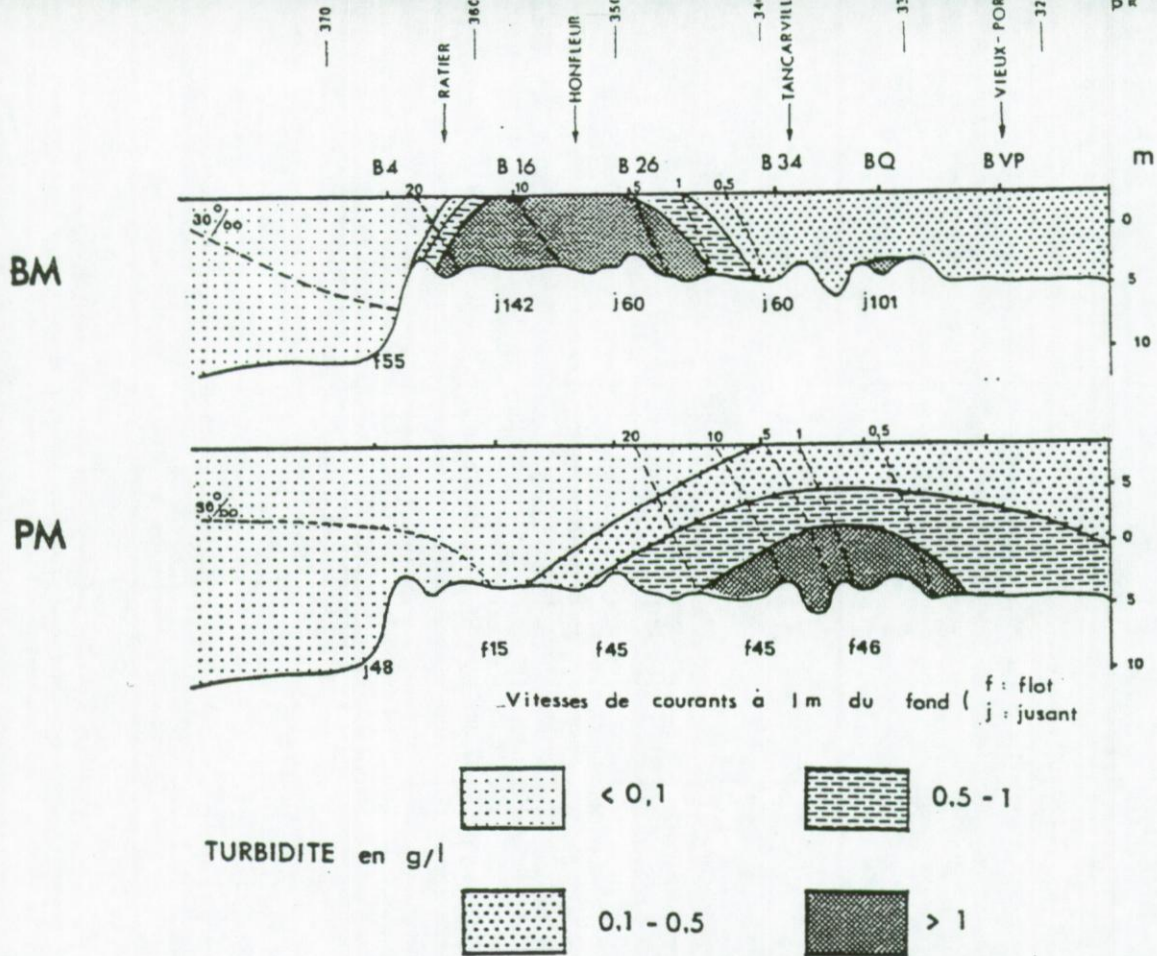


Figure II.9. Bouchon vaseux en vive-eau, en étiage ($150 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), lors du SAUM, à Pleine Mer (PM) et Basse Mer (BM) (d'après Avoine, 1981)

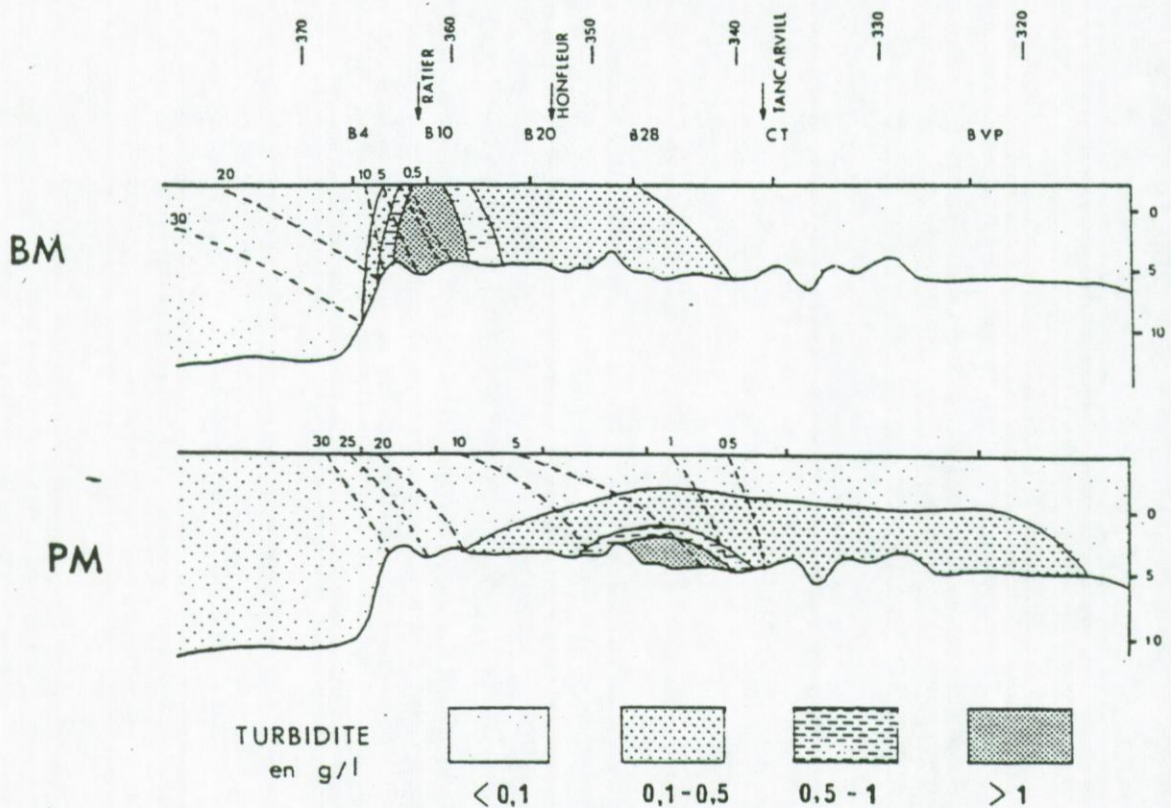


Figure II.10. Bouchon vaseux en vive-eau, en crue ($1100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), lors du SAUM, à Pleine Mer (PM) et Basse Mer (BM) (d'après Avoine, 1981)

Dans des conditions de débit moyen (environ $400 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$) et en vive-eau, les mesures réalisées par Avoine (1981) montre que le centre du bouchon vaseux se localise autour du point kilométrique 360 à basse mer et en aval du pk 340 à pleine mer (Figure II.8.). L'excursion de marée est donc de l'ordre de 18 km. On remarque également, d'après ces mesures, que la concentration moyenne de la zone de maximum de turbidité est supérieure à 1 g.l^{-1} .

Le comportement du bouchon vaseux est aussi fortement dépendant du débit fluvial. En vive eau et période d'étiage, le centre du bouchon vaseux se situe un peu en amont du Pont de Tancarville (pk 335) à pleine mer et légèrement en aval de Honfleur (pk 355) à basse mer (Figure II.9.). En période de fort débit (crues, débit $> 1100 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$), le bouchon vaseux est moins développé qu'en étiage (Figure II.10.) ; le maximum de turbidité se localise alors en aval de Honfleur (aux environs du pk 362) à basse mer et en aval de Tancarville (pk 343) à pleine mer. Ainsi, on remarque que l'excursion de marée est d'autant plus grande que le débit du fleuve est faible. Cette excursion de marée est de l'ordre de 20 km en situation d'étiage et de moins de 16 km en période de crue.

D'autre part, c'est en période d'étiage que le bouchon vaseux présente les plus fortes concentrations de matières en suspension (teneurs de plusieurs g.l^{-1} (Dupont *et al.*, 1996)). Ce phénomène est principalement lié au fait que les sections de l'estuaire sont plus étroites à Tancarville (où le maximum de turbidité est observé en période d'étiage) qu'en aval. En conséquence, et à masse turbide égale, ce bouchon de turbidité est plus concentré quand il se localise dans la partie amont de l'estuaire (Brenon, 1997). Enfin, lorsque le bouchon vaseux se situe dans la zone aval de l'estuaire, celui-ci subit des phénomènes d'expulsion et/ou de piégeage qui tendent à diminuer la concentration des matières en suspension du bouchon vaseux.

II.2.E.2. Evolution pluriannuelle du bouchon vaseux

Les études de suivi de l'estuaire réalisées par la Cellule Antipollution de la Seine permettent de mettre en évidence des fluctuations nettes de la position du bouchon vaseux sur une échelle pluriannuelle (Figure II.4.). Ainsi, entre 1955 et 1975, ce bouchon vaseux s'est déplacé d'environ 40 km vers l'aval. Cette migration peut s'expliquer par les aménagements réalisés dans l'estuaire et notamment l'ouverture du chenal de navigation en 1959 ainsi que l'agrandissement de la digue nord dans les années 60 qui ont conduit à une canalisation importante du fleuve. Depuis 1975, le bouchon vaseux semble s'être stabilisé.

II.2.E.3. Situation actuelle du bouchon vaseux

Les études menées par Dupont *et al.* (1996) dans le cadre du programme scientifique Seine Aval ne montrent pas de modification du comportement du bouchon vaseux depuis 1970. En effet, celui-ci présente un comportement comparable en 1995 et fin 1970, pour des conditions de débit et de marée équivalentes (centre localisé autour de Honfleur à basse mer et à proximité de Tancarville à pleine mer). Ainsi, des campagnes réalisées en 1995 afin de réactualiser les connaissances sur les fluctuations tidales et saisonnières du bouchon vaseux, dans le chenal de navigation de l'estuaire soumis à l'intrusion saline, révèlent l'absence de modifications notables de fonctionnement depuis les années 1980 ; les matières en suspensions du bouchon vaseux sont essentiellement d'origine continentale. Des simulations du bouchon vaseux à l'aide du modèle SAM-3D ont mis en évidence un piégeage accru des suspensions dans les zones profondes de faible hydrodynamisme (en aval) et un dépôt réduit de sédiments sur les niveaux supérieurs des rives latérales. Les premiers résultats montrent une part importante de l'action de la marée sur le bouchon vaseux (liée à l'asymétrie de propagation) et d'autre part des perturbations diverses et contradictoires par les gradients de densité. Il semble

que le bouchon vaseux dynamique soit étalé ou au contraire resserré, selon que les effets de densité se produisent à côté ou au coeur du bouchon (Le Hir *et al.*, 1997).

II.2.F. Les polluants

Malgré l'existence de plusieurs rejets industriels dans l'estuaire de la Seine, la majorité des polluants apportés dans l'estuaire proviennent de l'amont (région industrielle de Rouen et de Paris). Plusieurs types de produits polluants peuvent être différenciés dans l'estuaire de la Seine.

II.2.F.1. Les polluants organiques

Les eaux et les sédiments de l'estuaire de la Seine se caractérisent par une contamination par des composés organiques appartenant à de grands groupes de contaminants prioritaires. Les composés associés aux M.E.S. et/ou aux sédiments sont essentiellement des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), des polychlorobiphényles (PCB) et le DDT ainsi que certains de ses dérivés. Les composés herbicides (triazines), le lindane et un dérivé du DDT (DDE) sont présents majoritairement dans la phase aqueuse (Munsch *et al.*, 1996).

Il est à noter que certains polluants organiques dont les PCB agissent au niveau biologique avec des bioaccumulations le long du réseau trophique (Loizeau & Abarnou, 1996).

II.2.F.2. Les polluants métalliques

Des campagnes réalisées dans le cadre du programme Seine Aval ont permis de dresser un inventaire des principaux polluants métalliques. Ceux-ci présentent en général une distribution en fonction de la salinité. Les principaux métaux traces dissous recensés dans l'estuaire sont (Chiffolleau *et al.*, 1996) : le cadmium (Cd), le zinc (Zn), le cuivre (Cu), le plomb (Pb), le fer (Fe), le nickel (Ni), le cobalt (Co) et le mercure (Hg)

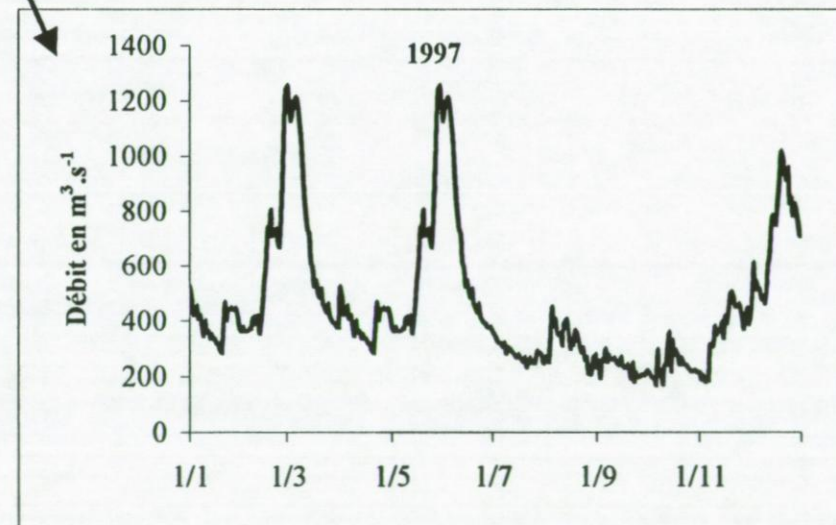
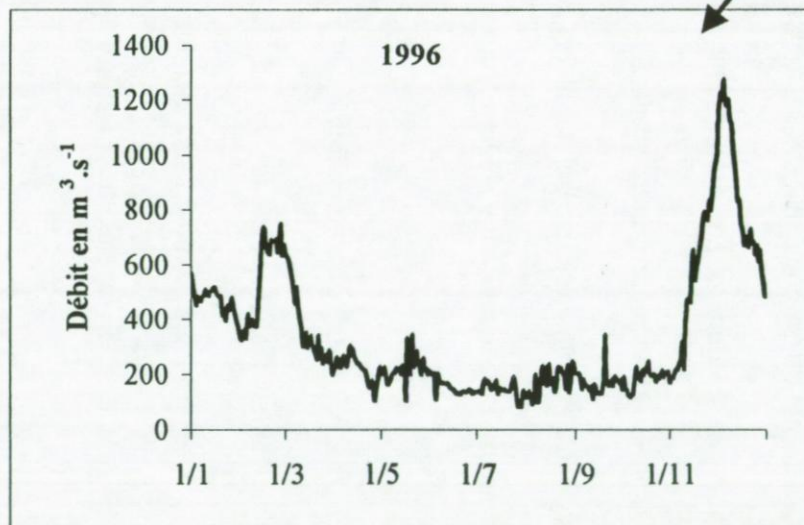
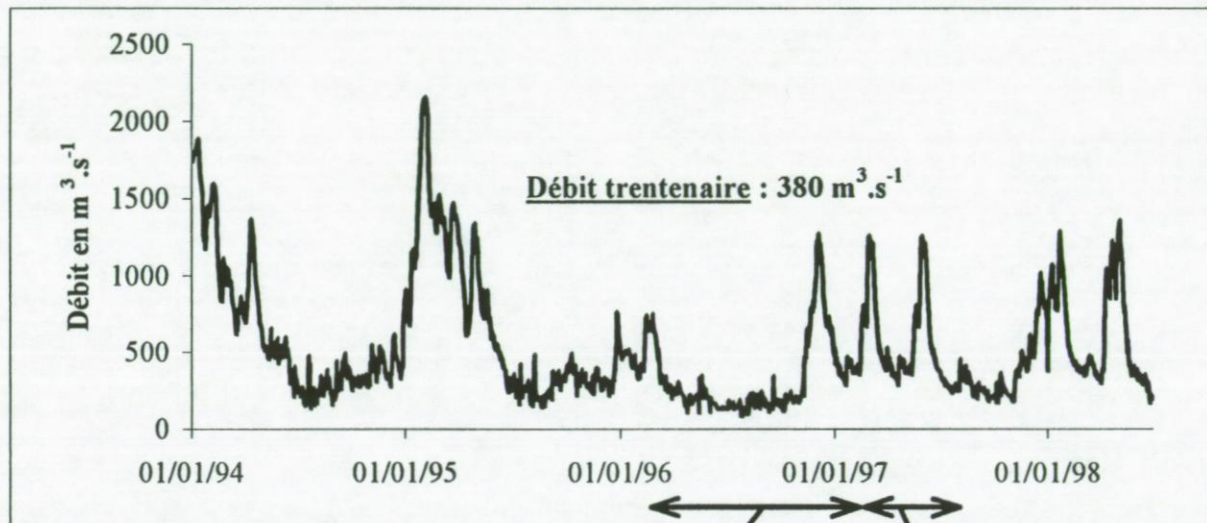


Figure II.11. Evolution du débit de la Seine à Poses entre 1994 et 1998.
(données du Service de la Navigation de la Seine de Rouen)

II.3. Les campagnes SEAV Pk : conditions environnementales

Les campagnes de prélèvement en estuaire de Seine se sont déroulées dans des conditions environnementales différentes, tant au niveau du cycle mensuel de marée (vive-eau, morte-eau) qu'au niveau du débit du fleuve.

Au cours des cinq années d'étude (1993-1998), effectuées en estuaire de Seine par le laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins et Malacologie, le débit de la Seine a présenté d'importantes variations pluriannuelles (Figure II.11.) avec notamment une forte crue pendant l'hiver 1995, la moyenne des débits enregistrés au cours de ces cinq années étant tout de même inférieure à la moyenne trentenaire de la Seine ($380 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$).

II.3.A. Campagnes février et septembre 1995

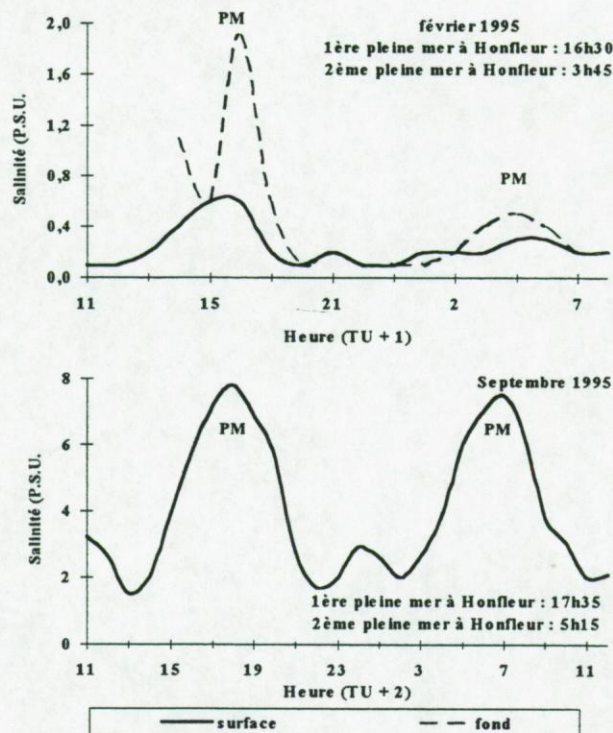


Figure II.12. Evolution de la salinité (surface, fond) au cours des cycles de 24h réalisés en 1995 à la station Pont de Normandie.

La campagne SEAV pk3 de février 1995 (campagne hivernale, température de l'eau : 8,4°C) est caractérisée par un débit important de l'ordre de $2100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Ce fort débit régit à lui seul la structuration haline de l'estuaire malgré la période de vive-eau (coefficient de marée de 104). Ainsi, les salinités maximales enregistrées le long du transect baie de Seine-Pont de Tancarville ne dépassent pas 26 P.S.U. en surface (Annexe I.2). De même, lors du cycle de 24h effectué au Pont de Normandie, la salinité n'a varié qu'entre 0,1 et 2,0 P.S.U. (Figure II.12.) ; l'importance du débit a provoqué, également, un mélange important des eaux marines et du fleuve (pas de différence notable de la salinité en surface et au fond), seules les périodes de pleine-mer sont caractérisées par des salinités de fond supérieures à celles de surface.

D'autre part le bouchon vaseux, sous l'influence du fort débit enregistré lors de cette campagne, a été dilué ; celui-ci présentant des valeurs de turbidité de l'ordre de 750 mg.l^{-1} de Matières en Suspension.

En revanche, la campagne SEAV pk5 de septembre 1995 (campagne estivale) a été réalisée en fin de période d'étiage avec un débit de $300 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ et une température de l'eau de 18,1°C, pendant un cycle de vive-eau (coefficient de marée de 94). Les salinités enregistrées au cours du cycle de marée effectué au Pont de Normandie ont varié entre des valeurs minimales de 1,5 P.S.U. et des valeurs maximales de 7,8 P.S.U. en surface (Figure II.12.). Le bouchon vaseux présente alors une structure beaucoup plus concentrée que lors de la campagne précédente (période de crue).

II.3.B. Campagnes 1996

Les campagnes de prélèvements en 1996 ont toujours été réalisées mensuellement pendant des périodes de morte-eau afin de comparer aisément les différentes campagnes entre elles.

L'année 1996 a été marquée par de faibles débits de la Seine avec une moyenne de $286 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ ce qui est nettement inférieur à la moyenne trentenaire communément citée pour la Seine ($380 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$). Seuls les mois de février, mars, novembre et décembre présentent des débits supérieurs à $700 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$, ceux-ci étant toutefois en dessous des valeurs typiques de crue de $1000 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ (Figure II.11.). De mi-avril à mi-juin, les débits enregistrés sont exceptionnellement bas, ceci étant dû au faible niveau de pluviométrie enregistré dans le bassin versant de la Seine.

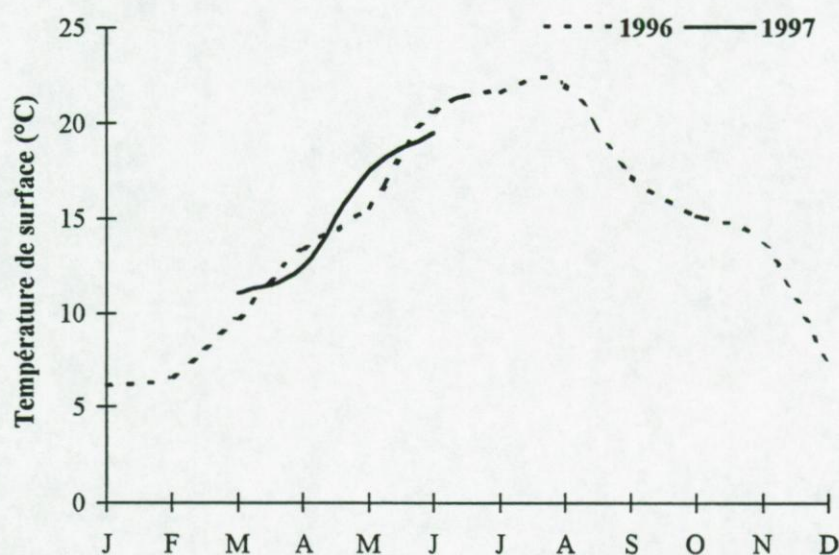


Figure II.13. Evolution de la température moyennée sur la colonne d'eau de l'estuaire de la Seine à la station Pont de Normandie, au cours de l'année 1996 et pendant la période printanière de 1997.

Les isohalines ne présentent pas de fortes variations de position au cours de l'année 1996. Les faibles salinités ($S < 10,0 \text{ P.S.U.}$) sont enregistrées uniquement dans la partie amont du Pont de Normandie (Annexe III) ; ce résultat est à mettre en relation avec les faibles débits du fleuve qui n'induisent une dessalure que dans la partie amont de l'estuaire.

La température (Figure II.13.) montre un cycle annuel marqué avec des températures minimales à la fin du mois de février ($< 6^\circ\text{C}$) et des maximum en août ($> 20^\circ\text{C}$). D'autre part, les températures des eaux marines sont plus élevées que les eaux douces du fleuve en hiver : $8,8^\circ\text{C}$ dans la baie (Point F) pour $6,9^\circ\text{C}$ en estuaire de Seine en décembre ; tandis que ce sont les eaux douces qui présentent des températures les plus élevées en été avec par exemple

20,6°C en baie de Seine et 22,6°C au Pont de Tancarville contre moins de 20°C au point F pour le mois d'août 1996 (Figure II.14., Annexe III.).

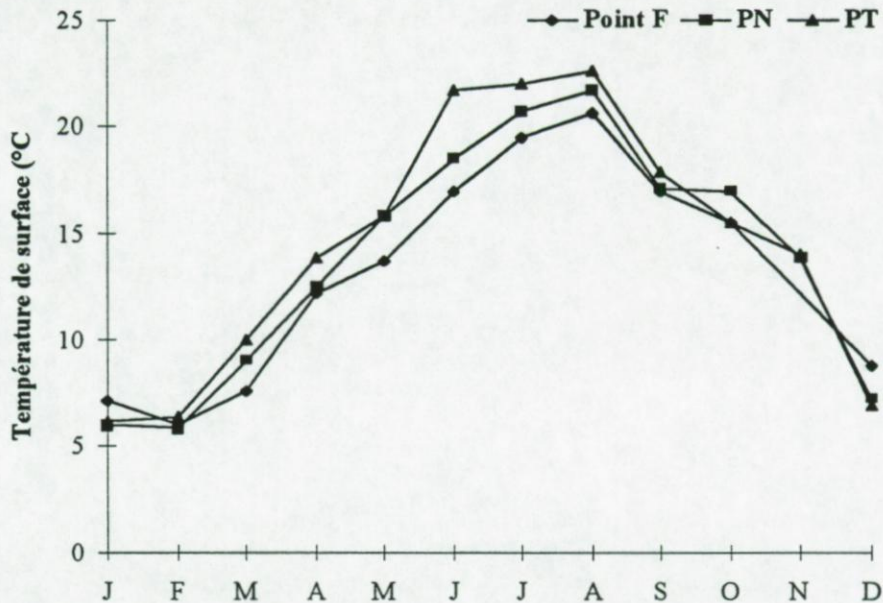
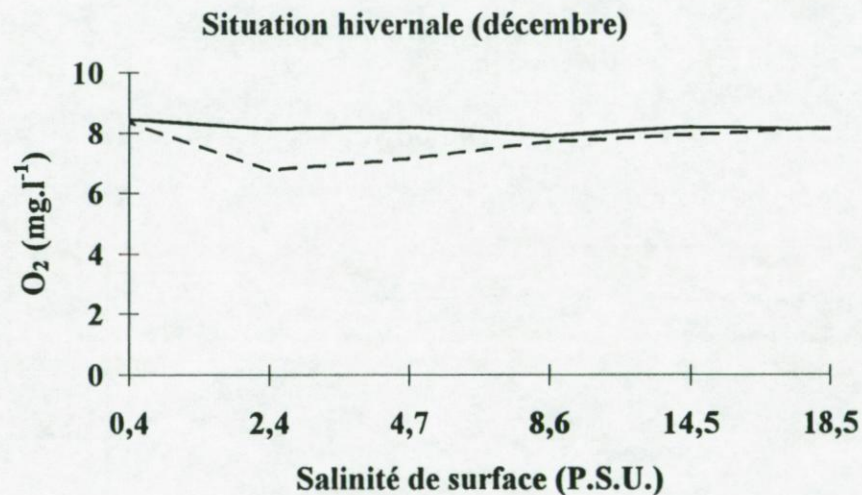
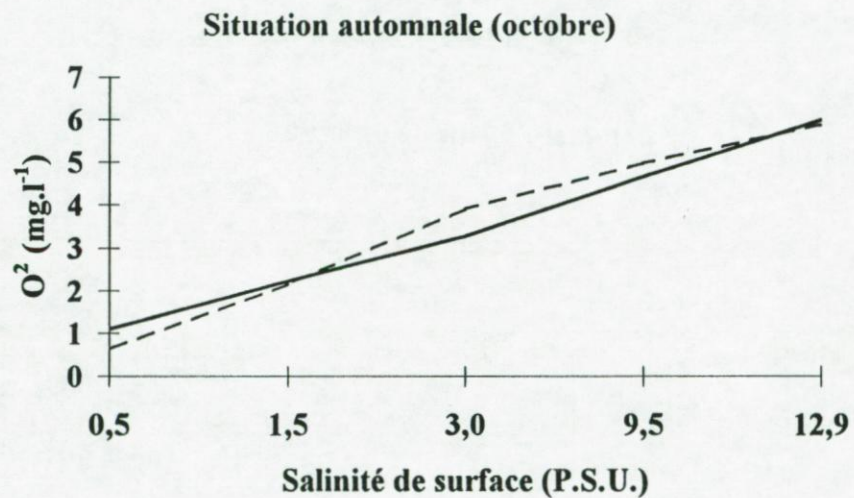
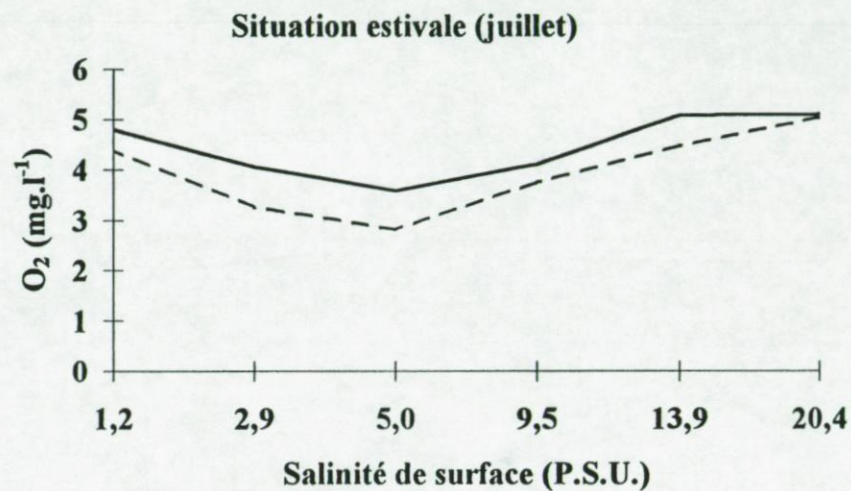
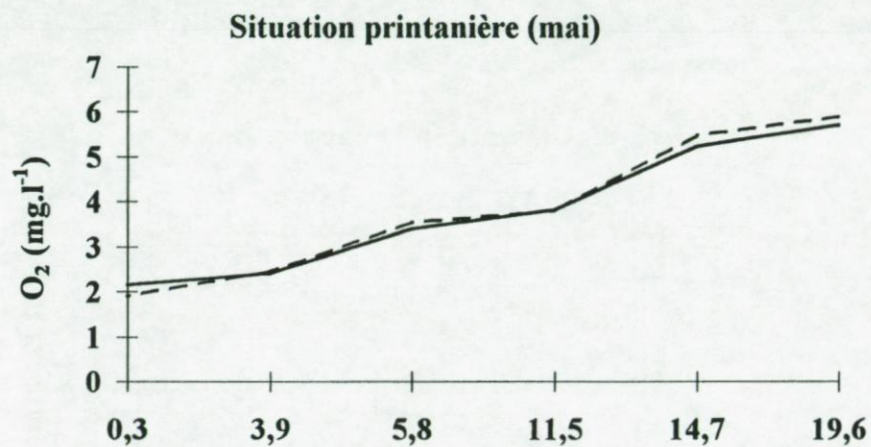


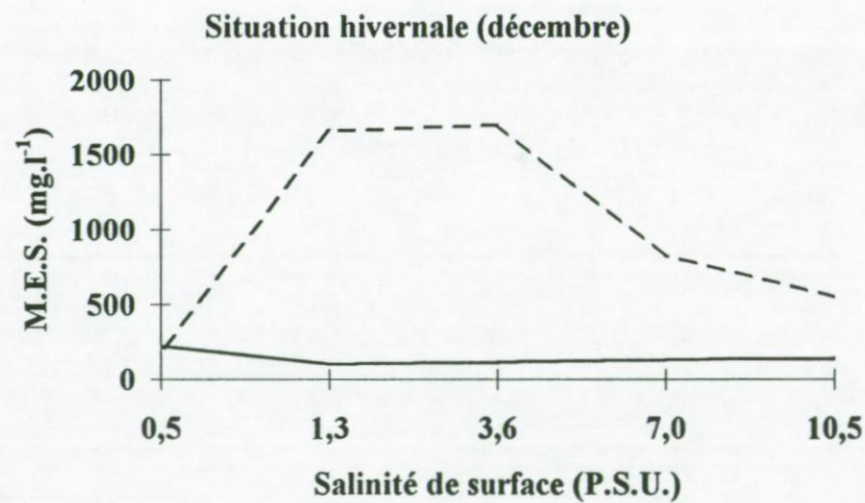
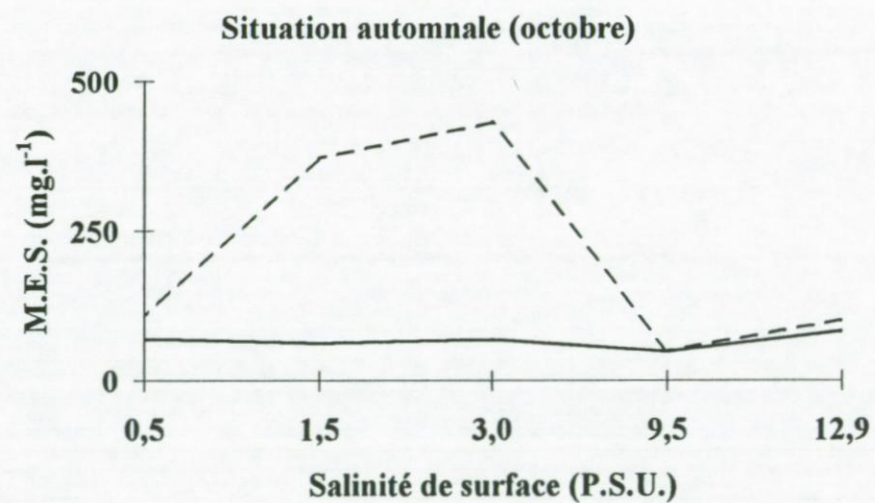
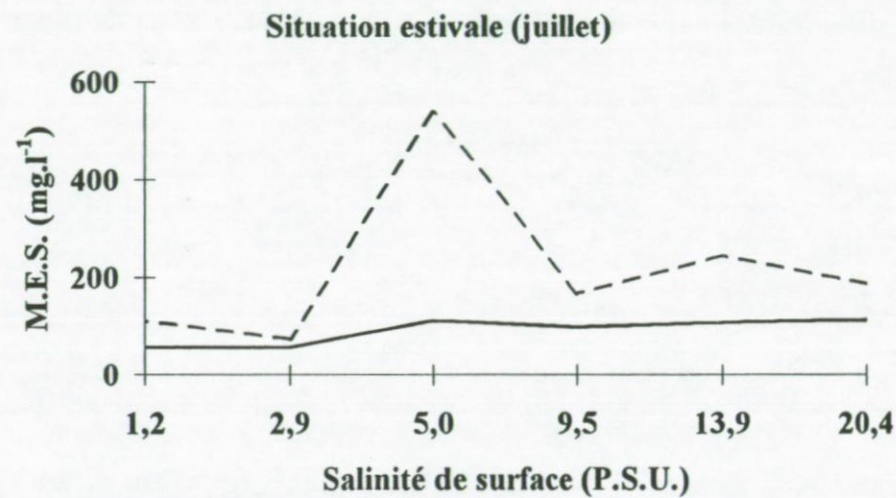
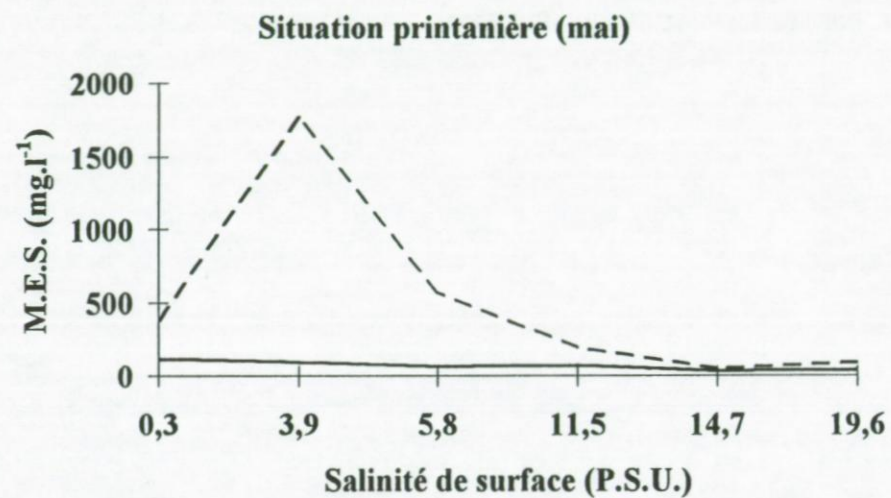
Figure II.14. Evolution annuelle de la température de surface (°C) en estuaire de Seine, au niveau de trois stations différentes au cours de 1996. Point F : débouché en mer ; PN : Pont de Normandie ; PT : Pont de Tancarville

La concentration en oxygène dissous montre qu'il existe généralement un gradient décroissant de la baie de Seine jusqu'aux eaux douces du fleuve, aussi bien en surface qu'en profondeur (Tableau II.II, Annexe III.). Au niveau du point F (pk 371), au débouché en mer de l'estuaire de la Seine, les concentrations en oxygène dissous sont de l'ordre de 7-8 mg.l⁻¹ alors que ces concentrations décroissent fortement dans la partie amont de l'estuaire avec des valeurs variant entre 1,35 et 7,14 mg.l⁻¹, au fond, au Pont de Tancarville. Ce gradient de concentration en oxygène dissous, décroissant de l'aval vers l'amont est observé au printemps, et en automne (Figure II.15.). En revanche, celui-ci n'existe pas pendant la période hivernale ce qui indiquerait une ré-oxygénation des eaux en relation avec l'augmentation des débits couplée à la baisse hivernale des températures mais également en été où l'étiage provoque un léger déficit en oxygène dans la partie moyenne de l'estuaire.



———— Surface - - - - - Fond

Figure II.15. Evolution saisonnière de la concentration en oxygène dissous (mg.l^{-1}) en surface et au fond le long du gradient de salinité au cours de l'année 1996



— Surface - - - - - Fond

Figure II.16. Evolution saisonnière de la concentration en M.E.S. (mg.l^{-1}) en surface et au fond le long du gradient de salinité au cours de l'année 1996.

Les radiales effectuées à chaque campagne de 1996, ont permis de localiser le bouchon vaseux le long du gradient de salinité. Ainsi, les concentrations en M.E.S. en surface sont toujours du même ordre de grandeur tout au long de l'estuaire tandis qu'elles présentent des valeurs maximales au fond dans la zone de salinité 5-3 P.S.U. (Figure II.16.). La régularité et la faible importance des débits n'ont pas induit de grandes variations annuelles de la position du bouchon vaseux. D'autre part, on peut remarquer que les concentrations en M.E.S. en surface sont toujours nettement inférieures à celles enregistrées au fond avec des valeurs inférieures à 500 mg.l⁻¹ ; tandis qu'en profondeur cette concentration peut atteindre des valeurs maximales, au niveau du centre de masse du bouchon vaseux, de 63400 mg.l⁻¹ en septembre (Annexe III.2.).

Tableau II.II. Concentration en O₂ dissous, en surface et au fond dans trois zones différentes de l'estuaire de la Seine au cours de l'année 1996. F : Baie de Seine ; PN : Pont de Normandie ; PT : Pont de Tancarville (- : pas de données).

Stations	O ₂ dissous surface (moyenne en mg.l ⁻¹)			O ₂ dissous Fond (moyenne en mg.l ⁻¹)		
	F	PN	PT	F	PN	PT
SEAV pk6, F	8,38	7,13	-	8,64	8,22	-
SEAV pk7, M	7,94	5,97	4,85	7,68	7,42	4,73
SEAV pk8, A	7,41	3,87	1,63	9,57	5,08	1,35
SEAV pk9, M	6,52	4,61	2,40	6,68	5,28	2,45
SEAV pk10, J	7,97	4,77	4,06	8,55	5,66	3,64
SEAV pk11, J	7,45	6,03	4,05	7,47	5,87	3,26
SEAV pk12, A	6,89	5,13	2,40	6,72	5,37	2,50
SEAV pk13, S	6,25	5,84	5,15	6,10	5,85	4,99
SEAV pk14, O	6,36	5,00	2,23	6,36	5,73	2,15
SEAV pk15, N	-	3,33	2,14	-	4,42	2,06
SEAV pk16, D	8,14	8,15	8,12	8,05	7,60	7,14

II.3.D. Campagnes 1997

Lors des campagnes printanières réalisées en 1997 de la mi-mars à la mi-juin, les débits sont une nouvelle fois d'un niveau assez bas n'excédant pas les 550 m³.s⁻¹. Le débit maximal

est enregistré lors de la campagne SEAV pk17 (mi-mars 1997) avec $523 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ alors qu'il présente sa valeur minimale de $212 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ fin mai (Annexe IV).

Tableau II.III. Variation inter annuelle de la concentration en oxygène dissous (mg.l^{-1}) au niveau de deux stations de l'estuaire de la Seine pendant la période printanière. PN : station Pont de Normandie, PT : station Pont de Tancarville.

	1996		1997	
	Surface	Fond	Surface	Fond
<u>Fin mars</u>				
PN	5,97	7,42	5,76	5,78
PT	4,85	4,73	3,84	5,55
<u>Fin mai</u>				
PN	4,61	5,28	4,11	3,80
PT	2,40	2,45	0,31	1,64

La concentration en oxygène dissous montre, lors de la période printanière, une différence inter annuelle. En effet, fin mars, la concentration en oxygène dissous est plus forte en 1997 qu'en 1996 en relation avec le débit plus important (fin de crue) en 1997 ($390 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) qu'en mars 1996 ($270 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). En revanche, malgré des débits comparables en mai, le déficit en oxygène est présent beaucoup plus tôt en 1997 qu'en 1996 (Tableau II.III.).

La température présente elle aussi des variations inter annuelles (Figure II.13.) avec une tendance inversée en 1997 par rapport à 1996. Ainsi, les températures de l'eau sont plus faibles en avril 1997 ($12,5^\circ\text{C}$) qu'en 1996 ($13,3^\circ\text{C}$) tandis qu'elles présentent des valeurs plus élevées en mai 1997 ($17,5^\circ\text{C}$) qu'en mai 1996 ($15,5^\circ\text{C}$).

La salinité et la turbidité présentent des profils longitudinaux semblables à ceux observés en 1996 à la même période, les valeurs de ces deux paramètres variant très peu.

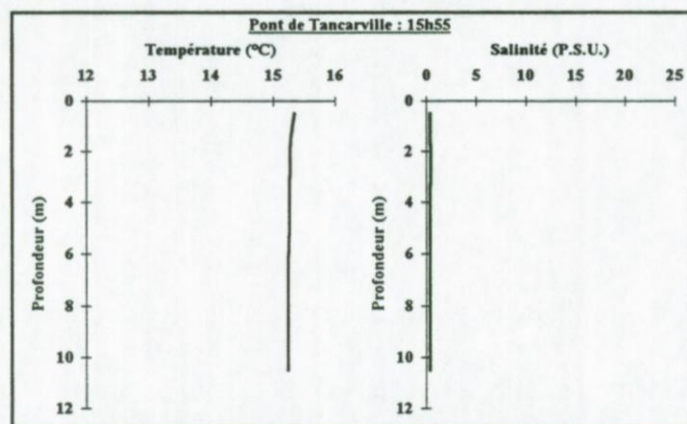
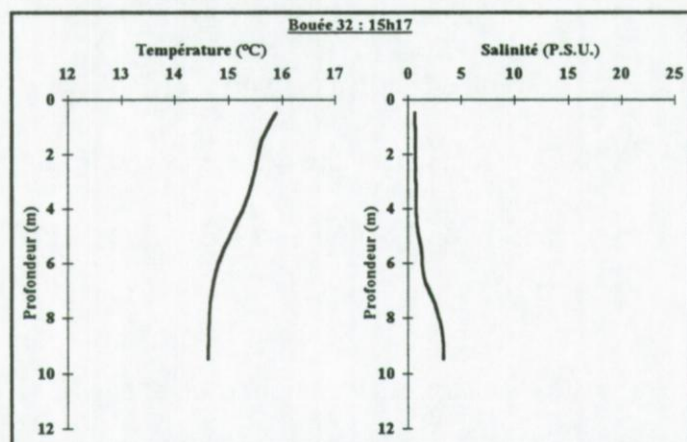
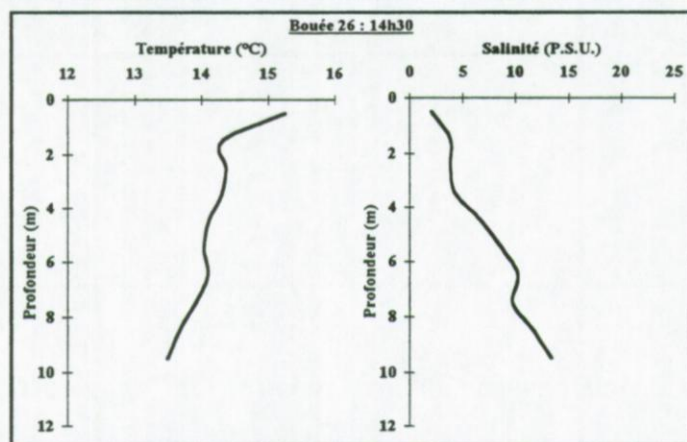
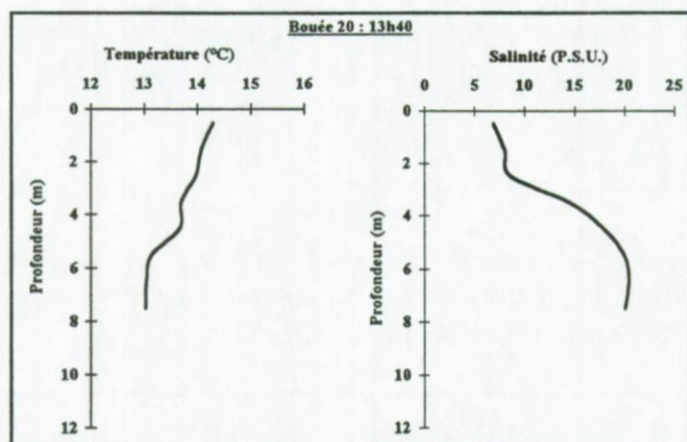


Figure II.17. Evolution verticale de la température et de la salinité le long du gradient aval-amont de l'estuaire (Bouée 20 : aval ; Pont de Tancarville : amont) lors de la campagne de mai 1997. heure de BM à Honfleur : 13h01

La figure II.17. montre l'évolution verticale aval-amont de la salinité et de la température lors d'une remontée de l'estuaire en période de flot (mi-avril 1997).

D'une part ces profils CTD mettent bien en évidence le système "bi-couche" de l'estuaire avec les eaux moins salées et plus chaudes en surface et les eaux marines, plus salées et plus froides, circulant au fond. D'autre part, on remarque que la stratification en deux couches s'estompe de l'aval en amont traduisant une diminution de la pénétration de l'eau marine dans la partie amont de l'estuaire ; la dernière station d'échantillonnage (Pont de Tancarville) étant caractérisée par une couche d'eau homogène sur toute sa hauteur (disparition de la stratification).

II.3.E. Campagnes 1998

La campagne SEAV pk28 (18 au 21 avril 1998) a été réalisée en période de morte-eau tandis que la campagne SEAV pk29 (27 au 29 avril 1998) s'est, quant à elle, déroulée en période de vive-eau (coefficient de 115). La campagne d'avril a été marquée par d'importants débits de la Seine dont les crues printanières, tardives, ont été assez fortes (de l'ordre $1160 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) alors que la campagne réalisée fin mai se caractérise par des débits moyens de l'ordre de $390 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Lors de ces campagnes, seules la salinité et la température ont été mesurées. La salinité présente une évolution typique d'une période de crue avec une forte dessalure d'amont vers l'aval en surface où les salinités ont varié entre 0,3 et 2,5 P.S.U (Annexe V.) ; la température ayant présenté, au cours de ces deux campagnes, des valeurs printanières typiques autour de $18,0^\circ\text{C}$.

Les différentes conditions environnementales rencontrées lors des campagnes réalisées entre 1995 et 1998 sont récapitulées dans la partie Annexes du mémoire.

CHAPITRE III

Evolution spatio-temporelle de la communauté mésozooplanctonique de l'estuaire de la Seine

Historique :

Avant le lancement du programme Seine Aval, la communauté mésozooplanctonique de la baie et de l'estuaire de la Seine n'avait pas fait l'objet d'études complètes. Seuls quelques travaux sur le zooplancton de la baie de Seine avaient été réalisés (Seguin, 1976 ; Wang *et al.*, 1994). La mise en place du programme Seine Aval à partir de 1993 lors de la campagne pré-Seine Aval a permis de combler ce déficit de connaissances sur le zooplancton estuarien. Les acquis obtenus de 1994 à 1998 sur la communauté mésozooplanctonique de l'estuaire de la Seine sont développés dans cette première partie de thèse. Plusieurs approches ont été effectuées afin de comprendre le fonctionnement du maillon planctonique de l'estuaire de la Seine. Grâce aux échantillonnages réalisés le long du gradient de salinité (radiales) au cours des différentes campagnes (1995-1996), la localisation et les mouvements longitudinaux des principales espèces mésozooplanctoniques vont être analysés. L'étude plus détaillée des prélèvements effectués en 1996 renseignera sur le cycle biologique annuel de ces mêmes espèces. D'autre part, les échantillonnages réalisés en point fixe durant un cycle de 24 heures (intégration de deux cycles pleine mer / basse mer) ont été étudiés afin de mettre en évidence d'éventuels rythmes nycthéméraux et/ou tidaux au sein de cette communauté mésozooplanctonique. Enfin, la comparaison des différents prélèvements effectués à la même époque mais sous des contraintes, soit de débit ou soit de marées, différentes vont permettre de préciser les relations existantes entre la communauté mésozooplanctonique et les variables comme le débit de la Seine ou l'alternance vive-eau / morte-eau notamment.

Tableau III.I. Liste des différentes espèces de Cladocères et de Copépodes recensées en estuaire de Seine de 1994 à 1998.

CLADOCERES

Acroperus elongatus (Sars, 1862)
Acroperus harpae (Baird, 1862)
Alona quadrangularis (O.F. Müller, 1785)
Alona rectangula Sars, 1862
Alonella exigua (Lilljeborg, 1853)
Biapertura affinis (Leydig, 1860)
Bosmina coregoni Baird, 1857
Bosmina longirostris (O.F. Müller, 1785)
Ceriodaphnia spp.
Chydorus sphaericus (O.F. Müller, 1785)
Chydorus spp.
Daphnia ambigua Scourfield, 1946
Daphnia cuculatta Sars, 1862
Daphnia hyalina Leydig, 1860
Daphnia magma Straus, 1820
Disparalona rostrata (Koch, 1841)
Eurycercus lamellatus (O.F. Müller, 1785)
Evadne nordmanni Lovén
Evadne spinifera Müller
Iliocryptus sordidus (Liévin, 1848)
Leydigia acanthocercoides (Fischer, 1854)
Leydigia quadrangularis (Leydig, 1860)
Macrothrix laticornis (Jurine, 1820)
Macrothrix hirsuticornis Norman et Brady, 1867
Macrothrix spp.
Pleuroxus denticulatus Birge, 1879
Pleuroxus uncinatus Baird, 1850
Pleuroxus aduncus (Jurine, 1820)
Pleuroxus trigonellus (O.F. Müller, 1785)
Pleuroxus spp.
Podon spp.
Scapholeberis mucronata (O.F. Müller, 1785)
Simocephalus exspinosus (Koch, 1841)

COPEPODES

Calanoides

Acantocyclops robustus
Acartia clausi Giesbrecht, 1889
Acartia bifilosa Giesbrecht, 1881
Acartia tonsa Dana, 1848
Acartia discaudata Giesbrecht, 1881
Calanus helgolandicus Claus, 1863
Centropages hamatus Lilljeborg, 1853
Centropages typicus Kröyer, 1849
Centropages sp.
Cyclopina spp.
Eurytemora affinis Poppe, 1880
Halicyclops sp.
Paracalanus parvus Claus, 1863
Parapontella brevicornis Lubbock, 1857
Pseudocalanus elongatus Boeck, 1872
Temora longicornis O.F. Müller, 1792

Harpacticoïdes

Corycaeus anglicus Lubbock, 1855
Dactylopodella sp.
Euterpina acutifrons Dana, 1852
Microsetella norvegica Boeck, 1864
Learnecera branchyialis

III.1. Caractéristiques générales de la communauté

III.1.A. Composition faunistique

Depuis 1993, début du programme Seine-Aval, les prélèvements effectués le long du gradient de salinité (intégrant d'une part les eaux marines de la baie de Seine et d'autre part les eaux douces de la partie amont de l'estuaire de la Seine) ont permis de dresser un inventaire quasi complet de la communauté zooplanctonique de cette partie salée de l'estuaire.

Ainsi, 57 taxa ou espèces mésozooplanctoniques ont été répertoriés depuis les eaux marines de la baie de Seine jusqu'aux eaux douces du fleuve (Tableau III.I.), répartis en 33 taxa de cladocères et 21 taxa ou espèces de copépodes. Des espèces de méduses (indéterminées), l'appendiculaire *Oikopleura dioica* et des larves de cirripèdes ont également été observés.

Les espèces estuariennes ou dulçaquicoles dominent largement la communauté de cladocères (30 taxa ou espèces) avec notamment la dominance des espèces des genres *Bosmina* spp. (*Bosmina coregoni* et *B. longirostris*) et *Daphnia* spp. (*D. ambigua*, *D. cuculatta*, *D. hyalina* et *D. magma*). Seulement trois taxa d'affinité marine (*Evadne nordmanni*, *E. spinifera* et *Podon* spp.) ont été recensés dans la zone estuarienne prospectée.

Pour les copépodes, les différents taxa se répartissent dans les trois principaux groupes de copépodes (calanoïdes, cyclopoïdes et harpacticoïdes). Les calanoïdes, avec 13 espèces déterminées représentent le groupe majoritaire dominé par 11 espèces marines ou néritiques côtières comme les espèces du genre *Acartia* (*A. clausi*, *A. bifilosa*, *A. discaudata* et *A. tonsa*), *Centropages* (*C. hamatus* et *C. typicus*) ou encore *Temora longicornis* ; une espèce typiquement estuarienne, *Eurytemora affinis*, et un taxon d'eau douce (*Diaptomus* spp.) sont également recensés. Les harpacticoïdes (cinq taxa) sont essentiellement représentés par des

espèces marines, comme *Euterpina acutifrons*, ainsi qu'une espèce de copépode parasite des clupéidés, *Learnacera branchialis*, dont la phase libre reproductrice a été prélevée dans l'estuaire. Les cyclopoïdes, avec trois espèces, sont faiblement représentés ; deux taxa marins *Cyclopina* spp. et *Halicyclops* spp. et une espèce d'eau douce dominante *Acantocyclops robustus* ont été identifiés.

La composition faunistique du maillon mésozooplanctonique de l'estuaire de la Seine est similaire à celle rencontrée dans les estuaires européens (Heerebout, 1974 ; Castel, 1984 ; Rijstenbil *et al.*, 1993 ; Bakker, 1994 ; Bakker & Van Rijswijk ; 1994, Bamber & Henderson, 1994 ; Hostens & Hamerlynck, 1994). La dominance en nombre d'espèces des copépodes calanoïdes des genres *Acartia*, *Calanus* (*Pseudocalanus* et *Paracalanus*), *Centropages*, *Eurytemora* ou *Temora* est d'ailleurs une constance de l'ensemble des estuaires tempérés et boréaux (Bousfield *et al.*, 1975 ; Holt & Strawn, 1983 ; Fisher *et al.*, 1988 ; Vecchione, 1989). Chez les copépodes du genre *Acartia*, les espèces recensées en estuaire de Seine (*A. bifilosa*, *A. clausi*, *A. discaudata* et *A. tonsa*.), sont couramment observées dans différents estuaires européens et nord-américains. Ainsi, Collins & Williams (1981, 1982) enregistrent la présence d'*A. bifilosa* et d'*A. clausi* dans un estuaire anglais ; Baretta & Malschaert (1988) recensent quand à eux, dans un estuaire néerlandais (Ems) les mêmes espèces du genre *Acartia* que celles observées en estuaire de Seine. *A. bifilosa*, *A. discaudata* et *A. tonsa* sont également observés en estuaire de Gironde où ils ont fait l'objet de plusieurs études (Irigoien, 1994 ; Gasparini, 1997). En revanche, Fulton (1984) et Kimmerer (1993) n'enregistrent que la présence d'*A. tonsa* en Caroline du Nord (estuaires proches de Beaufort) et en Californie (estuaires de la Baie de Tomales).

Les espèces marines comme l'appendiculaire *Oikopleura dioica* et les larves de cirripèdes sont également recensées dans la communauté mésozooplanctonique dans

différents estuaires où les études ont été faites sur tout le gradient de salinité (Kimmerer, 1993) comme il a été réalisé en estuaire de Seine.

III.1.B. Composition quantitative de la communauté mésozooplanctonique

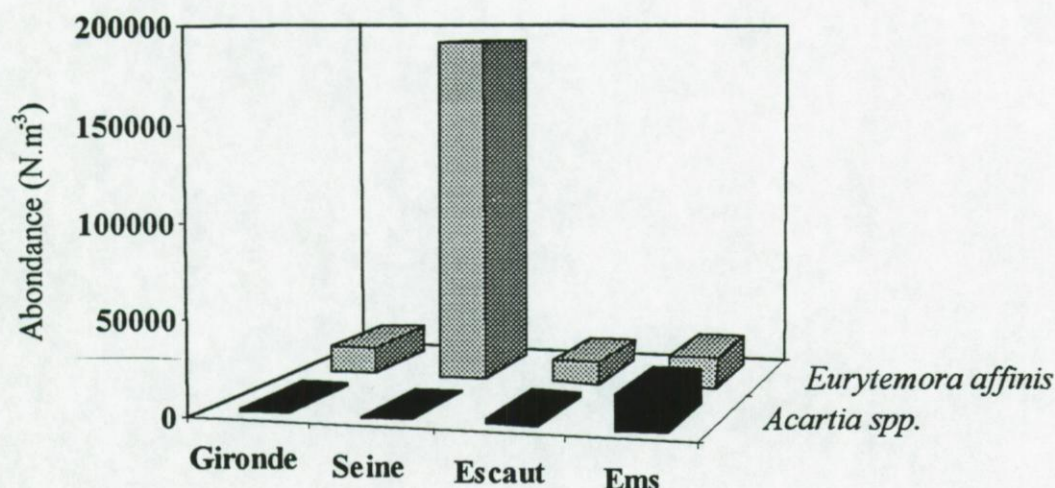


Figure III.2. Comparaison des densités printanières maximales des copépodes calanoïdes *Acartia* spp. et *Eurytemora affinis* dans quatre grands estuaires nord européens. Gironde, Escaut et Ems : Sautour et al., 1995 ; Seine : présente étude.

La communauté mésozooplanctonique en estuaire de Seine est surtout marquée, par rapport aux systèmes estuariens géographiquement proches, par la forte dominance du copépode *Eurytemora affinis* au printemps (Figure III.2.) ; cette forte dominance caractérise l'estuaire de la Seine par rapport aux autres grands estuaires nord européens. On peut également noter que les faibles densités printanières des copépodes du genre *Acartia* sont observées dans les trois estuaires les plus méridionaux, *Acartia* spp. ayant en estuaire de Seine des densités du même ordre que ce que l'on enregistre en Gironde et dans l'Escaut.

III.2. Evolution de la communauté mésozooplanctonique de l'estuaire de la Seine

III.2.A. Variations journalières

Le suivi de la communauté mésozooplanctonique a été réalisé en point fixe au cours de deux cycles journaliers, en condition de crue lors de la campagne SEAV Pk03 de février 1995 (suivi de 22 heures) et en période d'étiage lors de la campagne SEAV Pk04 de septembre 1995 (suivi de 26 heures). Cette stratégie d'échantillonnage permet d'étudier le comportement de cette communauté mésozooplanctonique vis à vis du rythme nycthéral et tidal dans des conditions de débits différents.

III.2.A.1. Campagne SEAV Pk03, février 1995

La campagne SEAV Pk03 (février 1995) a été réalisée dans des conditions de très forts débits puisque ceux-ci ont dépassé, durant les échantillonnages, $2\,000\text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ d'où de très faibles salinités de surface enregistrées au cours du suivi de 24h au Pont de Normandie (bouée 26) (Figure II.12.). Pendant ce suivi, on observe une dissymétrie haline nette entre les deux cycles tidaux successifs. Ainsi, les salinités maximales enregistrées étaient de 0,6 P.S.U. en surface lors de la première pleine mer (16-17h) et alors qu'elles n'ont atteints que 0,3 P.S.U. lors de la deuxième pleine mer (4-5h).

Lors de ce suivi de 22 heures, la densité totale mésozooplanctonique présente deux pics de maximum d'abondance, observés autour des deux périodes de pleine mer à un intervalle d'environ 13 heures (Figure III.3.). Les densités augmentent rapidement au cours du flot pour atteindre les valeurs les plus fortes, respectivement en moyenne de $100\,000\text{ ind.m}^{-3}$ et de $130\,000\text{ ind.m}^{-3}$ en fin de chaque période de flot. Cette densité totale mésozooplanctonique

décroît ensuite rapidement après la pleine mer pour présenter ses valeurs les plus faibles des densités moyennes (entre 3000 et 10000 ind.m⁻³) pendant les périodes de jusant et de basse mer. Un test U ($U < 1,96$) montre qu'il n'existe pas de différence significative entre les densités totales mésozooplanctoniques observées de jour et de nuit ainsi qu'au cours des différentes périodes tidales. De plus, les densités totales ne présentent pas de différences significatives entre la surface et la colonne d'eau (test, $U < 2,33$). Les pics de maximum d'abondance sont observés aux mêmes périodes de la marée au moment des périodes de flot.

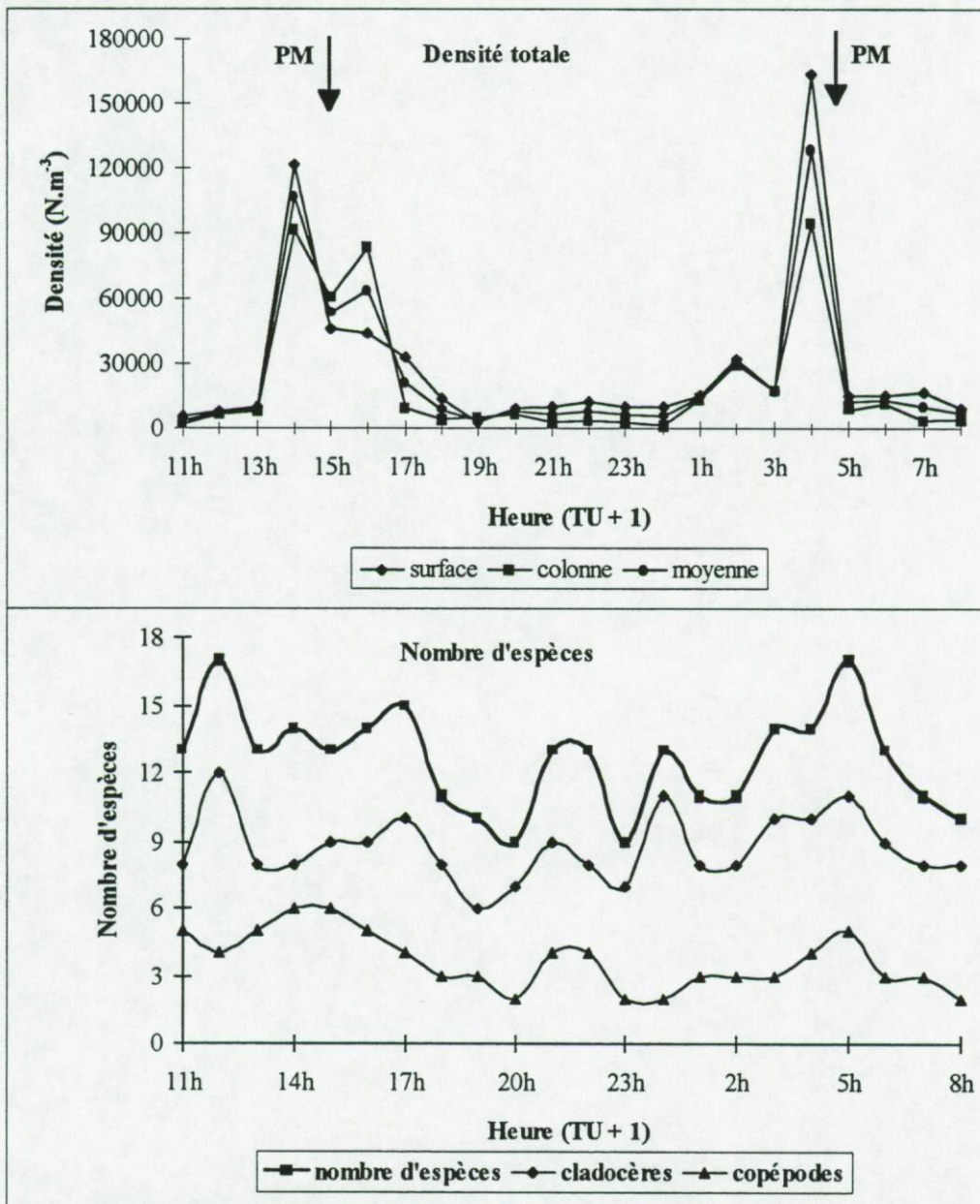


Figure III.3. Evolution de la communauté mésozooplanctonique en terme de densité totale et richesse spécifique au cours du cycle de 24h de février 1995.

La richesse spécifique montre des fluctuations importantes au cours des 22 heures. Celle-ci varie entre un minimum de 9 et un maximum de 17 espèces (Figure III.3.). Lorsque la richesse spécifique est décomposée en deux groupes, les cladocères et les copépodes, une forte dominance du groupe des cladocères apparaît (Figure III.3.).

Ainsi, ces cladocères représentent entre 57 et 85 % du nombre d'espèces mésozooplanctoniques échantillonnées ; les copépodes représentent, quant à eux, entre 15 et 43 % de cette richesse spécifique. Le nombre maximum de cladocères, de l'ordre de 10-12 espèces, est observé dans les masses d'eau de plus faibles salinités, comprises entre 0,1 et 0,3 P.S.U. en surface ; tandis que les faibles valeurs du nombre d'espèces de cladocères coïncident avec les valeurs les plus fortes de salinités de surface (0,6 P.S.U.). Le schéma inverse d'évolution est observé pour les espèces de copépodes qui présentent un nombre maximum d'espèces pour les plus fortes salinités de surface (0,4 - 0,6 P.S.U.) et minimum d'espèces pour les salinités inférieures à 0,3 P.S.U.

L'évolution journalière des densités des principales espèces de la communauté mésozooplanctonique, échantillonnées en février 1995, a été analysée notamment pour les cladocères *Bosmina* spp. et *Daphnia* spp. ainsi que pour les copépodes *Acartia* spp. n'ayant été prélevé qu'une seule fois au cours du cycle lors de la première pleine mer avec des densités de l'ordre de 160 ind.m^{-3} , du fait de l'expulsion des populations vers l'aval sous l'influence des forts débits). Les deux cladocères étudiés, *Bosmina* spp. et *Daphnia* spp., présentent une évolution journalière quasi similaire avec des densités les plus fortes observées en période de pleine mer (Figure III.4.). Ainsi ils présentent une augmentation de leurs densités au cours du flot, pour atteindre leurs valeurs maximales de densité au moment des deux tenues du plein (14000 et 12300 ind.m^{-3} pour

Bosmina spp ; 3800 et 2200 ind.m⁻³ pour *Daphnia* spp. pour les densités moyennes). Ensuite, ces densités diminuent régulièrement au cours du jusant et de la basse mer où sont enregistrées les plus faibles abondances (entre 1000 et 4000 ind.m⁻³ pour *Bosmina* spp. et 500 et 1000 ind.m⁻³ pour *Daphnia* spp. en moyenne). Aucune différence significative n'est observée entre les densités de jour et de nuit pour les deux cladocères (test U, U<1,96).

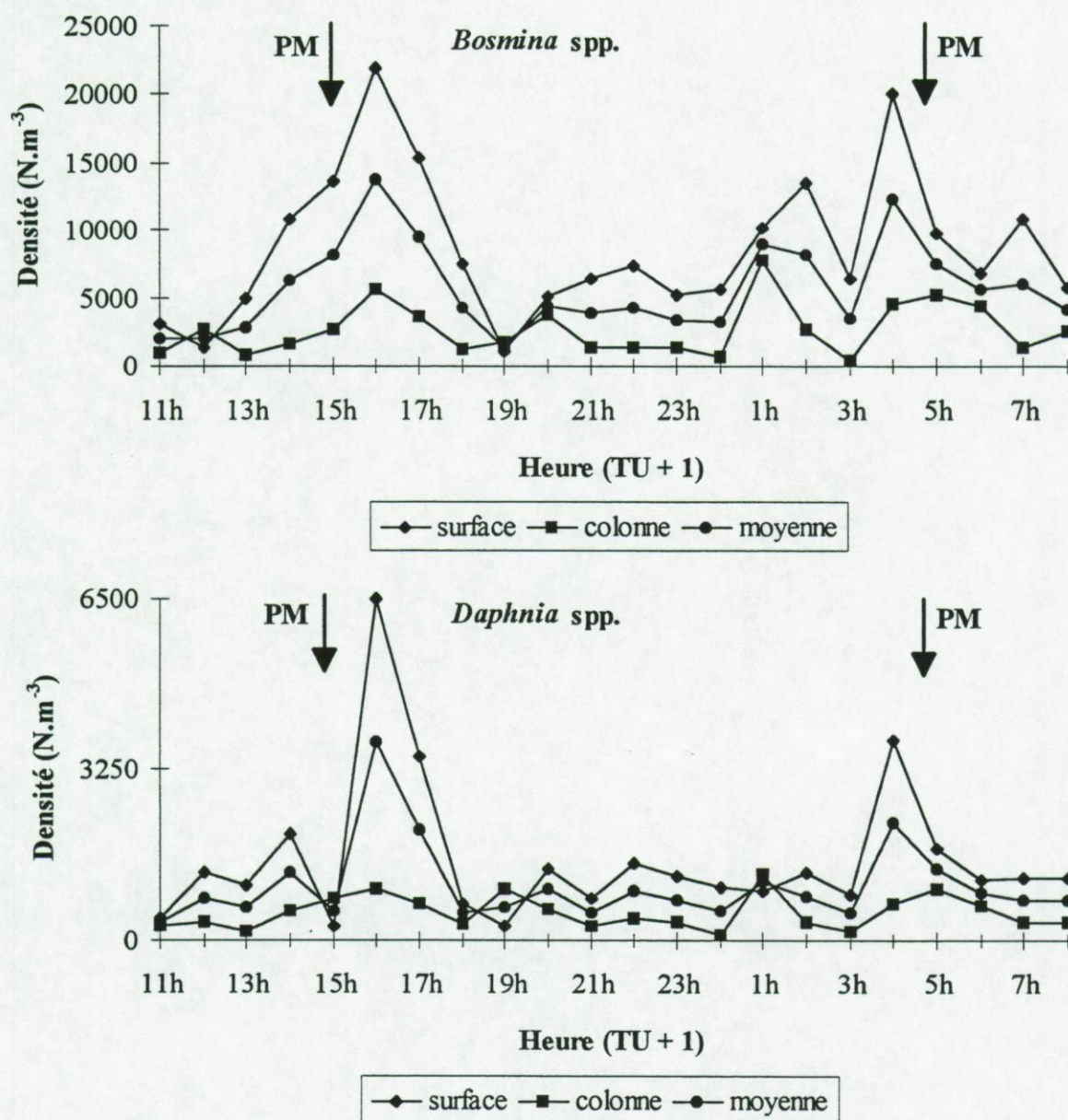


Figure III.4. Evolution de la densité totale moyenne, en surface et dans la colonne d'eau des cladocères *Bosmina* spp. et *Daphnia* spp. au cours du cycle de 24h de février 1995. PM : pleine mer.

D'autre part, il faut noter que les densités du cladocère *Bosmina* spp. sont toujours supérieures à celles enregistrées pour *Daphnia* spp. ; *Bosmina* spp. peut présenter des densités de 2 à 15 fois supérieures à celles de *Daphnia* spp. au cours du suivi journalier. Ces deux cladocères, typiques de la zone estuarienne amont, montrent une évolution journalière identique de leurs densités en surface et au niveau de la colonne d'eau. Toutefois, un test U ($U > 2,33$) fait apparaître l'existence d'une différence significative entre les abondances de surface et de la colonne d'eau pour les deux cladocères, les densités étant toujours plus importantes dans la masse d'eau de surface que dans la colonne d'eau (Figure III.4.).

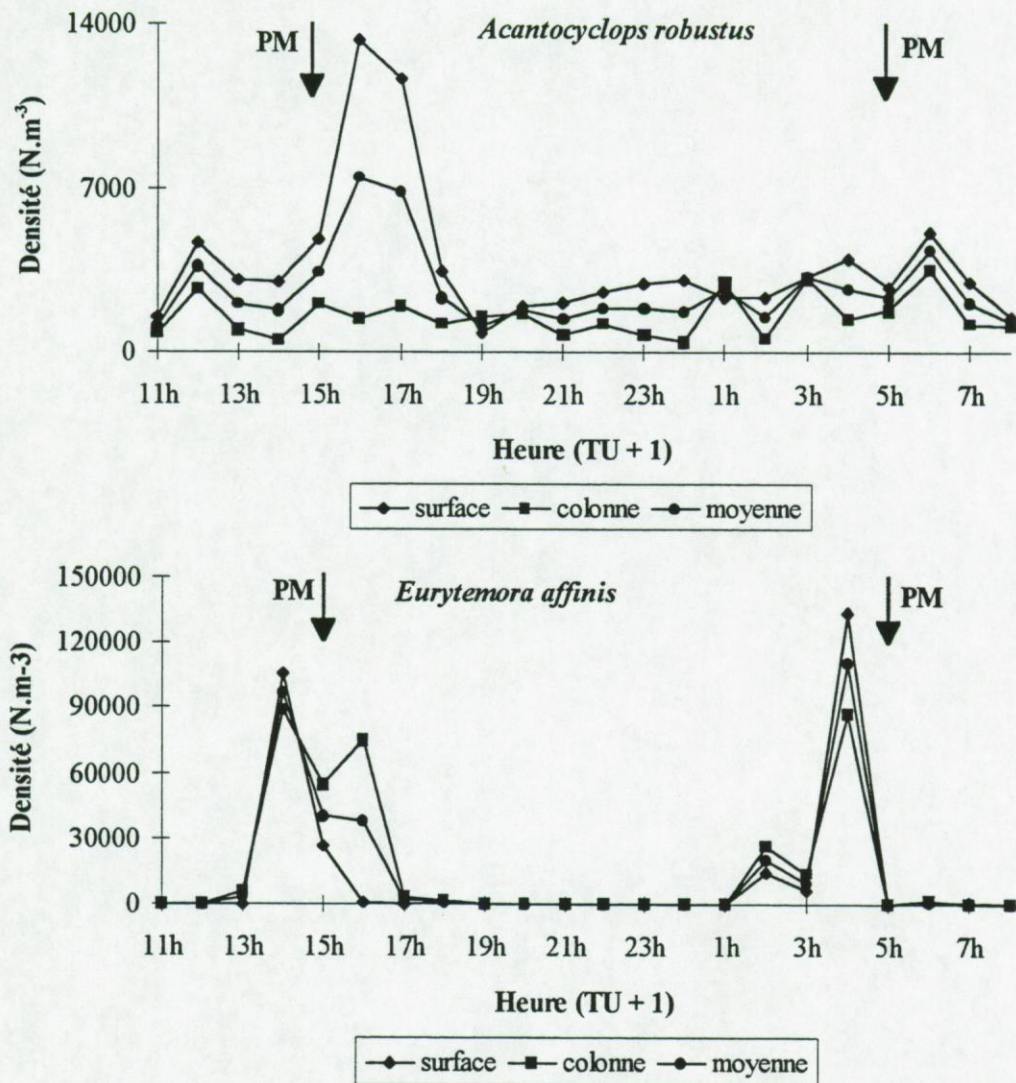


Figure III.5. Evolution de la densité totale moyenne, en surface et dans la colonne d'eau des copépodes *Acantocyclops robustus* et *Eurytemora affinis* au cours du cycle de 24h de février 1995. PM : pleine mer.

Les deux copépodes *Eurytemora affinis* et *Acartocyclops robustus* (Figure III.5.) présentent une évolution journalière en fonction de la salinité de surface. Chez le copépode majoritaire *Eurytemora affinis*, les densités augmentent au cours du flot pour présenter deux pics de maximum d'abondance (97000 et 110500 ind.m⁻³) en fin de flot (salinité de surface respectivement de 0,4 et 0,3 P.S.U.) ; les abondances décroissent ensuite progressivement au cours du jusant pour enregistrer leurs valeurs les plus faibles au cours de la période jusant/basse mer. Aucune différence entre les densités de jour et de nuit n'a été observée (test U, U<1,96). L'analyse plus détaillée de l'évolution journalière d'*Eurytemora affinis* sera abordée dans un chapitre spécifique à ce copépode (chapitre IV).

Pour le copépode cyclopoïde, *Acartocyclops robustus* (Figure III.5.), un seul pic majeur de maximum d'abondance est observé lors du début de la première période de jusant (moyenne de 7400 ind.m⁻³) à 17 heures, les abondances augmentant au cours du flot. Un pic secondaire de maximum d'abondance est également enregistré lors de la période de jusant suivante (6 heures). *Acartocyclops robustus* présente des densités différentes entre la colonne d'eau et la surface (test U, U>2,33), les abondances étant plus fortes dans la masse d'eau de surface.

III.2.A.2. Campagne SEAV Pk04, septembre 1995

La campagne SEAV pk04 (septembre 1995) a été réalisée dans des conditions de fin d'étiage avec un débit moyen de 300 m³.s⁻¹. Au cours de ce suivi de 26 heures au Pont de Normandie, les salinités de surface les plus fortes (7,8 et 7,5 P.S.U.) sont enregistrées au moment des pleines mers (18 heures et 7 heures), tandis que les plus faibles comprises entre 1,5 et 2,9 P.S.U. sont mesurées en surface aux environs de la basse mer (13 et 22-1 heures) (Figure II.12.).

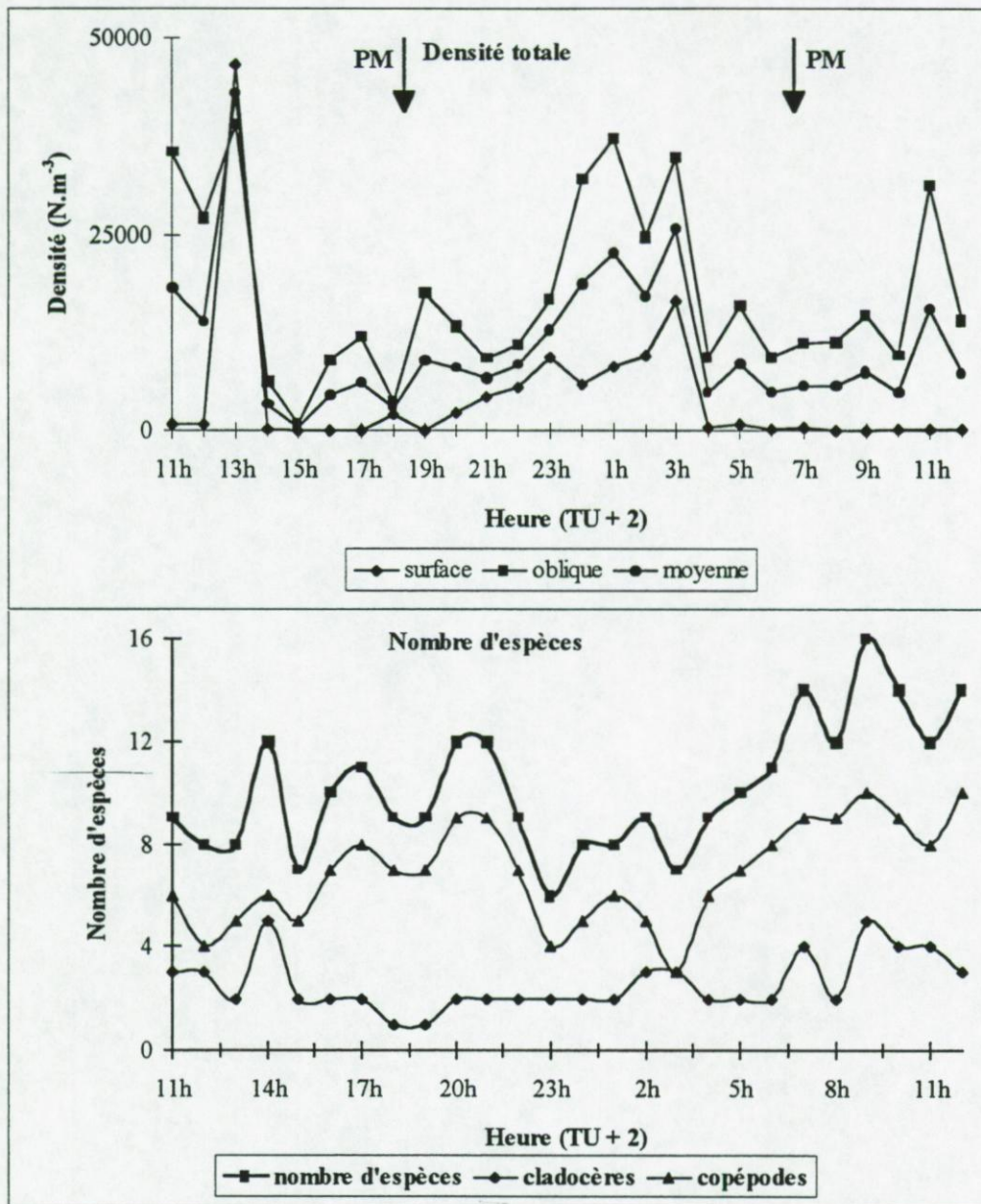


Figure III.6. Evolution de la communauté mésozooplanctonique en terme de densité totale et richesse spécifique au cours du cycle de 24h de septembre 1995.

Deux pics d'abondance maximale de la communauté mésozooplanctonique sont observés au cours de ce suivi journalier et coïncident avec les périodes de basse mer (Figure III.6.). En effet, le premier pic de densité maximale (43 000 ind. m^{-3}) est présent au moment de la première basse mer diurne (salinité de surface : 1,5 P.S.U.) tandis que la deuxième période de maximum d'abondance de la communauté zooplanctonique, regroupant deux pics (18 800 et 22 700 ind. m^{-3}) est localisée autour de la basse mer nocturne où la salinité de surface varie entre 2,6 et 2,9 P.S.U. La densité totale mésozooplanctonique décroît rapidement au cours du

flot, atteignant des valeurs minimales à pleine mer suivie d'une augmentation progressive des abondances mésozooplanctoniques pendant la période de jusant pour atteindre des maxima à basse mer. Un test U ($U > 2,33$) met en évidence des différences significatives entre les densités totales mésozooplanctoniques de surface et de la colonne d'eau (Figure III.6.). Les densités les plus fortes sont observées dans la colonne excepté lors du premier pic de maximum d'abondance où les valeurs entre colonne (39000 ind.m^{-3}) et surface (47000 ind.m^{-3}) sont du même ordre de grandeur.

La richesse spécifique évolue, au cours des 26 heures, entre un minimum de 7 espèces et un maximum de 16 espèces mésozooplanctoniques sans toutefois présenter une réelle tendance évolutive (Figure III.6.). La décomposition de la richesse spécifique totale suivant les deux groupes principaux d'espèces mésozooplanctoniques (cladocères et copépodes) permet de dégager une dominance nette du groupe des copépodes en terme de nombre de taxa (Figure III.6.). Les copépodes représentent entre 43 et 88 % des taxa mésozooplanctoniques au cours du suivi ; trois espèces au minimum (salinité de surface : 2,6 P.S.U.) et 10 espèces de copépodes au maximum (salinité de surface : 3,8 P.S.U.) étant recensées. Le nombre d'espèces de cladocères varie, au cours du cycle journalier, entre un minimum d'une espèce (salinité de surface : 7,8 P.S.U.) et un maximum de cinq espèces (salinité de surface : 3,8 P.S.U.) ; celles-ci représentant entre 11 et 43 % du nombre total d'espèces mésozooplanctoniques comptabilisées au cours de ce suivi. D'autre part, peu d'espèces de cladocères sont recensées pendant les périodes de pleine mer.

Les cladocères *Bosmina* spp. et *Daphnia* spp. présentent une évolution journalière identique avec les plus fortes densités toujours observées au moment de la basse mer (Figure III.7.).

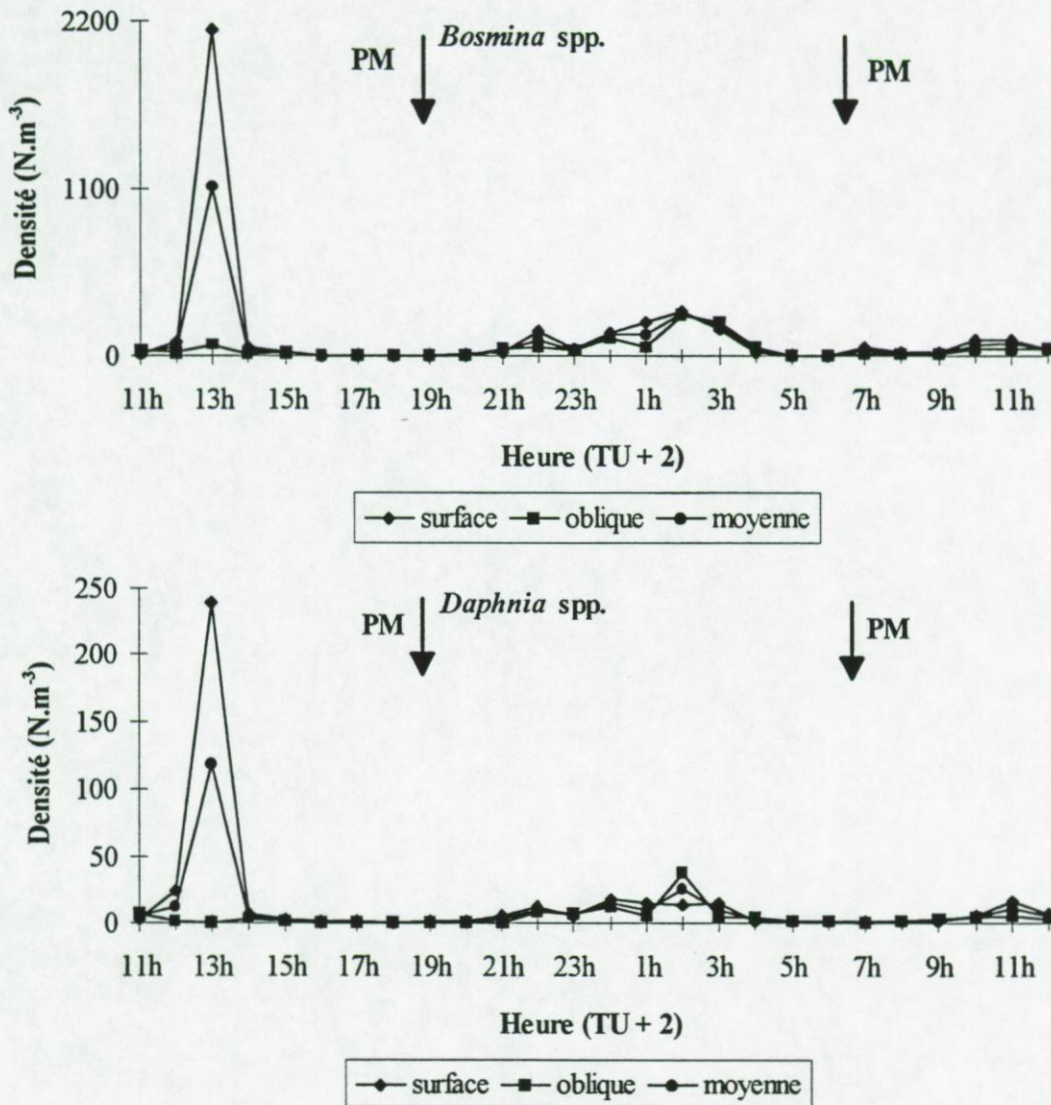


Figure III.7. Evolution de la densité totale moyenne, en surface et dans la colonne d'eau des cladocères *Bosmina* spp. et *Daphnia* spp. au cours du cycle de 24h de septembre 1995. PM : pleine mer.

On recense ainsi, en moyenne, 1100 et 284 ind.m⁻³ pour *Bosmina* spp. lors des deux basses mers successives et 120 et 25 ind.m⁻³ pour *Daphnia* spp. ; les densités au cours des périodes de flot n'excédant pas les 40 ind.m⁻³ pour *Bosmina* spp. et 10 ind.m⁻³ pour *Daphnia* spp. (valeurs maximales en surface). *Bosmina* spp. présente en général des densités supérieures à *Daphnia* spp, en moyenne de l'ordre de 11 fois supérieur. Pour ces deux cladocères, des différences significatives de densité (test U, $U > 1,96$) sont mises en évidence entre les basses mers diurne et nocturne, ces différences étant sans doute induites par l'absence de pic nocturne de fortes abondances en surface. D'autre part, un test U ($U < 2,33$) ne montre pas de

différences de densités, au cours du suivi, entre la colonne d'eau et la surface malgré les faibles abondances enregistrées dans la colonne d'eau lors de la basse mer diurne (13 heures).

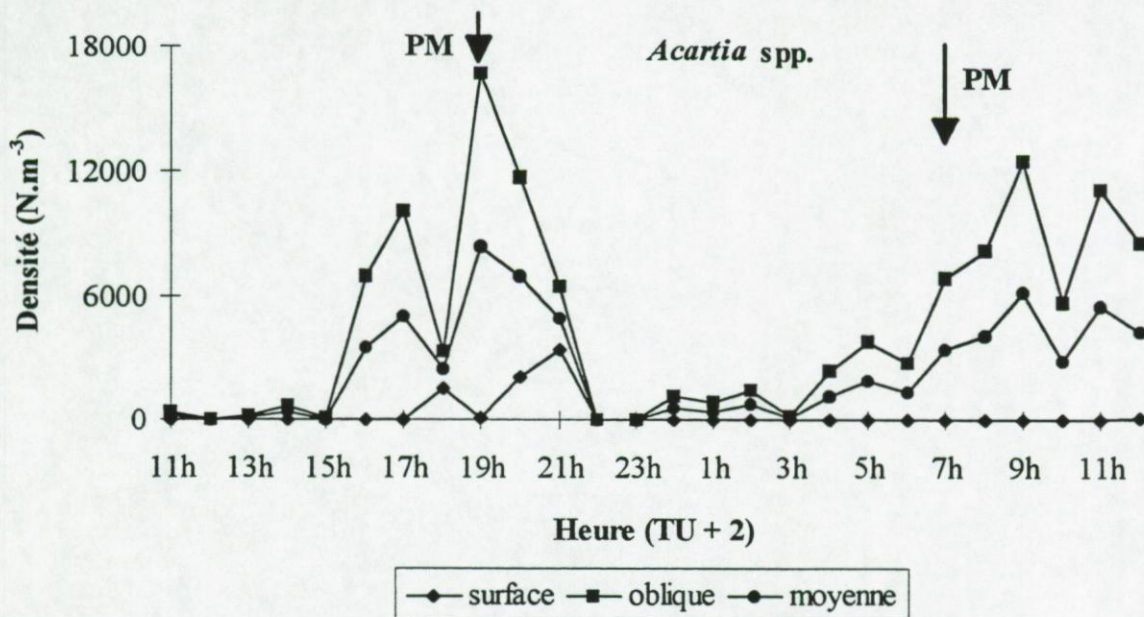


Figure III.8. Evolution de la densité totale moyenne, en surface et dans la colonne d'eau des copépodes du genre *Acartia* au cours du cycle de 24h de septembre 1995. PM : pleine mer.

Chez les copépodes, deux types d'évolution journalière sont observés. Pour les copépodes du genre *Acartia* spp. (regroupant *A. clausi*, *A. bifilosa*, *A. discaudata*, *A. tonsa* et les copépodites du genre), les densités augmentent pendant le flot et la pleine mer (Figure III.8.) et présentent en début de jusant des abondances maximales (moyenne de 8400 ind.m^{-3} pour une salinité de surface de 6,9 P.S.U.). Les densités d'*Acartia* spp., enregistrées au moment de la basse mer, sont minimales comprises entre 5 (salinité de surface : 2,6 P.S.U.) et 750 ind.m^{-3} en moyenne (salinité de surface : 2,0 P.S.U.). On peut noter tout au long du suivi de 24 heures que les abondances sont toujours plus fortes dans la colonne d'eau qu'en surface (test U, $U > 2,33$).

Le copépode cyclopoïde *Acartocyclops robustus* et le calanoïde *Eurytemora affinis* présentent une évolution journalière inverse de celle décrite pour les copépodes du genre *Acartia*, avec des abondances maximales au cours des périodes de basse mer (Figure III.9.).

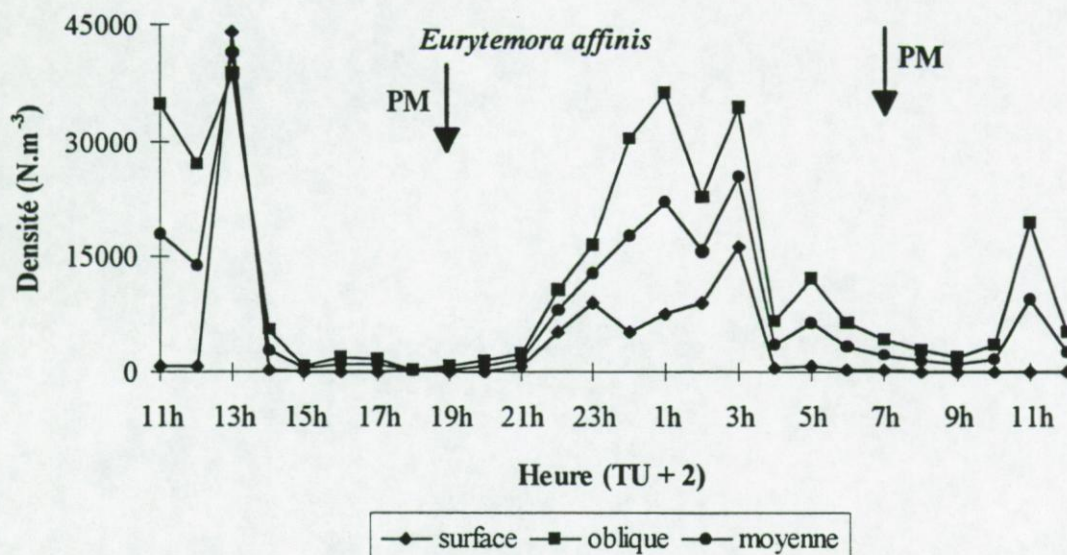


Figure III.9. Evolution de la densité totale moyenne, en surface et dans la colonne d'eau du copépode *Eurytemora affinis* au cours du cycle de 24h de septembre 1995.

Les densités moyennes maximales d'*Eurytemora affinis*, à basse mer, sont de l'ordre de 41300 ind.m⁻³ pour une salinité de surface de 1,5 P.S.U. et de 22000-25300 ind.m⁻³ pour une salinité de surface de 2,6 P.S.U. Les abondances de ce copépode deviennent relativement faibles pendant le flot et la pleine mer (< 5 000 ind.m⁻³) puis augmentent de façon rapide en fin de jusant. L'étude plus précise de l'évolution journalière de ce copépode sera présentée dans le chapitre IV consacré exclusivement à *Eurytemora affinis*. D'autre part, on remarque que les densités deviennent plus fortes dans la colonne d'eau qu'en surface lors de la basse mer nocturne.

Acantocyclops robustus montre des densités moyennes maximales de 200 ind.m⁻³ au moment de la basse mer diurne et de 200-320 ind.m⁻³ lors de la basse mer nocturne ; les densités chutent au cours du flot et de la pleine mer (abondances < 50 ind.m⁻³) pour augmenter rapidement au cours du jusant. Un test U (U<2,33) montre que ce copépode présente une évolution de ces abondances similaire en surface et dans la colonne d'eau ; celles-ci sont toutefois toujours supérieures en surface (Figure III.10.).

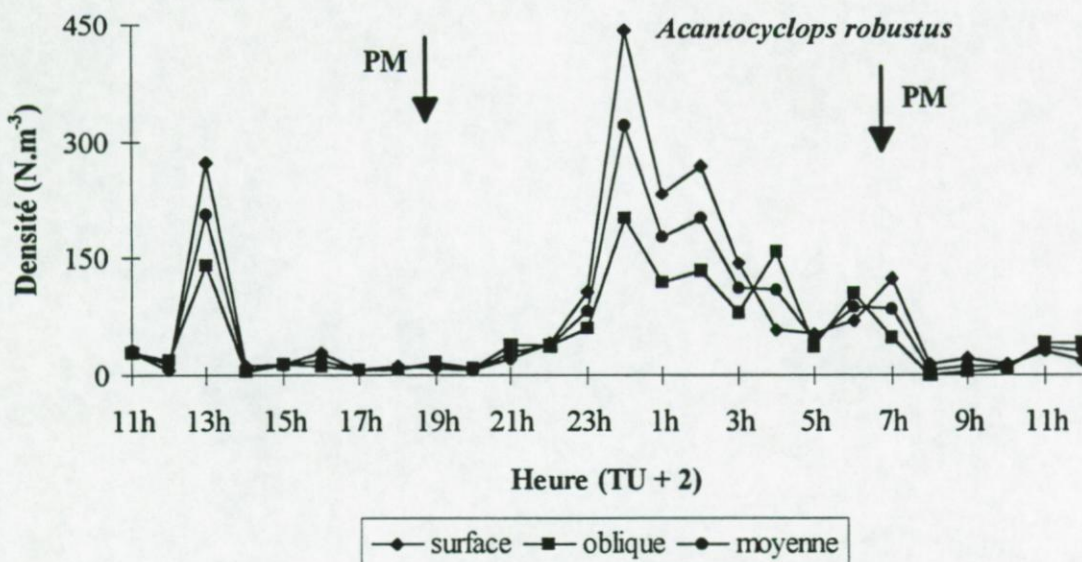


Figure III.10. Evolution de la densité totale moyenne, en surface et dans la colonne d'eau du copépode *Acanthocyclops robustus* au cours du cycle de 24h de septembre 1995.

L'analyse des différents cycles journaliers (février et septembre 1995) permet de mettre en évidence des rythmes tidaux de la communauté mésozooplanctonique de l'estuaire de la Seine. Deux évolutions journalières apparaissent avec d'une part des espèces d'origine dulçaquicoles (cladocères *Bosmina* et *Daphnia* spp. et le copépode *Acanthocyclops robustus*) qui présentent leurs plus fortes abondances, au niveau du Pont de Normandie (partie moyenne de l'estuaire) lors du passage des masses d'eau de faible salinité. Les espèces d'origine marine comme les copépodes du genre *Acartia* sont observées, à la station Pont de Normandie, au niveau des masses d'eau de salinité les plus fortes. En conséquence, au cours d'un cycle de marée complet (2 pleines mers et 2 basses mers) il apparaît, dans la partie moyenne de l'estuaire, une succession d'espèces en fonction du rythme tidal ; les espèces de la partie amont de l'estuaire sont observées pendant les périodes de jusant et de basse mer dans la masse de surface (eau douce du fleuve s'écoulant vers la baie) tandis que les espèces marines (localisées dans la partie aval de l'estuaire) ne sont présentes qu'en fin de flot et pleine mer dans la colonne d'eau (pénétration de la masse d'eau marine par le fond) (Figure III.11.). De

plus, des premiers éléments sur l'évolution journalière d'*E. affinis* montrent une différence de localisation entre le jour (en surface) et la nuit (dans la colonne d'eau).

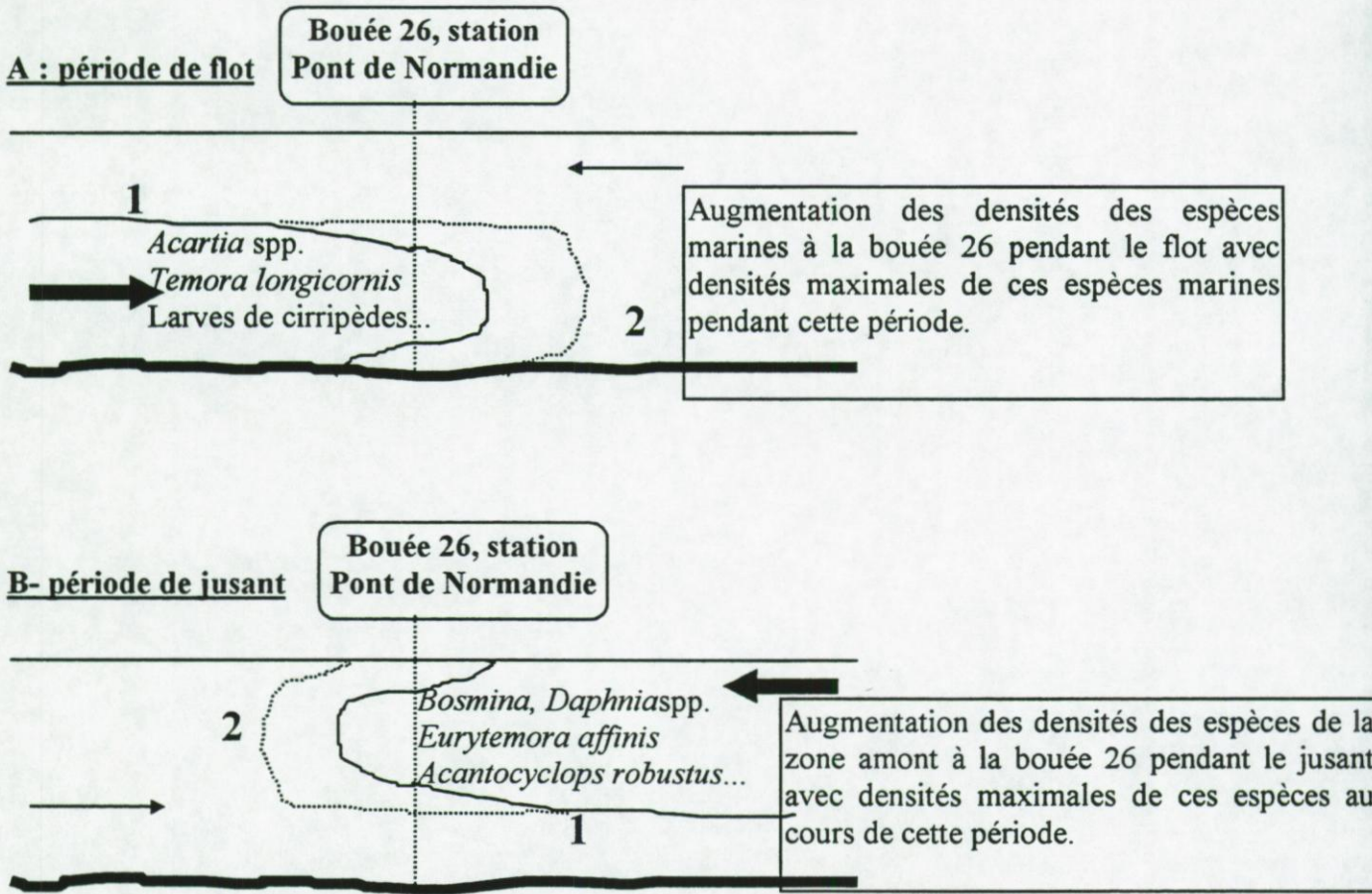


Figure III.11. Représentation schématique de l'évolution journalière de la communauté mésozooplanctonique à la station Bouée 26, Pont de Normandie pour une situation de débit d'étiage ($350 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Schéma A (période de flot) : 1 : flot, 2 : pleine mer ; Schéma B (période de jusant) : 1 : jusant, 2 : basse mer.

III.2.B. Evolution mensuelle

III.2.B.1. Structure spatio-temporelle de la communauté

Un suivi annuel de la communauté mésozooplanctonique de l'estuaire de la Seine a été réalisé en 1996 par échantillonnage mensuel le long du gradient de salinité ; six stations ont ainsi été étudiées tout au long de l'année sauf en octobre et novembre 1996 où seules cinq stations ont fait l'objet de prélèvements (Annexes III.1).

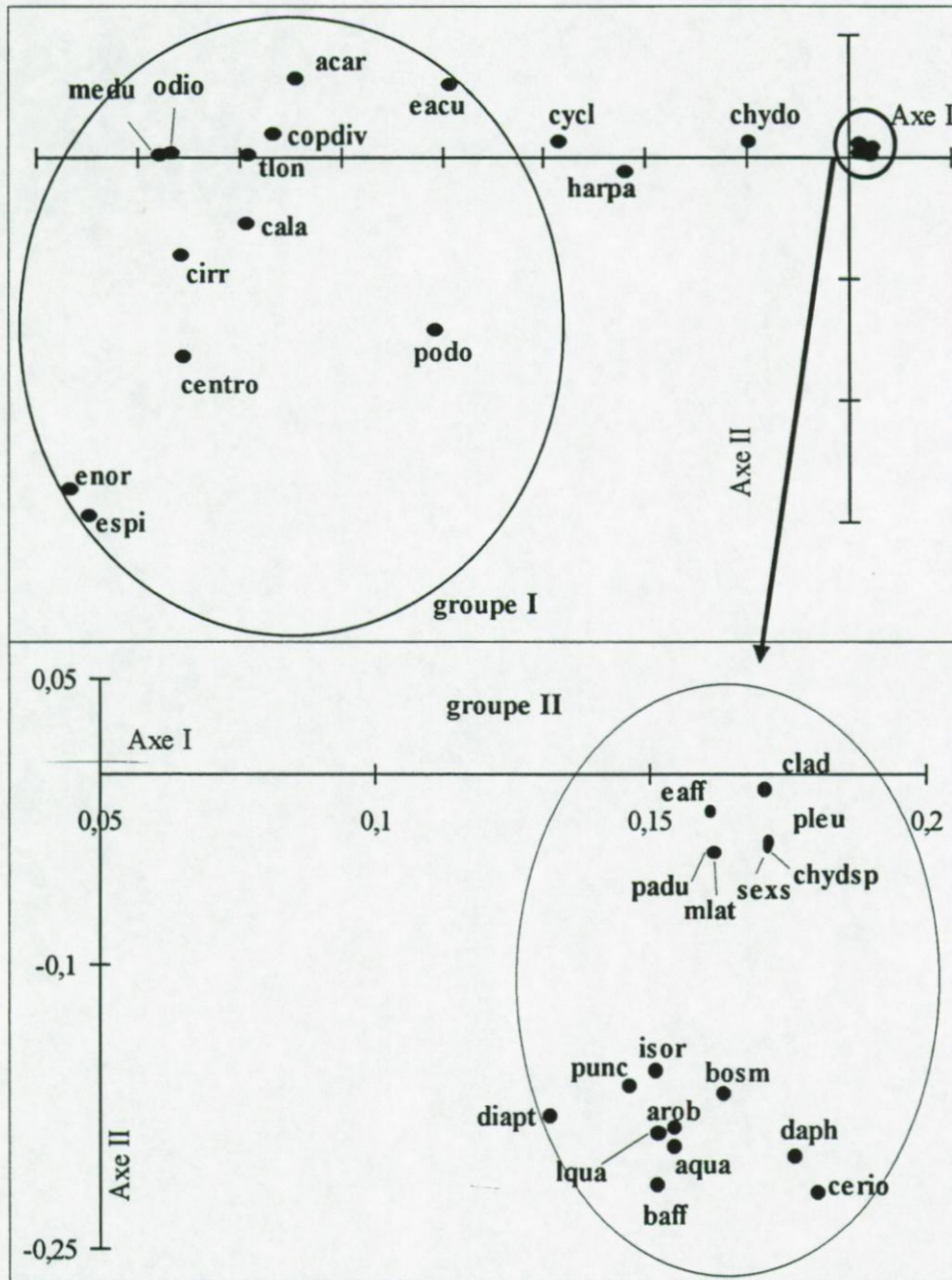


Figure III.12. Représentation graphique de l'Analyse des Correspondances effectuée sur une matrice de données mésozooplanctoniques de 1996. Les ellipses délimitent les différents groupes définis par l'analyse.

L'Analyse des Correspondances faite sur 27 taxa (codes listés dans le tableau III.II.) et 70 stations (voir Chapitre I, Analyses statistiques) permet de définir de façon statistique les différents groupes mésozooplanctoniques présents en estuaire de Seine. Ainsi, deux groupes différents sont mis en évidence (Figure III.12.) avec une inertie totale sur les deux premiers axes de 56,1 % décomposée en 32,2 % sur l'axe I et 23,9 % sur l'axe II.

Tableau III.II. Liste et codes des taxa mésozooplanctoniques utilisées dans l'Analyse des Correspondances.

taxa zooplanctoniques	Codes	taxa zooplanctoniques	Codes
Cnidaire		Copépode	
Méduse	medu	<i>Acantocyclops robustus</i>	arob
		Autres Cyclopoïdes	cycl
Cladocère		<i>Acartia</i> spp.	acar
<i>Alona quadrangularis</i>	aqua	<i>Centropages</i> spp.	centro
<i>Biapertura affinis</i>	baff	<i>Diaptomus</i> spp.	diapt
<i>Bosmina</i> spp.	bosm	<i>Eurytemora affinis</i>	eaff
<i>Ceriodaphnia</i> spp.	cerio	<i>Temora longicornis</i>	tlon
<i>Chydorus</i> spp.	chydsp	Autres Calanoïdes	cala
<i>Daphnia</i> spp.	daph	<i>Euterpina acutifrons</i>	eacu
<i>Evadne nordmanni</i>	enor	Autres harpacticoïdes	harpa
<i>Evadne spinifera</i>	espi	Autres copépodes	copdiv
<i>Iliocryptus sordidus</i>	isor		
<i>Leydigia quadrangularis</i>	lqua	Larve de cirripèdes	cirri
<i>Macrothrix laticornis</i>	mlat		
<i>Podon</i> spp.	podo	Appendiculaire	
Autres cladocères	clad	<i>Oikopleura dioica</i>	odio

Le premier assemblage (groupe I), représenté par 12 taxa, regroupe les cladocères marins comme *Evadne nordmanni*, *E. spinifera* et *Podon* spp. Ce groupe est dominé par les copépodes marins représentés essentiellement par les copépodes du genre *Acartia*, *Temora*, *Centropages* et autres calanoïdes (*Calanus helgolandicus* par exemple). Cet assemblage montre également la présence d'espèces à forte affinité marine comme les méduses, l'appendiculaire *Oikopleura dioica* et les larves de cirripèdes.

Après changement d'échelle des deux principaux axes de l'Analyse des Correspondances, le deuxième groupe apparaît plus nettement et est composé de 17 taxa dont le copépode *Eurytemora affinis*, des cladocères limniques comme *Bosmina* spp., *Daphnia* spp., *Ceriodaphnia* spp. et *Alona quadrangularis* ainsi que le cyclopoïde d'eau douce *Acantocyclops robustus* et le calanoïde d'eau douce *Diaptomus* sp.

D'autre part, pour chaque campagne d'échantillonnage (12 missions à la mer), une analyse factorielle des correspondances a été réalisée sur la communauté mésozooplanctonique.

Tableau III.III. Pourcentage de variance expliquée par les deux premiers axes (Axe 1 et Axe 2) de l'analyse factorielle simple réalisée sur la communauté mésozooplanctonique lors de chaque campagne mensuelle de 1996.

	Axe 1 (%)	Axe 2 (%)
janvier	95,0	3,5
février	96,0	3,0
mars	92,0	6,0
avril	74,4	25,6
mai	98,1	1,4
juin	94,8	5,2
juillet	96,8	2,3
août	53,6	44,8
septembre	98,7	1,
octobre	98,7	1,2
novembre	93,7	5,5
décembre	74,0	13,6

Tout au long de l'année, l'axe 1 des différentes AFC effectuées est prépondérant (Tableau III.III.), expliquant de 53,6 % (août) à 98,9 % (octobre) de la variance de la communauté. L'axe 2, peu important, explique quand à lui de 1,0 % (septembre) à 44,8 % (août) de la variance du mésozooplancton de l'estuaire de la Seine. De plus, au cours de l'année, les différentes AFC isolent généralement deux groupes principaux, l'un essentiellement composé d'espèces marines (les larves de cirripèdes, les copépodes *Temora longicornis*, *Acartia* spp. et *Centropages* spp. ou encore les cladocères marins *Evadne nordmanni* et *E. spinifera* à certaines périodes (été et automne), le second caractérisé par les cladocères *Bosmina* spp., *Daphnia* spp. et les copépodes *Eurytemora affinis* et *Acartocyclops robustus*.

En conclusion, les différentes analyses des correspondances, réalisées sur la communauté mésozooplanctonique au cours du suivi annuel de 1996, ont décrit deux groupes distincts. Le premier groupe dominé par des espèces marines et euryhalines peut être associé à la communauté zooplanctonique polyhaline caractérisée par des salinités de surface comprises entre 30,0 et 18,0 P.S.U. (Collins & Williams, 1981). Cette communauté est dominée par les copépodes du genre *Acartia* et *Temora* ainsi que de nombreuses espèces marines. Cet assemblage est couramment rencontré dans différents estuaires avec notamment la dominance forte du copépode *Acartia* associé avec d'autres espèces de copépodes marins comme *Centropages* spp., *Paracalanus parvus* ou *Pseudocalanus elongatus* (Londasle & Coull, 1977 ; Fulton, 1984). L'importance du copépode harpacticoïde *Euterpina acutifrons*, dans cette zone polyhaline (30,0-18,0 P.S.U. de salinité) est fréquemment enregistrée à l'embouchure des estuaires avec des densités du même ordre de grandeur que celles observées en estuaire de Seine (Londasle & Coull, 1977). La présence des larves de cirripèdes, méduses et appendiculaires est aussi observée dans certains estuaires américains présentant les mêmes structures de salinité que l'estuaire de la Seine (Kimmerer, 1993). Le groupe II peut être associé à la zone oligohaline (salinité de surface inférieure à 5,0 P.S.U.) dominé par le copépode *Eurytemora affinis*. En effet, ce copépode est couramment observé dans cette zone de salinité comprise entre 5,0 et 0,5 P.S.U. qui serait selon certains auteurs sa zone de préférundum (Soltampour-Gargari & Wellershaus, 1987 ; Mouny *et al.*, 1996).

III.2.B.2. Evolution des paramètres démographiques

Au cours de ce suivi annuel, les principaux paramètres caractérisant la communauté mésozooplanctonique (nombre d'espèces, richesse spécifique et diversité de Shannon) ont été calculés pour chaque mois et à chaque station d'échantillonnage.

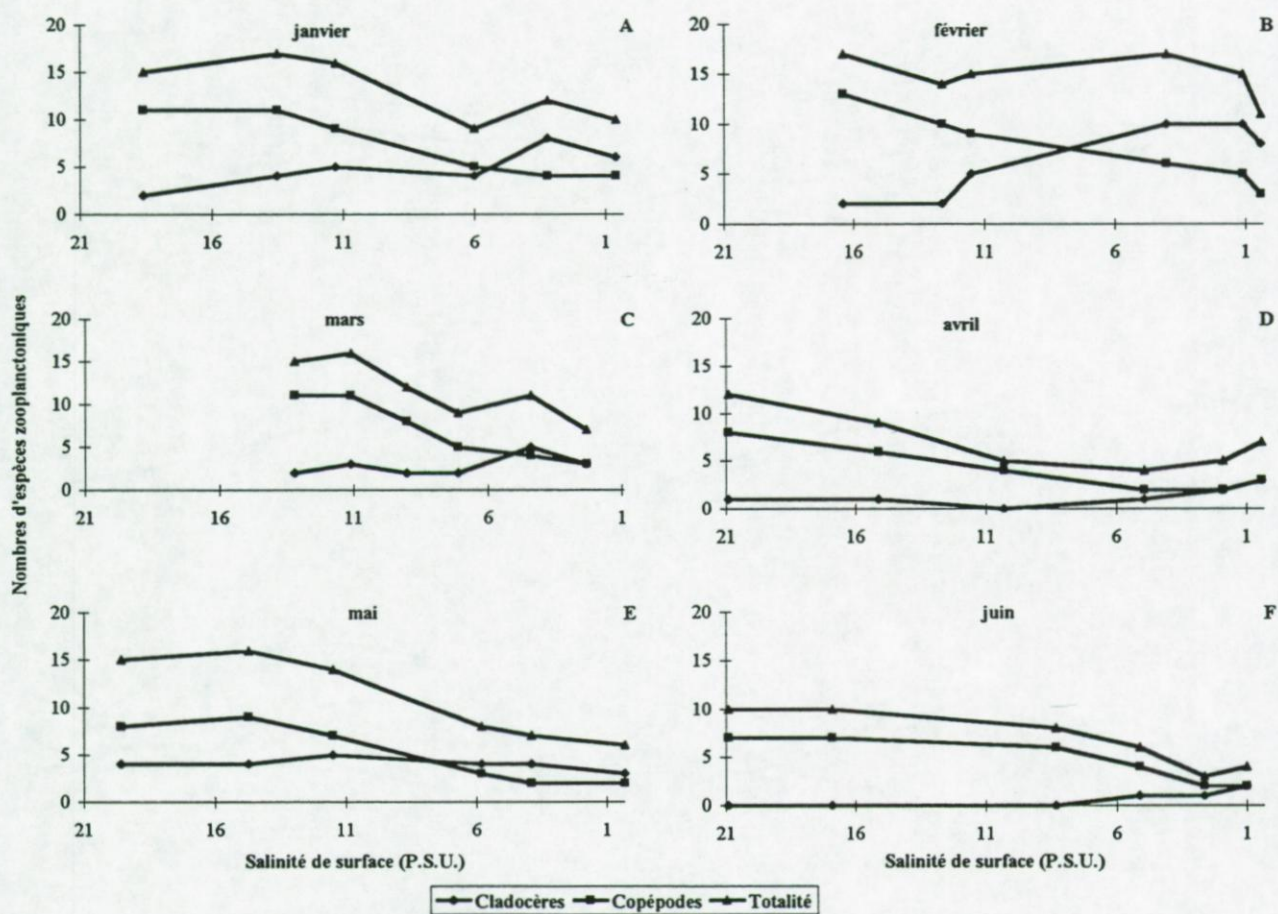


Figure III.13.A-F. Evolution annuelle du nombre d'espèces de cladocères, de copépodes et de la communauté totale zooplanctonique des dans l'estuaire de la Seine, le long du gradient de salinité, au cours de l'année 1996.

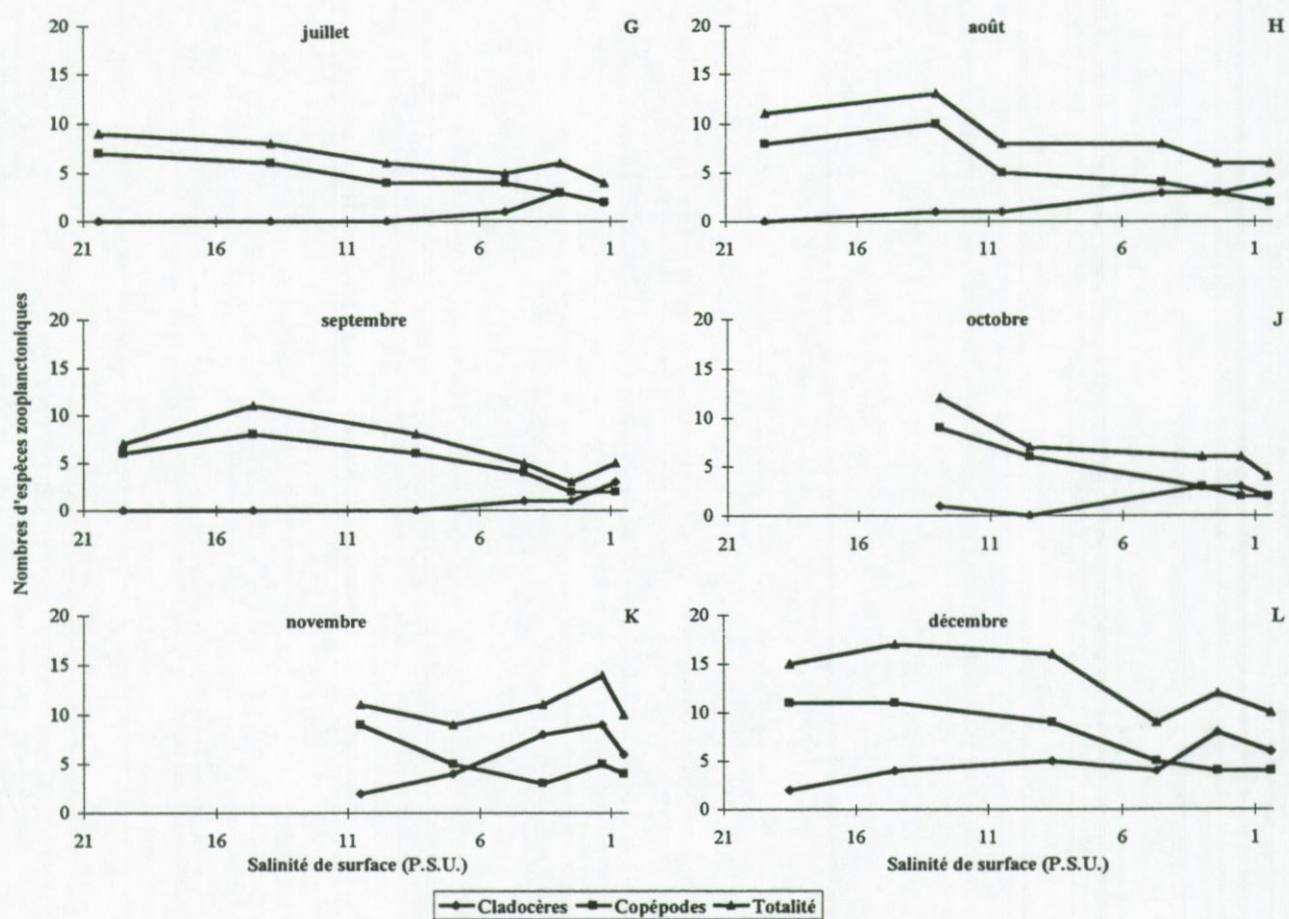


Figure III.13.G-L. Evolution annuelle du nombre d'espèces de cladocères, de copépodes et de la communauté totale zooplanctonique des dans l'estuaire de la Seine, le long du gradient de salinité, au cours de l'année 1996.

L'évolution longitudinale du nombre d'espèce montre, de façon générale, une tendance décroissante de l'aval vers l'amont au cours des différents mois de l'année avec une forte part des copépodes dans la partie marine de l'estuaire et un pourcentage important d'espèces de cladocères dans la partie la plus amont échantillonnée à chaque campagne (Figure III.13.).

Au cours du cycle annuel, trois situations d'évolution longitudinale du nombre d'espèces sont mises en évidence.

1- situation hivernale : novembre, décembre, janvier, février et mars (Figure III.13.K.L.A.B.C.) - La partie aval de l'estuaire (salinité de surface supérieure à 16,0 P.S.U.) est composée de 15 à 17 taxa, structurée en 11 à 13 espèces de copépodes dominés par les calanoïdes marins *Acartia* spp., *Centropages* spp. ou encore *Temora longicornis* et deux espèces de cladocères (*Bosmina* spp. et *Daphnia* spp.). Ce nombre total d'espèces croît dans la zone mésohaline (16-17 espèces entre 13,5 et 11,3 P.S.U.) par la récolte de nouvelles espèces de cladocères (quatre-cinq espèces) comme les espèces du genre *Chydorus* ou encore *Biapertura*. Une forte décroissance du nombre d'espèces est enregistrée en limite de zone mésohaline (entre 11,0 et 6,0 P.S.U.) principalement dû à la baisse importante du nombre d'espèces de copépodes avec la disparition des espèces d'affinité marine cités ci-dessus. La zone oligohaline se caractérise par une augmentation du nombre d'espèces induite par une augmentation des cladocères dominés par les espèces d'eau douce ; le nombre de taxa de copépodes est relativement faible avec la présence d'*Eurytemora affinis*, d'*Acantocyclops robustus*, d'une espèce du genre *Diaptomus* et d'un harpacticoïde.

2- situation printanière : avril, mai, juin et juillet (Figure III.13.D.E.F.G.) - Pendant cette période printanière, une diminution progressive du nombre de taxa est observée de la partie la plus aval de l'estuaire jusqu'à la zone la plus amont de l'estuaire. Ainsi, la taxaceonose de la

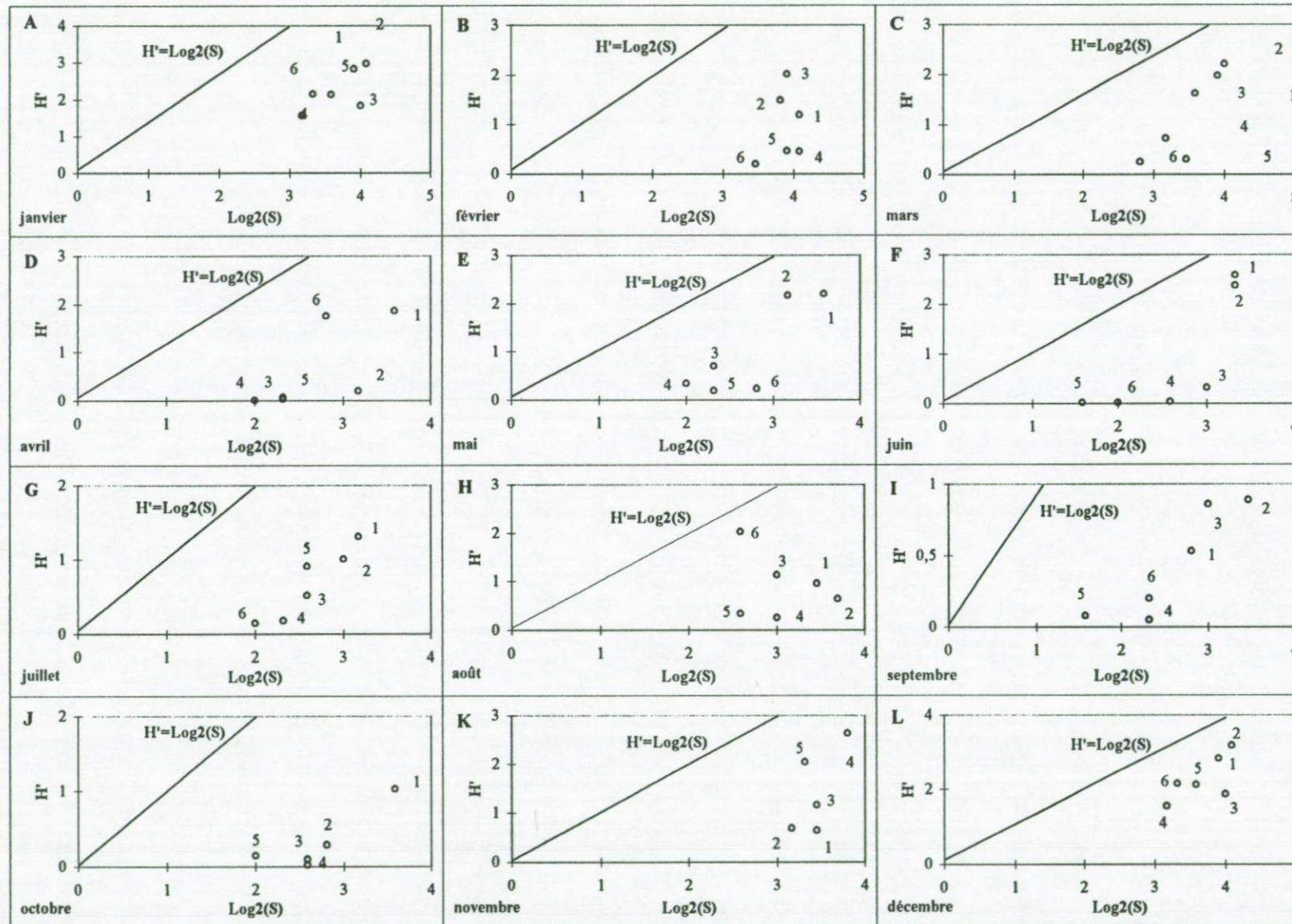


Figure III.14. Représentation simultanée, pour les différentes stations des radiales longitudinales, de la richesse spécifique $\log_2(S)$ et de l'indice de Shannon H' , pour les douze mois de l'année 1996 (A à L).

partie aval est composée de neuf à quinze taxa, principalement des copépodes marins. Ce nombre de taxa atteint des valeurs minimales (quatre à sept taxa) dans la partie oligohaline (salinité de surface inférieure à 5,0 P.S.U.). Au cours de cette période de printemps et début d'été, la communauté est essentiellement dominée par les espèces de copépodes, la taxaceonose de cladocères étant peu importante en terme d'espèces.

3- situation estivale : août, septembre et octobre (Figure III.13.H.I.J.) - Lors de ces campagnes la tendance décroissante du nombre d'espèces est toujours observée mais une légère augmentation de celui-ci s'observe dans la partie la plus aval de la zone mésohaline. Ainsi la communauté présente au maximum entre 11 et 13 taxa (essentiellement de copépodes) au niveau de la zone mésohaline (salinité de surface comprise entre 16,0 et 11,0 P.S.U.). Ensuite, ce nombre de taxa diminue pour atteindre des valeurs minimales en zone amont de l'ordre de quatre à cinq taxa dont deux espèces de copépodes (*Eurytemora affinis*, *Acartocyclops robustus*) et deux à trois espèces de cladocères (*Bosmina* spp., *Ceriodaphnia* spp. et *Chydorus* spp.). Pendant cette période estivale et de début d'automne, la communauté zooplanctonique est surtout dominée par les espèces de copépodes tout au long du gradient de salinité.

L'analyse de la variation de l'indice de Shannon et de la richesse spécifique a été faite pour chaque mois de l'année 1996 en utilisant le modèle DIMO (Quinghong, 1995) qui permet notamment de visualiser en une seule expression ces deux termes (Figure III.14.).

Le même schéma d'évolution de l'indice de Shannon et de la richesse spécifique le long du gradient de salinité est généralement observé pour chaque mois de l'année 1996 avec deux groupes distincts : le premier groupe comporte les stations qui se caractérisent par indice de Shannon et une richesse spécifique élevés et le deuxième groupe où les stations montrent

un indice H' faible ainsi qu'une richesse spécifique moins importante que pour les stations du premier groupe. Le premier groupe est constitué d'une (avril, octobre), de deux (juin, juillet) ou de trois stations (février, mars, septembre) généralement localisées dans la zone la plus aval étudiée. Le deuxième groupe est composé des stations amont où les faibles valeurs de H' sont corrélées avec la forte dominance du copépode *Eurytemora affinis*.

En résumé, deux évolutions longitudinales majeures du nombre de taxa mésozooplanctoniques peuvent être identifiées au cours du cycle annuel de 1996.

1- Diminution du nombre d'espèces de la zone polyhaline jusqu'en zone mésohaline puis augmentation de ce nombre de taxa dans la zone oligohaline, cette situation étant observée lors de la période hivernale (janvier, février, mars, novembre et décembre).

2- Décroissance constante du nombre d'espèces planctoniques de l'aval vers l'amont de l'estuaire. Cette évolution caractérise la période printanière (campagnes d'avril, mai, juin, juillet)

Toutefois, la tendance générale de l'évolution longitudinale du nombre d'espèces le long du gradient de salinité est une diminution des espèces en entrant dans l'estuaire du fait de la pénétration en amont de moins en moins importante des espèces marines. Cette diminution aval/amont du nombre d'espèces est liée aux conditions physico-chimiques particulières rencontrées dans l'estuaire (courantologie, déficit en oxygène, charge en matières en suspension importante) limitant l'intrusion des espèces marines dans le système estuarien. L'augmentation du nombre d'espèces dans la partie amont, observée notamment en hiver, est liée à la variabilité des paramètres environnementaux dont le débit qui, en augmentant pendant cette période hivernale (novembre à mars), apporte des espèces de cladocères de la partie fluviale. De plus, la variabilité de H' est essentiellement liée au copépode majoritaire de

l'estuaire de la Seine, *Eurytemora affinis*. On observe ainsi un indice élevé dans la partie marine de l'estuaire de la Seine où sont présentes un grand nombre d'espèces sans réelle dominance mais également dans des stations de l'amont (août et novembre particulièrement) au niveau desquelles on observe un nombre important d'espèces de cladocères et une faible représentation du copépode *Eurytemora affinis*. Dans les stations de l'estuaire moyen, les fortes abondances d'*Eurytemora affinis* couplées à une diminution du nombre d'espèces (baisse de la richesse spécifique) provoquent une baisse de l'indice H' caractérisant ainsi les stations de forte dominance d'*Eurytemora affinis*.

III.2.B.3. Evolution annuelle de la communauté mésozooplanctonique

III.2.B.3.a. Evolution annuelle de la composition quantitative

En zone mésohaline ($18,0 < S < 5,0$ P.S.U.) (Tableau III.IV.), les cladocères *Bosmina* spp. et *Daphnia* spp. ne représentent, tout au long de l'année, qu'une faible proportion de la communauté (<1 %). De même, les copépodes *Acartia robustus* et *Temora longicornis* ne représentent qu'un pourcentage peu élevé de la communauté (maximum 26 % en décembre pour *Acartia robustus* et 0,24 % en juin pour *Temora longicornis*). L'espèce dominante de cette zone au cours de l'année 1996 est toujours le copépode *Eurytemora affinis* qui représente de 52 à pratiquement 100 % de la communauté mésozooplanctonique. Seuls les copépodes marins du genre *Acartia* montrent des pourcentages plus élevés que les autres espèces de la communauté et co-dominent même dans la zone mésohaline avec *E. affinis* en août (46 %) ; en revanche, le reste de l'année, ces copépodes représentent une faible part de la communauté (de 0,01 % à 14,36 %).

En zone oligohaline ($S < 5,0$ P.S.U.) (Tableau III.IV.), le copépode *Eurytemora affinis* domine totalement la communauté planctonique et représente de 74 à 100 % de cette communauté. Les copépodes marins *Acartia* spp. sont peu présents alors que *Temora*

longicornis est totalement absent de cette zone. Les autres espèces principales ne représentent également qu'une faible proportion de la communauté du fait de l'écrasante dominance d'*Eurytemora affinis*. Cependant, on remarque de la fin de l'automne à l'hiver (de novembre à janvier) une légère augmentation du pourcentage du copépode *Acanthocyclops robustus* ainsi que des deux cladocères (*Bosmina* spp. et *Daphnia* spp.) qui représentent alors respectivement 17 %, 6,5 % et 2,7 % de la communauté zooplanctonique en novembre.

En définitif, il convient d'insister sur le fait que tout au long de l'année, le copépode *Eurytemora affinis* domine largement la communauté zooplanctonique de l'estuaire de la Seine sur la majeure partie du gradient de salinité de 18,0 à 0,0 P.S.U.

III.2.B.3.b. Evolution annuelle des abondances

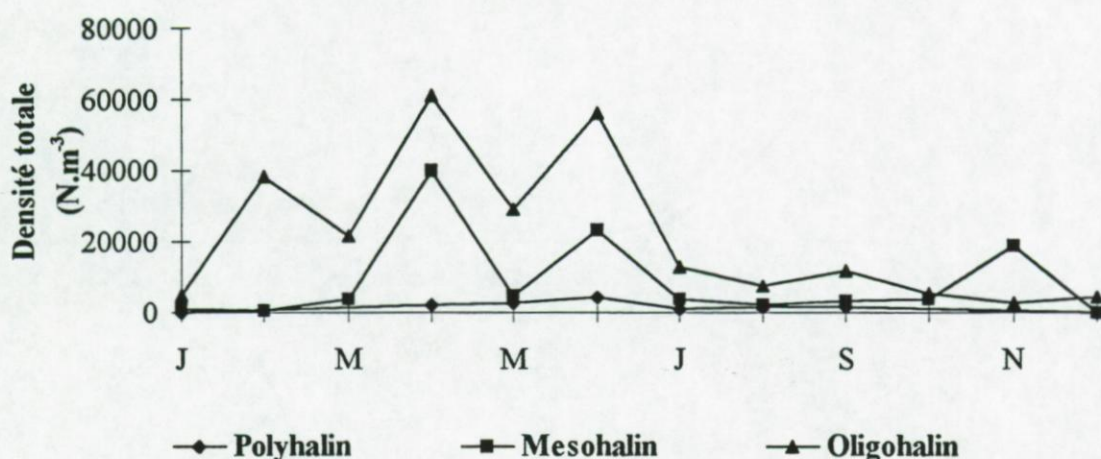


Figure III.15. Evolution annuelle des densités totales mésozooplanctoniques) de l'estuaire de la Seine, au cours de l'année 1996 dans trois zones de salinités différentes (Zone polyhaline : $S > 18,0$ P.S.U. ; Zone mésohaline : $18,0 < S < 5,0$ P.S.U. et Zone oligohaline : $5,0$ P.S.U. < S). Densités totales : moyennes des densités des stations localisées dans chaque zone

La densité totale mésozooplanctonique présente une évolution saisonnière marquée. En hiver, les densités enregistrées dans les différentes parties de l'estuaire sont relativement faibles et n'excèdent pas 5000 ind.m^{-3} mise à part en zone oligohaline où l'on observe des densités de l'ordre de 38000 ind.m^{-3} lors du mois de février (Figure III.15.).

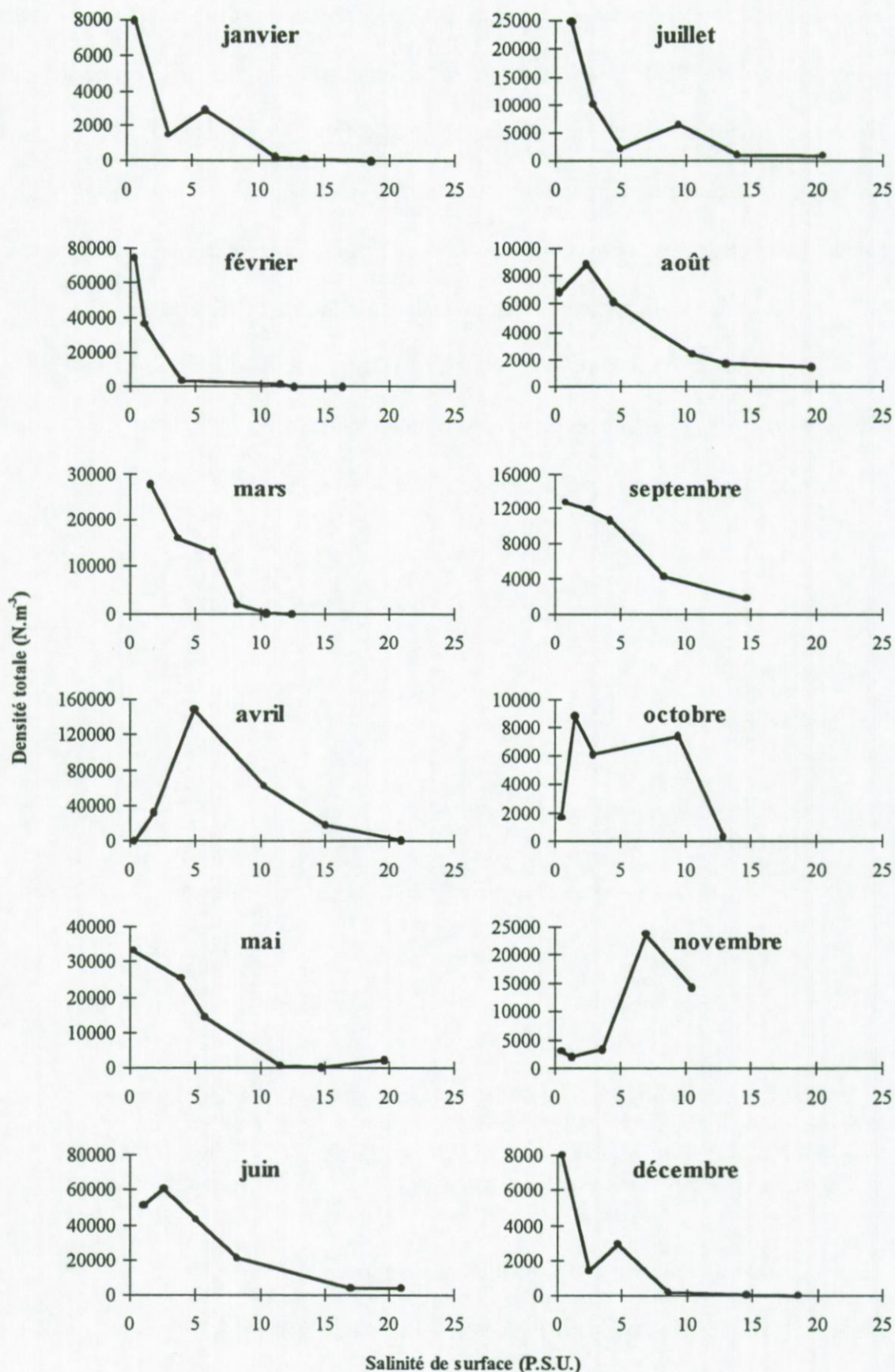


Figure III.16. Evolution annuelle des densités totales mésozooplanctoniques ($N.m^{-3}$) le long du gradient de salinité, en estuaire de Seine au cours de l'année 1996.

Dès le début de la période printanière une augmentation très nette des abondances du plancton est observée avec, notamment en avril, des abondances annuelles maximales rencontrées dans les zones mésohaline et oligohaline avec respectivement 39781 et 61114 ind.m⁻³, la zone polyhaline présentant quant à elle les plus fortes densités annuelles en fin de printemps et début d'été avec 4000 ind.m⁻³ recensées en juin. Ensuite, les abondances mésozooplanctoniques décroissent régulièrement à partir du mois de juillet où elles présentent des valeurs inférieures à 10000 ind.m⁻³ pendant l'été et l'automne, exception faite des densités importantes (18937 ind.m⁻³) observées en novembre dans la zone mésohaline.

La densité totale montre une évolution spatiale quasi identique tout au long de l'année avec une augmentation progressive des abondances en pénétrant dans l'estuaire (Figure III.16.). Les densités sont ainsi relativement faibles dans la partie aval (< 5000 ind.m⁻³) tandis qu'elles présentent leurs valeurs maximales tous les mois dans la zone oligohaline (partie amont de l'estuaire) mis à part en novembre où les densités maximales sont observées en zone mésohaline.

Les trois espèces marines de la communauté présentent des abondances maximales en fin de printemps et début d'été, celles-ci devenant très faibles en fin d'été, en automne et en hiver (Figure III.17.). Ainsi, les abondances maximales de *Temora longicornis* sont observées en juin avec 192 ind.m⁻³ en zone polyhaline et de 144 ind.m⁻³ dans la partie mésohaline de l'estuaire.

Les larves de cirripèdes et l'appendiculaire *Oikopleura dioica* ont leurs abondances maximales de l'ordre de 230 ind.m⁻³ au mois de mai dans la partie marine de l'estuaire de la Seine (salinité de surface > 18,0 P.S.U.) ; les larves de cirripèdes présentent également des densités élevées dans la zone mésohaline où l'on observe jusqu'à 100 ind.m⁻³ en juin.

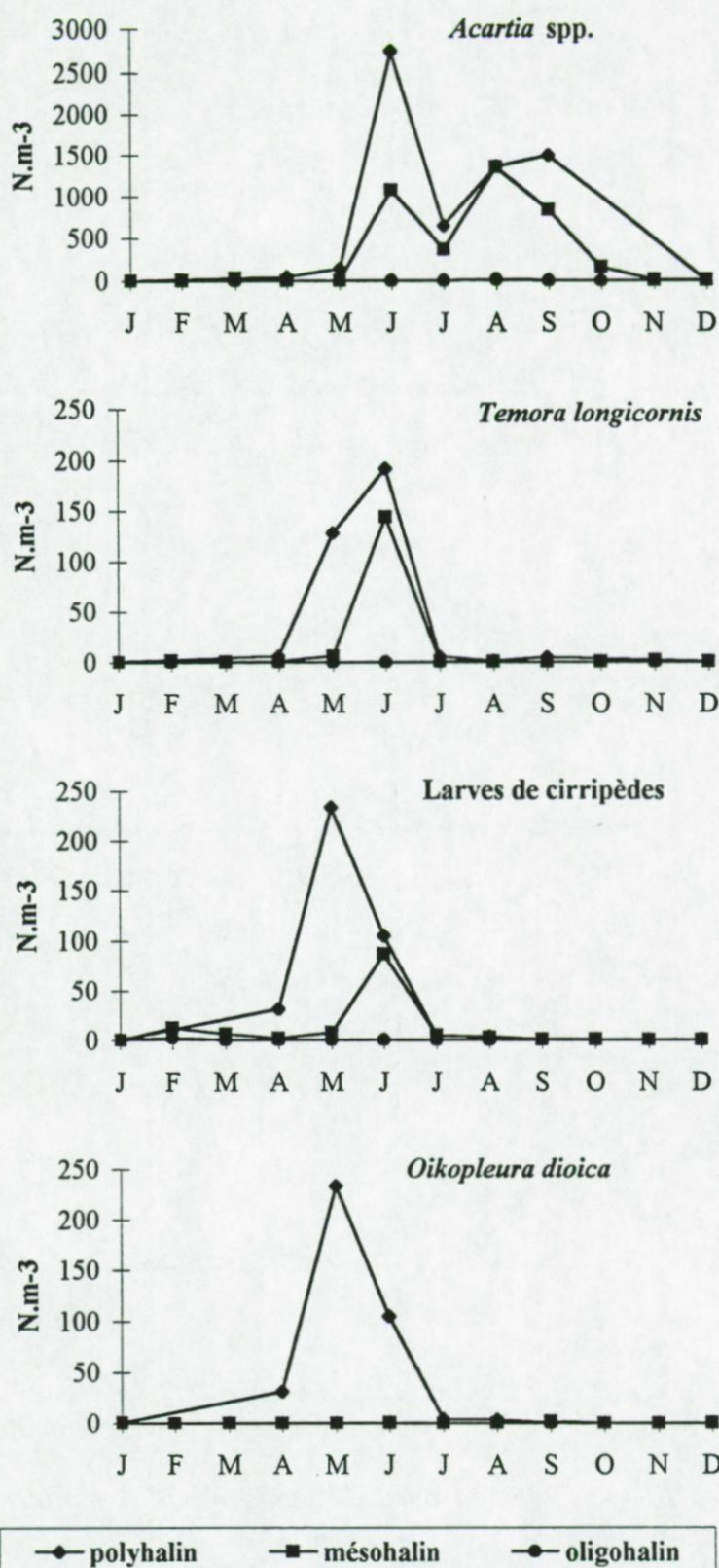


Figure III.17. Evolution annuelle des densités des principales espèces zooplanctoniques de l'estuaire de la Seine, au cours de l'année 1996 dans trois zones de salinités différentes (Zone polyhaline : $S > 18,0$ P.S.U. ; Zone mésohaline : $18,0 < S < 5,0$ P.S.U. et Zone oligohaline : $5,0 \text{ P.S.U.} < S$).

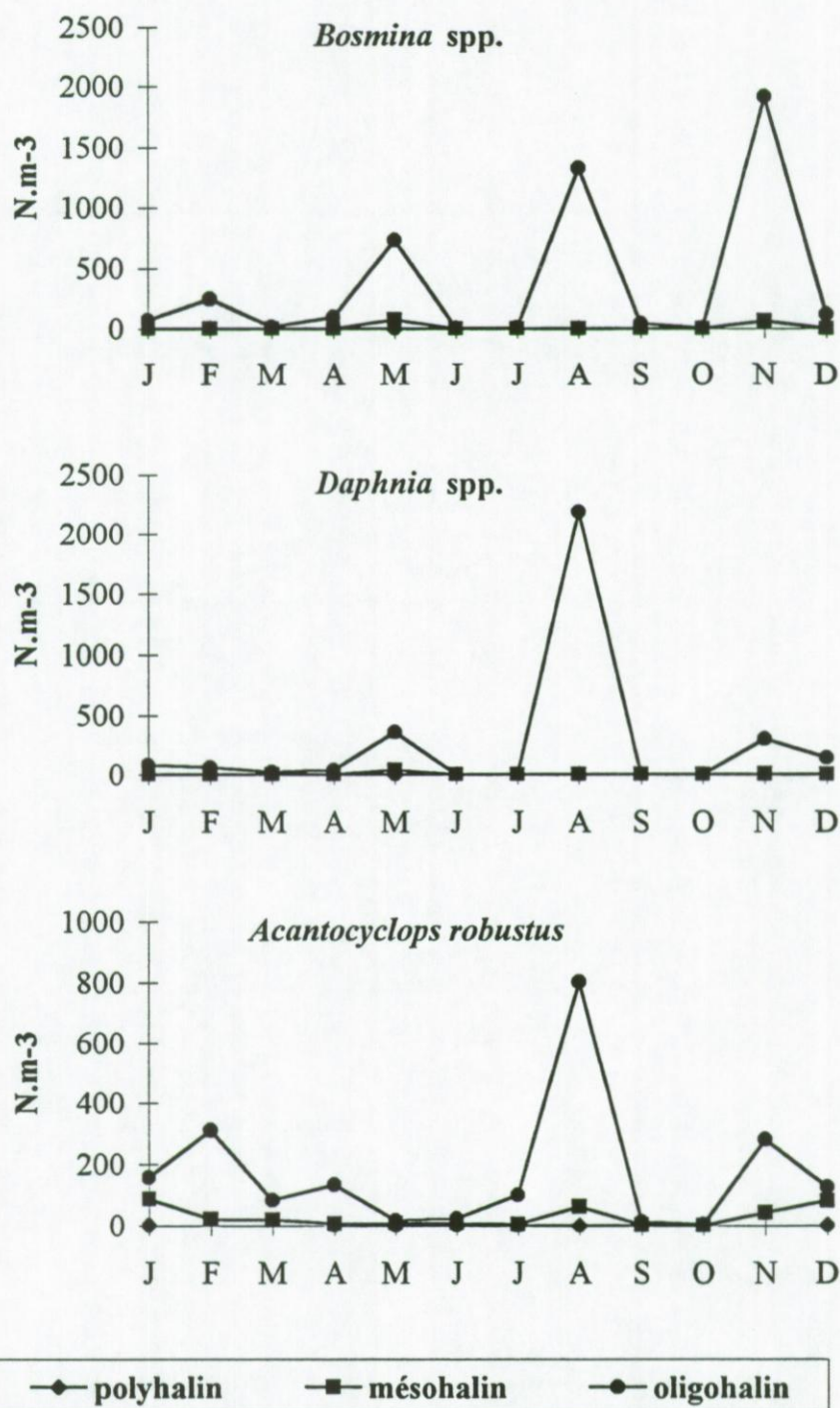


Figure III.18. Evolution annuelle des densités des principales espèces zooplanctoniques de l'estuaire de la Seine, au cours de l'année 1996 dans trois zones de salinités différentes (Zone polyhaline : $S > 18,0$ P.S.U. ; Zone mésohaline : $18,0 < S < 5,0$ P.S.U. et Zone oligohaline : $5,0 \text{ P.S.U.} < S$).

Les copépodes du genre *Acartia* spp. montre une évolution annuelle plus variable avec plusieurs pics de maximum d'abondances observés au cours de l'année aussi bien en zone polyhaline qu'en zone mésohaline (Figure III.17.). Le premier pic de maximum d'abondance (2745 ind.m^{-3} en zone polyhaline et 1073 ind.m^{-3} en zone mésohaline) se localise en juin ; le second pic de fortes densités est observé en août dans la partie mésohaline (1350 ind.m^{-3}) et en septembre dans la partie marine de l'estuaire (1490 ind.m^{-3}). Les abondances d'*Acartia* spp. décroissent ensuite pendant l'automne pour présenter de très faibles valeurs pendant la période hivernale et printanière aussi bien en zone polyhaline qu'en zone mésohaline.

Les espèces d'affinité d'eau douce (cladocères des genres *Bosmina* et *Daphnia* et le copépode *Acantocyclops robustus*) présentent elles aussi plusieurs pics de fortes densités toujours en zone oligohaline, les autres parties de l'estuaire (mésohalin et polyhalin) n'étant quasiment pas colonisées par ces trois espèces. *Bosmina* spp. présente ainsi une succession de quatre pics d'abondances de février à novembre (Figure III.18.), ces densités augmentant au cours de l'année (246 ind.m^{-3} en février, 730 ind.m^{-3} en mai, 1330 ind.m^{-3} en août et 1910 ind.m^{-3} en novembre). Il est à noter qu'entre ces pics d'abondances maximales se succèdent des périodes où les densités sont très faibles. Le deuxième genre de cladocère *Daphnia* spp., caractéristique de la communauté mésozooplanctonique de l'estuaire, ne montre qu'un seul pic de fortes abondances en août avec 2190 ind.m^{-3} . La période hivernale est caractérisée par de très faibles densités de ce cladocère (Figure III.18.).

Le copépode *Acantocyclops robustus* (Figure III.18.) présente lui aussi plusieurs pics de fortes abondances observés en février (1100 ind.m^{-3}), en août (2220 ind.m^{-3}) et en novembre (690 ind.m^{-3}). Ce copépode ne présente pas de fortes abondances en zone mésohaline où l'on ne comptabilise qu'au maximum 80 ind.m^{-3} en décembre.

D'après l'analyse des abondances les principales espèces de la communauté zooplanctonique de l'estuaire de la Seine étudiées au cours de l'année 1996, la première conclusion que l'on peut dégager est que le copépode *Eurytemora affinis* est toujours l'espèce majoritaire de l'estuaire aussi bien en zone mésohaline qu'en zone oligohaline ; l'évolution annuelle et longitudinale des densités totales étant fortement influencée par l'évolution spatio-temporelle de ce copépode (cf chapitre IV).

La communauté mésozooplanctonique de l'estuaire de la Seine présente deux pics de fortes abondances en avril (période de densité maximale) et en juin aussi bien en zone mésohaline qu'en zone oligohaline (zone caractérisée par des densités toujours les plus fortes le long du gradient de salinité). Cette période printanière de maximum de densité de la communauté zooplanctonique est similaire à ce que l'on rencontre dans d'autres estuaires européens, notamment dans l'Ems où les densités les plus fortes, de l'ordre de 17000 ind.m^{-3} , sont enregistrées en avril (Baretta & Malschaert, 1988) ainsi qu'en Gironde où la communauté zooplanctonique, sous les influences des copépodes du genre *Acartia* et *Eurytemora*, présente ses plus fortes abondances au printemps (Irigoien, 1994). Par contre, en zone polyhaline, la période de maximum d'abondance est observée en avril dans l'Ems avec des valeurs de 6000 ind.m^{-3} (Baretta & Malschaert, 1988). En revanche, les périodes de maximum d'abondance sont plus tardives dans les systèmes estuariens américains comme dans un estuaire de la Baie de Peconic où deux pics de maximum d'abondances sont observés en mars-avril (20000 ind.m^{-3}) et juillet-août (25000 ind.m^{-3}) (Turner, 1982) en zone polyhaline ; dans les autres zones halines, ces périodes de maximum d'abondance sont observées en mars-juin et octobre-décembre dans l'estuaire de Newport (Thayer *et al.*, 1974), mai-juin et novembre-février dans l'estuaire de Beaufort (Williams *et al.*, 1968) et juin-juillet (de l'ordre de $20000\text{-}22000 \text{ ind.m}^{-3}$) dans l'estuaire de « North Inlet » (Lonsdale & Coull, 1977).

En conclusion, la période printanière de maximum d'abondance en estuaire de Seine est identique à ce que l'on observe dans les systèmes estuariens nord européens tandis que celle-ci est plus tardive dans les estuaires d'Amérique du nord (été et hiver). Néanmoins, l'estuaire de la Seine diffère des autres systèmes estuariens cités par des densités maximales printanières beaucoup plus fortes sauf en zone polyhaline où les abondances maximales annuelles de la communauté mésozooplanctonique de l'estuaire sont parmi les plus faibles des différents estuaires présentés. Cette évolution annuelle de la densité totale mésozooplanctonique dans les différentes zones de l'estuaire de la Seine reflète celle des espèces principales de cette communauté comme les copépodes du genre *Acartia* et *Eurytemora*. Ainsi, les abondances maximales annuelles enregistrées en juin en zone polyhaline sont principalement dues aux copépodes *Acartia* spp. et *Temora longicornis* qui sont présents en abondances dans l'estuaire durant cette période. Ces deux genres de copépodes présentent également des abondances nettement plus fortes en zone mésohaline, en fin de printemps et début d'été, indiquant une colonisation importante de la partie aval de l'estuaire lors de leur période de recrutement.

Les périodes de maximum de densité des espèces du genre *Acartia* sont observées plus tôt dans l'année dans l'Ems (Baretta & Malschaert, 1988) et dans un estuaire proche de Beaufort aux Etats Unis (Fulton, 1984). En revanche, le pic de maximum d'abondance d'*Acartia* spp. en estuaire de Seine est identique aux périodes de fortes abondances de ce copépode dans un estuaire près de Georgetown (USA, Caroline du Sud) (Lonsdale & Coull, 1977) et en Gironde où le premier pic de maximum est observé en juillet sous l'influence du copépode *Acartia bifilosa* (Irigoien, 1994). Un deuxième pic de fortes densités est également enregistré en Gironde correspondant à la période de recrutement du copépode *Acartia tonsa*. Cette succession des espèces du genre *Acartia*, qui est observée en estuaire de Gironde, pourrait également exister en Seine et expliquer la présence des différents pics d'abondances

maximales observés avec une succession d'espèces du genre *Acartia*. Cette succession a également été mise en évidence dans l'estuaire de l'Ems (Baretta & Malschaert, 1988) et de la Tamar (Gurney, 1931) où *Acartia clausi* et *A. discaudata* présentent des affinités plus marines qu'*A. tonsa* et *A. bifilosa* (rencontrés plus dans la partie mésohaline de l'estuaire).

Les autres espèces marines composant la communauté mésozooplanctonique de l'estuaire de la Seine présentent des périodes de maximum de densités qui ne diffèrent pas des autres études réalisées sur ces espèces. Ainsi, on retrouve la même période de recrutement (fin de printemps, début d'été) des larves de cirripèdes, de l'appendiculaire *Oikopleura dioica* et du copépode *Temora longicornis*, en mai, juin et juillet, aussi bien dans des estuaires européens (Baretta & Malschaert, 1988) que dans des estuaires nord-américains (Lonsdale & Coull, 1977). Les espèces d'origine dulçaquicoles (cladocères *Bosmina* spp, *Daphnia* spp. et copépode *Acartia robustus*), abondantes en zone oligohaline, présentent surtout un pic estival de fortes densités sans doute dû à la colonisation de cette partie de l'estuaire par ces espèces dont les périodes printanières et estivales de recrutement dans l'estuaire amont ont provoqué une arrivée massive de ces espèces en zone oligohaline. En revanche, le deuxième pic de fortes abondances du cladocère *Bosmina* spp., observé en novembre, est à mettre en relation directe avec une période de débit plus fort provoquant un entraînement de cette espèce dans la partie aval de l'estuaire interne (zone oligohaline).

III.2.C. Evolution pluriannuelle

L'étude menée sur l'estuaire de la Seine depuis 1993 permet de donner des éléments sur d'éventuelles fluctuations pluriannuelles des abondances mésozooplanctoniques. Les analyses, exposées dans ce paragraphe portent sur les données de densité totale

mésozooplanctonique moyennées par zone haline (Tableau III.V.). L'évolution pluriannuelle du copépode majoritaire *Eurytemora affinis* sera étudiée dans le chapitre IV.

En hiver dans la zone mésohaline, les densités mésozooplanctoniques sont du même ordre de grandeur en 1995 et 1996 tandis que celles-ci sont beaucoup plus élevées en zone oligohaline en 1996 (densités 50 fois plus fortes en février 1996 qu'en février 1995).

Tableau III.V. Evolution pluriannuelle des densités moyennes totales mésozooplanctoniques (ind.m⁻³) dans deux zones de salinité différente (zone mésohaline : $18,0 < S < 5,0$ P.S.U. ; zone oligohaline : $S < 5,0$ P.S.U.). Le débit (m³.s⁻¹) et le coefficient de marée sont donnés pour chaque campagne.

	Mésohalin	Oligohalin	Débit (m ³ .s ⁻¹)	Coefficient de marée
février 1995	514	757	2100	104
février 1996	499	38191	641	63
mai 1994	5869	126790	650	56
mai 1996	5036	29283	256	61
septembre 1995	13333	7318	300	94
septembre 1996	3299	11756	132	75

Le même schéma d'évolution pluriannuelle est observé lors de la période printanière (mois de mai) où les densités totales mésozooplanctoniques sont également similaires en 1994 et 1996 au niveau de la zone mésohaline. En revanche, dans la partie oligohaline de l'estuaire, les abondances présentent de fortes fluctuations pluriannuelles. En effet, celles-ci sont 4,5 fois supérieures en mai 1994 qu'en mai 1996 (Tableau III.V.).

Lors des campagnes de fin d'été (septembre 1995 et 1996), on observe des densités beaucoup plus fortes en 1995 qu'en 1996 en zone mésohaline (4,5 fois supérieures). Le schéma inverse est observé dans la zone oligohaline où sont enregistrées des abondances 1,5 fois plus fortes en septembre 1996 qu'en septembre 1995. En fait, on s'aperçoit que les densités totales mésozooplanctoniques fluctuent énormément d'une année à l'autre que ce soit

en zone mésohaline qu'en zone oligohaline ; ces fluctuations ont plusieurs origines et semblent être sous l'influence conjuguée des débits et des conditions de marée. Ainsi en février 1995, la campagne d'échantillonnage est caractérisée par un très fort débit ($2100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) et une période de vive eau (coefficient de 104) provoquant une dilution et une expulsion des espèces mésozooplanctoniques sur tout le gradient de salinité ; ces espèces ne pouvant pas lutter contre les courants engendrés par le débit et la vive eau. En revanche, lors de la campagne de février 1996 (période morte eau : coefficient de 61) où les débits étaient beaucoup plus faibles ($640 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), les espèces mésozooplanctoniques ont été moins affectées par l'impact du débit du fleuve et n'ont pas subi de phénomènes d'expulsion vers la baie. En septembre 1995, le débit de fin d'étiage ($300 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) deux fois plus élevé qu'en septembre 1996 ($140 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) ainsi que la vive eau ont provoqué un déplacement de la zone de maximum de densité vers l'aval. Les abondances maximales sont localisées dans la partie mésohaline de l'estuaire en 1995 tandis qu'en 1996, ces densités maximales sont observées en zone oligohaline. Les débits relativement faibles, n'ont pas induit de dilution du zooplancton mais simplement un déplacement de l'amont vers l'aval de l'estuaire. Pendant la période printanière de recrutement, les mêmes différences de débit sont rencontrées (mai 1994 : $650 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ et mai 1996 : $260 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$).

De telles fluctuations d'abondances inter annuelles, pour les mêmes périodes de l'année, ont également été observées dans d'autres estuaires (Lonsdale & Coull, 1977 ; Turner, 1982) et sont dues soit à la variabilité annuelle des paramètres environnementaux (débit, température), soit à la variabilité biologique des espèces zooplanctoniques (variabilité souvent corrélée à la variabilité de l'environnement).

D'autre part, la présence d'une grande variabilité dans l'échantillonnage de la communauté zooplanctonique peut être une des causes de ces différences de densités

observées au cours des différentes campagnes. En effet, tout en gardant les mêmes techniques de prélèvement (filet WP2, 200 μm de vide de maille), on observe couramment de grandes différences d'estimations de densités entre les prélèvements. Ce phénomène est mis en évidence notamment lors des suivis journaliers où pour une même masse d'eau (même salinité, même heure par rapport à la pleine-mer ou à la basse-mer) échantillonnée durant un cycle tidal de prélèvement ou au cours de la radiale, on observe des abondances jusqu'à 10 fois supérieures pour le prélèvement fait pendant le cycle. Ce type de résultat suggère une distribution en essaim de la communauté zooplanctonique de l'estuaire ce qui se répercuterait sur les estimations des densités lors des différents échantillonnages. Actuellement, les résultats obtenus sur le comportement de la communauté mésozooplanctonique ne permettent pas d'apporter des éléments supplémentaires quant à cette éventuelle distribution en essaim.

Enfin, rappelons que la communauté zooplanctonique de l'estuaire de la Seine est surtout dominée par le copépode *Eurytemora affinis* (de 60 à 100 % de la population de plancton). Donc il est nécessaire, pour pouvoir expliquer de façon plus précise les fluctuations d'abondances observées au cours des différentes années, d'étudier l'évolution inter annuelle de ce copépode.

III.3. Structure de la communauté mésozooplanctonique - Relation avec les paramètres environnementaux

III.3.A. Structure de la communauté

Les différentes ACC ont montré que la salinité est le principal facteur environnemental structurant la communauté mésozooplanctonique en estuaire de Seine. Afin d'approfondir

cette structuration, des études sur la répartition des espèces principales du mésozooplancton ont été réalisées.

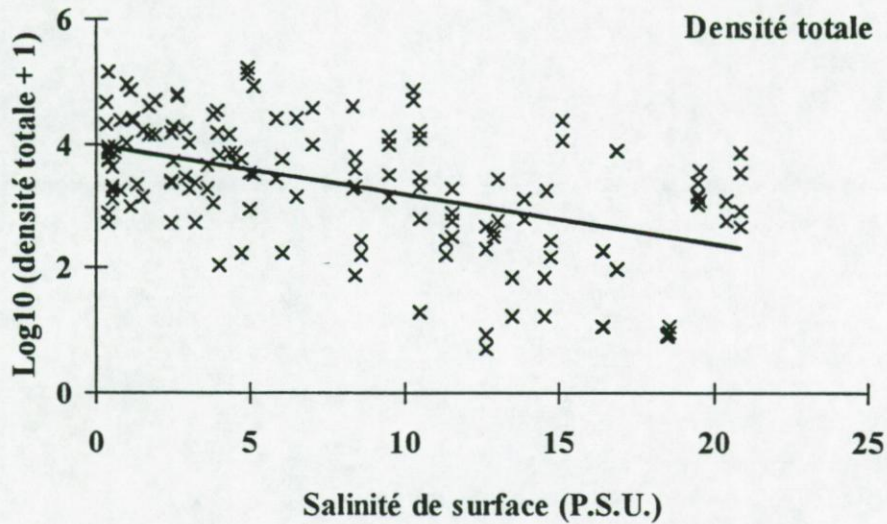


Figure III.19. Evolution des densités totales mésozooplanctoniques (échelle logarithmique) le long du gradient de salinité de surface.

La densité totale mésozooplanctonique présente une évolution longitudinale décroissante de l'amont vers l'aval (Figure III.19.) ; les valeurs maximales de la densité totale étant généralement observées dans la partie amont de l'estuaire. On enregistre ainsi, pour des salinités de surface comprises entre 0,5 et 10,0 P.S.U., des densités mésozooplanctoniques relativement élevées. Ces densités maximales peuvent atteindre des valeurs très fortes dans la zone de salinité de 0,5-5,0 P.S.U. de l'ordre de $145000 \text{ ind.m}^{-3}$. La partie estuarienne moyenne caractérisée par des salinités plus élevées (salinité supérieure à 10,0 P.S.U) présente quant à elle des densités moins importantes ne dépassant pas 25000 ind.m^{-3} (période printanière).

La répartition longitudinale de la communauté totale mésozooplanctonique de l'estuaire est sous l'influence directe de la répartition spatiale des principales espèces ; deux cladocères (*Bosmina* spp. et *Daphnia* spp.), quatre copépodes (*Acartia* spp., *Temora*

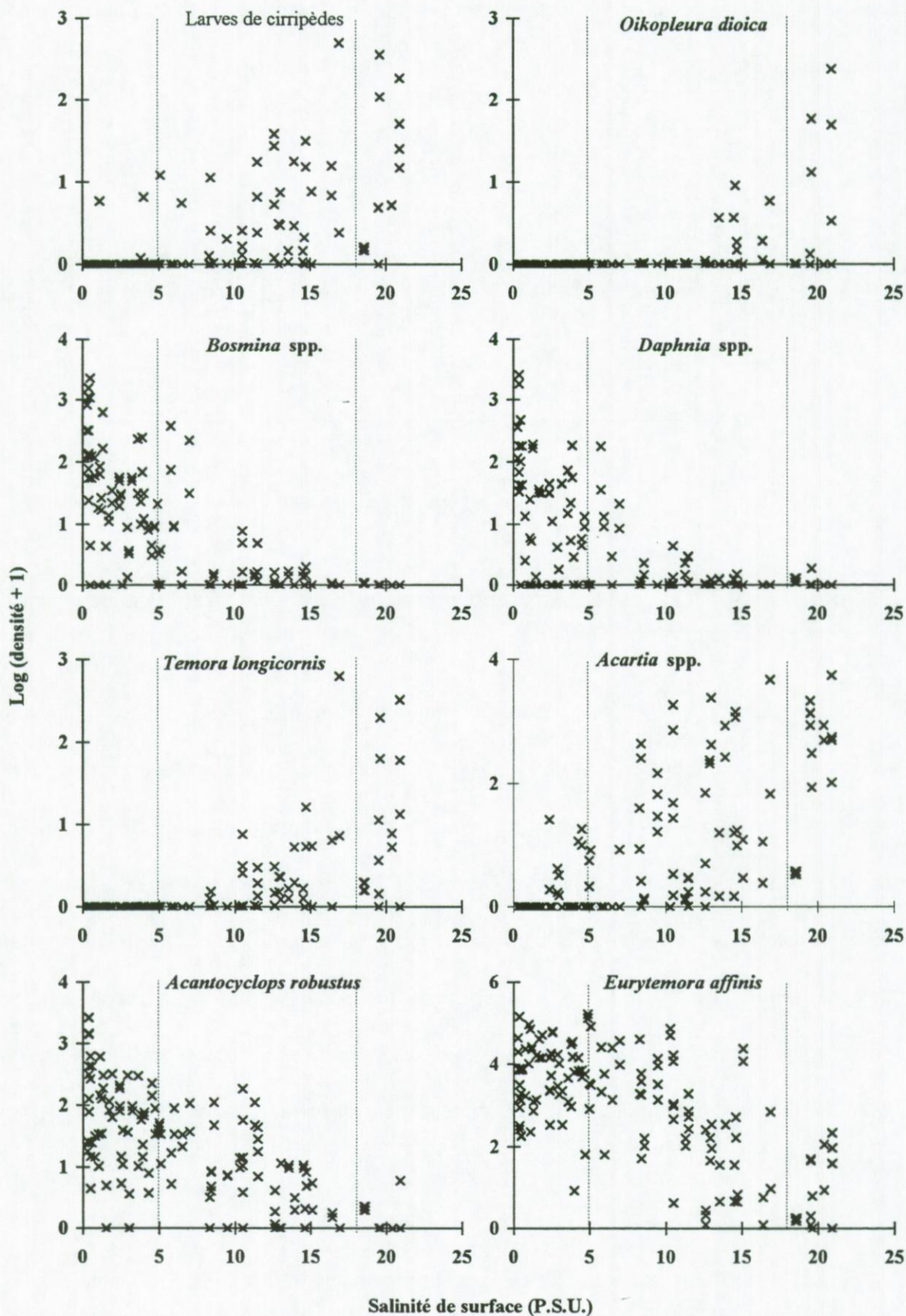


Figure III.20. Evolution des densités des principales espèces mésozooplanctoniques (échelle logarithmique) de l'estuaire de la Seine, le long du gradient de salinité, au cours de l'année 1996. : limite aval de la zone oligohaline et mésohaline

longicornis, *Eurytemora affinis* et *Acartocyclops robustus*) et deux autres taxa de la Baie de Seine (les larves de cirripèdes et l'appendiculaire *Oikopleura dioica*) ont donc fait l'objet d'une analyse particulière de leur répartition spatiale plus approfondie (Figure III.20.).

Les deux espèces mésozooplanctoniques caractéristiques des eaux marines de la Baie de Seine montrent une distribution longitudinale bien tranchée (Figure III.20.). L'appendiculaire *Oikopleura dioica* présente ses plus fortes densités (de 56 à 240 ind.m⁻³) uniquement dans la zone de forte salinité (zone polyhaline, salinité de surface comprise entre 30,0 et 18,0 P.S.U.) correspondant à la partie aval de l'estuaire. Cette espèce montre des densités très faibles dans la zone mésohaline pour disparaître de l'estuaire à partir des eaux de salinité de surface inférieures à 11,0 P.S.U. En revanche, les larves de cirripèdes, bien que présentant leurs plus fortes densités dans la zone polyhaline (50 à 400 ind.m⁻³), montrent une étendue plus large de sa distribution avec notamment une colonisation plus importante de la zone mésohaline où l'on observe la plus forte densité (500 ind.m⁻³), les densités de larves de cirripèdes deviennent faibles dans la zone oligohaline (< 6 ind.m⁻³).

Les deux taxa de cladocères, *Bosmina* spp. et *Daphnia* spp., présentent une répartition longitudinale similaire avec les densités les plus fortes observées (320-2000 ind.m⁻³ et 170-2500 ind.m⁻³ respectivement pour *Bosmina* spp. et *Daphnia* spp.) dans la zone oligohaline. Les densités décroissent rapidement dans la zone mésohaline (à partir de 7,0 P.S.U.), ces espèces étant pratiquement absentes dans la zone polyhaline.

Pour les principaux copépodes, plusieurs schémas de répartitions sont observés. *Temora longicornis* présente ses densités les plus fortes (195-320 ind.m⁻³) dans la zone polyhaline (Figure III.20.). Toutefois la densité la plus forte de ce copépode (620 ind.m⁻³) a été observée pour une salinité de 16,9 P.S.U. (zone mésohaline) ; pour les salinités plus faibles, les densités de *Temora longicornis* diminuent fortement, ce copépode étant totalement absent à partir des salinités de surface inférieures à 7,0 P.S.U.

Les copépodes du genre *Acartia* ont une répartition le long du gradient de salinité plus large que celle du copépode marin *T. longicornis* (Figure III.20.). Les densités les plus fortes sont observées dans la zone polyhaline ainsi que dans la partie la plus haline de la zone mésohaline (1 000 et 5 000 ind.m⁻³ entre 16,0 et 25,0 P.S.U. de salinité de surface). A partir de 7,0 P.S.U. de salinité de surface, les densités d'*Acartia* spp. décroissent pour présenter des valeurs faibles voir nulles dans la partie oligohaline de l'estuaire de la Seine (densités inférieures à 10 ind.m⁻³).

La répartition longitudinale du copépode cyclopoïde *Acantocyclops robustus* est assez vaste puisque l'on observe ce copépode des eaux douces du fleuve (partie oligohaline) jusqu'aux eaux de salinité 20,0 P.S.U. (Figure III.20.). Toutefois, les densités les plus fortes (1400 à 2700 ind.m⁻³) sont enregistrées dans la zone de plus faible salinité (0,4-1,0 P.S.U.). A partir des salinités supérieures à 10,0 P.S.U., on observe une diminution des densités qui sont alors faibles dans la zone polyhaline.

Le copépode majoritaire de l'estuaire de la Seine, *Eurytemora affinis*, présente une zonation moins nette que ce que l'on peut observer pour les autres copépodes. Cependant, les densités les plus fortes sont enregistrées de la zone oligohaline (salinité de surface inférieure à 5,0 P.S.U.) jusqu'aux salinités 10,0 P.S.U. Puis celles-ci décroissent et présentent alors leurs valeurs minimales (1 à 200 ind.m⁻³) dans les eaux de salinité supérieure à 20,0 P.S.U. (Figure III.20.).

La communauté zooplanctonique de l'estuaire de la Seine présente une structure quantitative tranchée le long du gradient de salinité. Les densités totales maximales sont toujours enregistrées dans la partie amont de l'estuaire (zone oligohaline : 0,5 < Salinité de surface (P.S.U.) < 5,0). Ces densités ont tendance à décroître régulièrement de l'amont vers l'aval.

Trois espèces mésozooplanctoniques montrent un schéma de distribution longitudinale identique avec de fortes densités en zone marine et une diminution des abondances lorsque l'on pénètre dans la partie amont de l'estuaire. L'appendiculaire *Oikopleura dioica*, espèce couramment recensée en baie de Seine (Wang *et al.*, 1994), présente ses plus fortes abondances en zone polyhaline ($18,0 < \text{Salinité de surface (P.S.U.)} < 30,0$), une intrusion de l'espèce étant observée jusque dans la zone mésohaline (limite de l'intrusion : 11,0 P.S.U.). La répartition en estuaire de Seine de cet appendiculaire est identique à ce que l'on peut observer dans l'Escaut (Soetaert & van Rijswijk, 1993) où les abondances maximales d'*Oikopleura dioica* sont enregistrées dans une zone comprise entre 18,0 et 30,0 P.S.U. de salinité de surface, cette espèce étant présente jusqu'à des salinités de 12,0 P.S.U. Les larves de cirripèdes, bien que présentant leurs densités maximales en zone polyhaline, ont une répartition plus étendue avec une colonisation de la partie amont de l'estuaire où ces larves sont observées en zone oligohaline. Ces mêmes observations, quand à la répartition des larves de cirripèdes, ont également été effectuées par Baretta & Malschaert (1988) en estuaire de l'Ems où ils se localisent entre les isohalines 0,0 et 35,0 P.S.U. (maximum de densité enregistré entre 15,0 et 35,0 P.S.U.). La troisième espèce, d'affinité marine, *Temora longicornis* présente une répartition longitudinale en estuaire de Seine identique à celle observée dans l'estuaire de l'Escaut (Soetaert & van Rijswijk, 1993) avec de fortes abondances en zone polyhaline ($18,0 < S < 30,0$). L'intrusion de ce copépode dans la partie amont est beaucoup plus importante dans l'Escaut où il est observé jusqu'aux eaux douces alors qu'en estuaire de Seine la présence de *Temora longicornis* n'est enregistrée qu'en aval de l'isohaline 7,0 P.S.U.

Les deux taxa de cladocères dominantes de l'estuaire de la Seine, *Bosmina* spp. et *Daphnia* spp., présentent une distribution inverse de celle décrite ci-dessus pour les deux espèces d'affinité marine. En effet, ces deux cladocères ont une localisation plus amont avec

leurs abondances maximales enregistrées dans la zone oligohaline ; peu d'individus de ces deux espèces colonisent la partie salée de l'estuaire. *Bosmina* spp. et *Daphnia* spp. ont donc une préférence pour les eaux douces comme l'observent également Laprise & Dodson (1994) dans l'estuaire du Saint-Laurent où ces cladocères sont abondants dans la partie la moins salée de l'estuaire. De plus comme en estuaire de Seine, la pénétration dans la partie mésohaline et polyhaline est peu importante, seulement quelques individus transportés par l'écoulement des eaux du fleuve en surface sont échantillonnés.

Le copépode cyclopoïde, *Acartia robustus*, présente le même schéma de distribution longitudinale avec une colonisation préférentielle de la zone amont de l'estuaire de la Seine (zone oligohaline) ; ce copépode est considéré comme un copépode d'eau douce (Gurney, 1933, Reed, 1970, Lescher-Moutoué, 1996).

Les copépodes du genre *Acartia* spp. présentent en estuaire de Seine une distribution longitudinale large puisque ces copépodes sont observés de la zone oligohaline à la zone euryhaline de la Baie de Seine (Mouny *et al.*, 1996), la zone de maximum d'abondance se trouvant localisée entre les isohalines 10,0 et 30,0 P.S.U. Cette répartition est similaire à ce que l'on a pu observé dans d'autres estuaires européens comme dans la Gironde (Irigoin, 1994), dans l'Ems (Baretta & Malschaert, 1988), dans l'Escaut (Soetaert & van Rijswijk, 1993) aux Pays-Bas ou encore dans l'estuaire de la Tamar en Angleterre (Percival, 1929) où les copépodes du genre *Acartia* sont localisés entre les isohalines 0,0 et 35,0 P.S.U. avec leurs plus fortes densités enregistrées dans une zone plus salée (10,0-35,0 P.S.U.). De plus, ces études montrent une succession aval-amont des différentes espèces du genre *Acartia*, succession qui n'a pas été étudiée en estuaire de Seine mais qui semble cependant présente d'après les résultats exposés dans la partie III.2.2.b.

Tableau III.VI. Résultats de l'Analyse Canonique des Correspondances réalisée sur trois matrices différentes

	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4
Communauté zooplanctonique totale				
Valeurs propres	0,415	0,120	0,068	0,034
Corrélation taxa-environnement	0,719	0,525	0,430	0,262
% cumulé de variance dans la relation taxa-environnement	60,7	78,2	88,2	93,1
Somme de toutes les valeurs propres		3,601		
Somme de toutes les valeurs propres canoniques		0,684		
Variance expliquée par les facteurs environnementaux étudiés		19%		
Cladocera				
Valeurs propres	0,959	0,249	0,041	0,032
Corrélation taxa-environnement	0,984	0,949	0,239	0,564
% cumulé de variance dans la relation taxa-environnement	73,9	93,0	96,2	98,7
Somme de toutes les valeurs propres		2,592		
Somme de toutes les valeurs propres canoniques		1,298		
Variance expliquée par les facteurs environnementaux étudiés		50,1%		
Copepoda				
Valeurs propres	0,380	0,100	0,036	0,024
Corrélation taxa-environnement	0,699	0,564	0,296	0,275
% cumulé de variance dans la relation taxa-environnement	66,6	84,2	90,5	94,6
Somme de toutes les valeurs propres		2,681		
Somme de toutes les valeurs propres canoniques		0,570		
Variance expliquée par les facteurs environnementaux étudiés		21,3%		

La répartition longitudinale du copépode dominant *Eurytemora affinis*, en estuaire de Seine, est semblable à celle des autres estuaires nord européens avec une présence de ce copépode entre 0,0 et 25,0 P.S.U. en estuaire de Seine (Mouny *et al.*, 1996, 1997), 0,0 et 15,0 et 0,0 et 20,0 P.S.U. respectivement dans l'estuaire de la Weser et de l'Elbe (Soltampour-Gargari & Wellershaus, 1987), 0,0 et 30,0-35,0 P.S.U. dans les estuaires de l'Ems (Baretta & Malschaert, 1988) et de l'Escaut (Soetaert & van Rijswijk, 1993) ou encore dans l'estuaire du Saint-Laurent entre 0,0 et 30,0 P.S.U. (Laprice & Dodson, 1994). En revanche, *Eurytemora affinis* montre une distribution différente en baie de Bristol (Collins & Williams, 1981) où il est présent dans des zones de plus fortes salinités (18,0-35,0 P.S.U.), mais également dans de nombreux estuaires nord-américains où *Eurytemora affinis* est abondant en zone polyhaline (Cronin *et al.*, 1962 ; Jeffries, 1962 ; Knatz, 1978).

En revanche, bien que l'aire de répartition d'*Eurytemora affinis* soit semblable pour les différents estuaires nord-européens, la zone de maximum d'abondance présente une grande variabilité avec de fortes abondances localisées en estuaire de Seine entre les isohalines 0 et 7,0 P.S.U. tandis que dans l'Ems et l'Escaut, ces densités maximales sont observées dans une zone plus large comprise entre 0,0 et 20,0 P.S.U. (Baretta & Malschaert, 1988 ; Soetaert & van Rijswijk, 1993). *E. affinis* présente des abondances maximales dans une zone de très faible salinité ($S < 1,5$ P.S.U.) dans la Weser et l'Elbe (Soltampour-Gargari & Wellershaus, 1987).

III.3.B. Relations paramètres environnementaux et structure de la population

L'Analyse Canonique des Correspondances effectuée sur trois matrices de données différentes (zooplancton total, cladocères et copépodes) permet de quantifier les relations entre les facteurs environnementaux et les espèces (Tableau III.VI.). Pour la matrice de zooplancton total, les quatre premiers axes expliquent 93,1 % de la variance de la matrice

Tableau III.VII. Variation de la valeur de P des différents paramètres environnementaux enregistrés pour les trois matrices de données, La valeur de P est donnée par l'Analyse Canonique des Correspondances en association avec un test de permutation de Monte Carlo.

Variable environnementale	Matrice zooplancton total	Matrice cladocère	Matrice copépode
Salinité surface	0,01**	0,03*	0,01**
Salinité fond	0,370 ^{NS}	0,490 ^{NS}	0,540 ^{NS}
Oxygène dissous surface	0,370 ^{NS}	0,430 ^{NS}	0,690 ^{NS}
Oxygène dissous fond	0,870 ^{NS}	0,250 ^{NS}	0,150 ^{NS}
Turbidité surface	0,840 ^{NS}	0,260 ^{NS}	0,750 ^{NS}
Turbidité fond	0,840 ^{NS}	0,490 ^{NS}	0,730 ^{NS}
Température	0,440 ^{NS}	0,03*	0,280 ^{NS}
Débit du fleuve	0,290 ^{NS}	0,330 ^{NS}	0,560 ^{NS}

** $P \leq 0,01$, * $P \leq 0,05$, NS: $P > 0,05$

décomposée en 60,7 % pour l'axe I, 17,5 % pour l'axe II, 10,0 % pour l'axe III et 4,9 % pour l'axe IV. De plus, la variance expliquée par les paramètres environnementaux étudiés est de 19,0%. Les valeurs de probabilité (Tableau III.VII.) associées à cette analyse (Monte Carlo Test) ne donnent que la salinité de surface comme paramètre significatif ($P \leq 0,01$).

Pour la matrice compilant les densités des Cladocères, les axes I-IV expliquent 98,7 % de variance de la relation espèce-environnement (Axe I : 73,9 %, Axe II : 19,1 %, Axe III : 3,2 % et Axe IV : 2,5 %). Les paramètres environnementaux étudiés expliquent un total de 50,1 % de la variance qui peut être décomposée suivant les différents facteurs environnementaux (Figure III.21.).

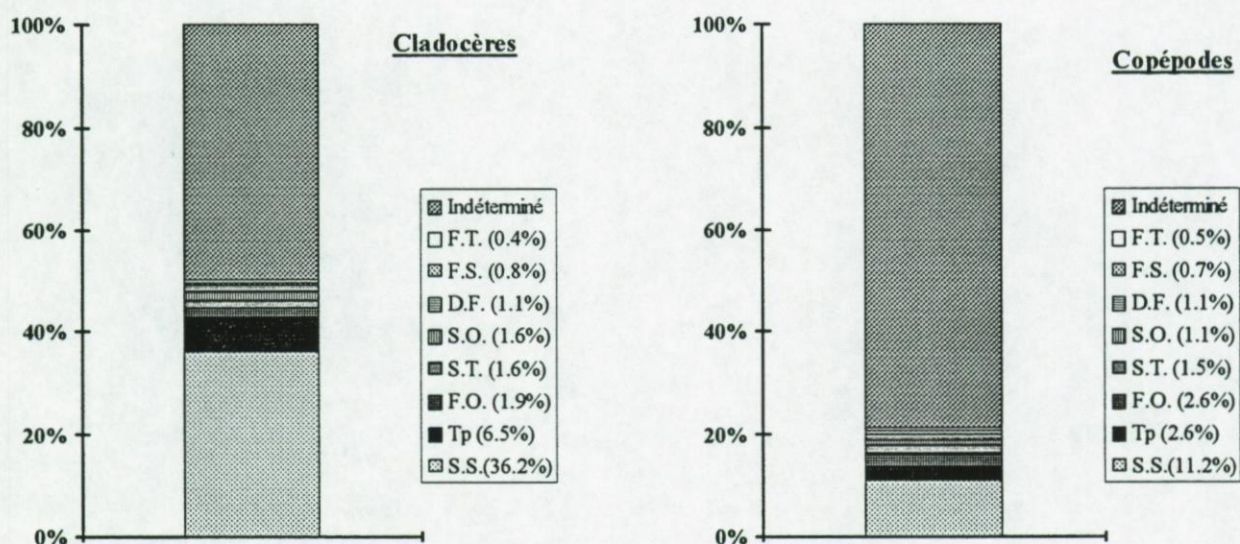


Figure III.21. Représentation de la répartition de la variance expliquée par l'Analyse Canonique des Correspondances sur deux matrices de données différentes avec les paramètres environnementaux étudiés. F./S.S. : Fond/Surface Salinité ; F./S.T. : Fond/Surface Turbidité ; F./S.O. : Fond/Surface Oxygène dissous ; Tp : Température ; D.F. : Débit du Fleuve.

La salinité de surface (36,2 % de variance expliquée) et la température (6,5 %) sont les facteurs les plus importants dans la répartition des cladocères. Les autres facteurs, non significatifs pour $P > 0,05$, n'expliquent que 1,9 % (Oxygène dissous de fond) à 0,4 % (Turbidité de fond) de la variance de la matrice Cladocère.

Pour la matrice Copépodes, la variance expliquée par les principaux axes est de 94,6 % (Axe I : 66,6 %, Axe II : 17,6 %, Axe III : 6,3 % et Axe IV : 4,1 %). Les paramètres environnementaux expliquent 21,3% de la variance de la matrice (Tableau III.VI.). La décomposition de cette variance à partir des différents facteurs montre que seule la salinité de surface est significative et explique 11,2 % de celle-ci.

Les résultats obtenus par l'ACC, sur le zooplancton total et sur les copépodes, est conforme à ce qui a déjà été observé dans d'autres estuaires avec identification du rôle majeur joué par la salinité (Collins & Williams, 1982 ; Soetaert & van Riswijk, 1993 ; Jassby *et al.*, 1995). Toutefois, pour les cladocères, l'Analyse Canonique des Correspondances révèle deux paramètres environnementaux importants : la salinité de surface et la température (décrivant la variabilité temporelle de l'estuaire). Ce dernier facteur environnemental a déjà été identifié comme étant un paramètre fondamental expliquant la variabilité du zooplancton estuarien (Mallin, 1991). En effet, la taxocoenose de cladocères semble être plus influencée par les variations temporelles de l'écosystème que les copépodes. En revanche, cette analyse ne montre aucun effet significatif de la turbidité sur la distribution du zooplancton de l'estuaire de la Seine. Pourtant, la turbidité est souvent donnée comme un facteur important dans la répartition des copépodes, notamment pour *Eurytemora affinis* en Gironde (Castel & Feurtet, 1986). Toutefois cette différence entre les deux estuaires français peut s'expliquer par la nature même du bouchon vaseux. En effet, en Gironde comme dans certains estuaires américains (Morgan *et al.*, 1997), le bouchon vaseux est la résultante du gradient de densité tandis qu'en estuaire de Seine, ce bouchon vaseux est créé par les courants de marées et courants résiduels (bouchon dynamique). Dans ces conditions, on observe une relation nette entre le bouchon de turbidité et la répartition des copépodes dans les estuaires où le gradient

de densité explique à la fois la position du bouchon vaseux et celle des différentes espèces zooplanctoniques.

Toutefois, la forte proportion de variance inexpliquée pour les différentes matrices étudiées (zooplancton total : 81 %, cladocères : 49,9 % et copépodes : 78,7 %) suggère l'intervention d'autres paramètres biotiques ou abiotiques agissant localement ou à petite échelle. Par exemple, la distribution du zooplancton en estuaire peut être régulée par le cycle tidal et les courants de marée (Schlacher & Wooldridge, 1995). Les facteurs biotiques peuvent aussi expliquer une certaine part de la variabilité spatiale zooplanctonique comme la prédation (Pinnel-Alloul *et al.*, 1995). En effet, ce facteur peut limiter l'expansion des espèces zooplanctoniques estuariennes vers l'aval sous la pression importante des prédateurs marins comme les poissons.

De plus, la qualité du pool nutritif à disposition des espèces zooplanctoniques peut elle aussi intervenir dans la structuration du zooplancton estuarien (Landry *et al.*, 1994), les copépodes cherchant la zone optimale de nutrition. Enfin les migrations (principalement verticale) peuvent apparaître comme un élément important dans la distribution du plancton. Ainsi, ces migrations, mises en évidence dans plusieurs estuaires comme une adaptation pour le maintien des populations de copépodes dans l'estuaire, peuvent aussi expliquer une part non négligeable de la variabilité de la distribution du zooplancton (Hays *et al.*, 1994, Morgan *et al.*, 1997). Dans l'estuaire de la Seine, des hypothèses sur des phénomènes migratoires du copépode *Eurytemora affinis* sont données dans le chapitre IV.

Conclusion

La communauté mésozooplanctonique de l'estuaire de la Seine, bien que semblable à celle des autres estuaires nord européens avec la dominance des copépodes calanoïdes des

genres *Acartia* et *Eurytemora*, se singularise par de fortes densités du mésozooplancton dans la zone de salinité inférieure à 18,0 P.S.U. (intégrant la zone mésohaline et oligohaline). Ces fortes abondances du mésozooplancton caractéristiques de l'estuaire de Seine sont dues aux très fortes densités du copépode majoritaire *E. affinis*.

Cette communauté zooplanctonique est relativement riche en espèces dans la partie aval de l'estuaire avec la présence de nombreuses espèces marines qui pénètrent peu dans l'estuaire de la Seine (uniquement dans la partie aval de l'estuaire : zones mésohaline et polyhaline). Les intrusions de ces espèces, observées dans la zone amont, sont sporadiques et souvent liées à leur période de forte abondance en baie de Seine permettant un accroissement de l'aire de répartition mais également dues à l'advection tidale qui induit une pénétration des eaux marines de la baie au cours des périodes de flot. L'estuaire de la Seine présente ensuite une simplification de la communauté zooplanctonique de l'aval vers l'amont avec diminution importante des espèces et dominance progressive du copépode *Eurytemora affinis* à partir de la zone mésohaline. Les densités totales, avec des valeurs maximales en avril et juin, sont sous l'influence du copépode *Eurytemora affinis* dont les périodes de fortes densités sont les mêmes ; les espèces marines et dulçaquicoles colonisant respectivement les zones aval et amont de l'estuaire plus tardivement dans l'année (fin de printemps et été) du fait de l'étalement de leur répartition par augmentation de leurs densités.

Cette structuration aval-amont de la communauté mésozooplanctonique de l'estuaire de la Seine est présente aussi bien au niveau qualitatif (nombre et type d'espèces) qu'au niveau quantitatif. La distribution longitudinale du plancton, dans l'estuaire de la Seine, est sous l'influence du gradient de salinité qui fait apparaître une succession d'espèces avec des espèces marines localisées dans la partie aval de l'estuaire, caractérisée par des densités zooplanctoniques peu élevées ; les espèces d'origine fluviale ainsi que le copépode *E. affinis*

se localisent dans la partie amont de l'estuaire (zone oligohaline) caractérisée par les plus fortes abondances du mésozooplancton en estuaire de Seine.

D'autre part, les autres facteurs environnementaux étudiés (turbidité et oxygène dissous) ne jouent pas un rôle aussi important que la salinité sur la répartition du mésozooplancton en estuaire de Seine. Toutefois, il apparaît que les espèces marines se trouvent généralement en aval du bouchon vaseux alors que les espèces dulçaquicoles se localisent en amont de cette zone de maximum de turbidité.

Chapitre IV

**Evolution spatio-temporelle du
copépode majoritaire de l'estuaire de
la Seine : *Eurytemora affinis*
(Copépode, Calanoïde)**

Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, le copépode *Eurytemora affinis* domine fortement la communauté mésozooplanctonique de l'estuaire puisque celui-ci peut représenter, en terme de densité, entre 50 et 100% du mésozooplancton aussi bien en zone mésohaline qu'en zone oligohaline. Ce copépode étant par conséquent un maillon essentiel de l'écosystème estuarien de la Seine, il était indispensable d'y consacrer une étude particulière. Dans ce quatrième chapitre, l'étude porte sur une analyse détaillée de la cinétique et de la dynamique du copépode majoritaire de l'estuaire de la Seine *Eurytemora affinis*, en utilisant les mêmes séries d'échantillonnage réalisées de 1994 à 1996 et exposées dans le chapitre III. Des séries supplémentaires de prélèvements décadaires pendant la période de maximum d'abondance (printemps 1997) mais également des prélèvements verticaux et transversaux au cours du printemps 1998 ont été réalisés. Ces séries de prélèvements en 1997 et 1998 ayant été effectuées à la fois au filet mais également à la bouteille NISKIN (filtration 63 μ m) afin de prélever toute la population de ce copépode. Ces différentes stratégies d'échantillonnage d'*Eurytemora affinis* vont permettre d'étudier de façon approfondie sa distribution, sa dynamique annuelle, pluriannuelle et printanière et d'estimer sa production secondaire.

IV.1. Statut de l'espèce

Depuis le début du siècle, le genre *Eurytemora* a fait l'objet de nombreuses études en raison de son rôle important dans les systèmes estuariens européens et nord-américains. Plusieurs espèces du genre *Eurytemora* ont été décrites, cependant les deux espèces *Eurytemora affinis* et *Eurytemora hirundoides*, décrites respectivement par Poppe en 1880 et Nordquist en 1888 sont les plus couramment citées dans la littérature.

Les copépodes du genre *Eurytemora* sont rencontrés dans de nombreux estuaires de diverses régions. Dans les systèmes estuariens nord-américains, *Eurytemora affinis* (Bradley, 1975 ; Saunders, 1993 ; Laprise & Dodson, 1994 ; Morgan *et al.*, 1997), *E. americana* (Willey, 1923 ; Wilson & Tash, 1966 ; Grice, 1971 ; Katona, 1971) et *E. herdmani* (Heron, 1967, Grice, 1971) sont régulièrement signalés. En Europe, le copépode le plus couramment présent dans les estuaires est *Eurytemora affinis* qui est recensé aussi bien dans les estuaires britanniques (Collins & Williams, 1981 ; Hough & Naylor, 1991 ; Roddie *et al.*, 1984) que dans les estuaires allemands ou hollandais (Heckman, 1986 ; Baretta & Malschaert, 1988 ; Soetaert & van Rijswijk, 1993). Dans les systèmes estuariens français plusieurs espèces ont été identifiées. Ainsi en Gironde, Castel & Courties (1977), Feurtet (1989) et Castel & Feurtet (1992) ont mis en évidence une morphologie proche de celle d'*E. hirundoides* dans la partie limnique de l'estuaire et d'*Eurytemora affinis* dans la zone polyhaline. La présence de ces deux entités morphologiques ayant amené les auteurs à adopter, sur les conseils de Purasjoki (in Kankaala & Johansson, 1986), la dénomination *Eurytemora affinis hirundoides* pour leurs études. Enfin, notons que ces espèces du genre *Eurytemora* semblent cosmopolites puisqu'on les signale aussi bien dans des systèmes lacustres comme au Japon par exemple (Ban, 1992) que dans les systèmes marins (Rose, 1933).

Récemment, Busch & Brenning (1992), d'après une étude morphométrique des copépodes dénommés *Eurytemora affinis*, *E. hirundoides* et *E. hirundo* de la mer Baltique, proposent selon leurs résultats que seule la dénomination *Eurytemora affinis* soit valide et utilisée et que les espèces *Eurytemora hirundo* Giesbrecht, 1881 et *Eurytemora hirundoides* Nordquist, 1888 soient considérées comme des synonymes d'*E. affinis* Poppe, 1880. Nous avons donc admis pour l'estuaire de la Seine cette synonymie et appelé le copépode échantillonné *Eurytemora affinis* Poppe, 1880.

IV.2. Techniques d'échantillonnage : validité des résultats

Le but de ce paragraphe n'est pas de faire une description précise des engins de prélèvement utilisés, celle-ci étant développée dans le chapitre I (Matériel & Méthodes) mais de comparer les valeurs d'abondances obtenues par différentes techniques de prélèvement.

La population du copépode *Eurytemora affinis* a été suivie, au cours de cette étude, grâce à des prélèvements effectués soit par filet WP2 d'ouverture de maille de 200 μm , soit par bouteille NISKIN 30 litres filtrées sur tamis de 63 μm . La figure IV.1. présente l'évolution des densités totales du copépode *Eurytemora affinis* à la station Pont de Normandie (Bouée 26) lors de la période printanière de maximum d'abondance de 1997. Lorsque l'on tient compte des abondances des naupliis, les densités obtenues par les bouteilles sont toujours beaucoup plus fortes que celles obtenues grâce aux filets (Figure IV.1.A.), la différence des densités entre ces deux techniques d'échantillonnage étant statistiquement significative (test t de Student : $t = 2,35$, $p = 0,05$).

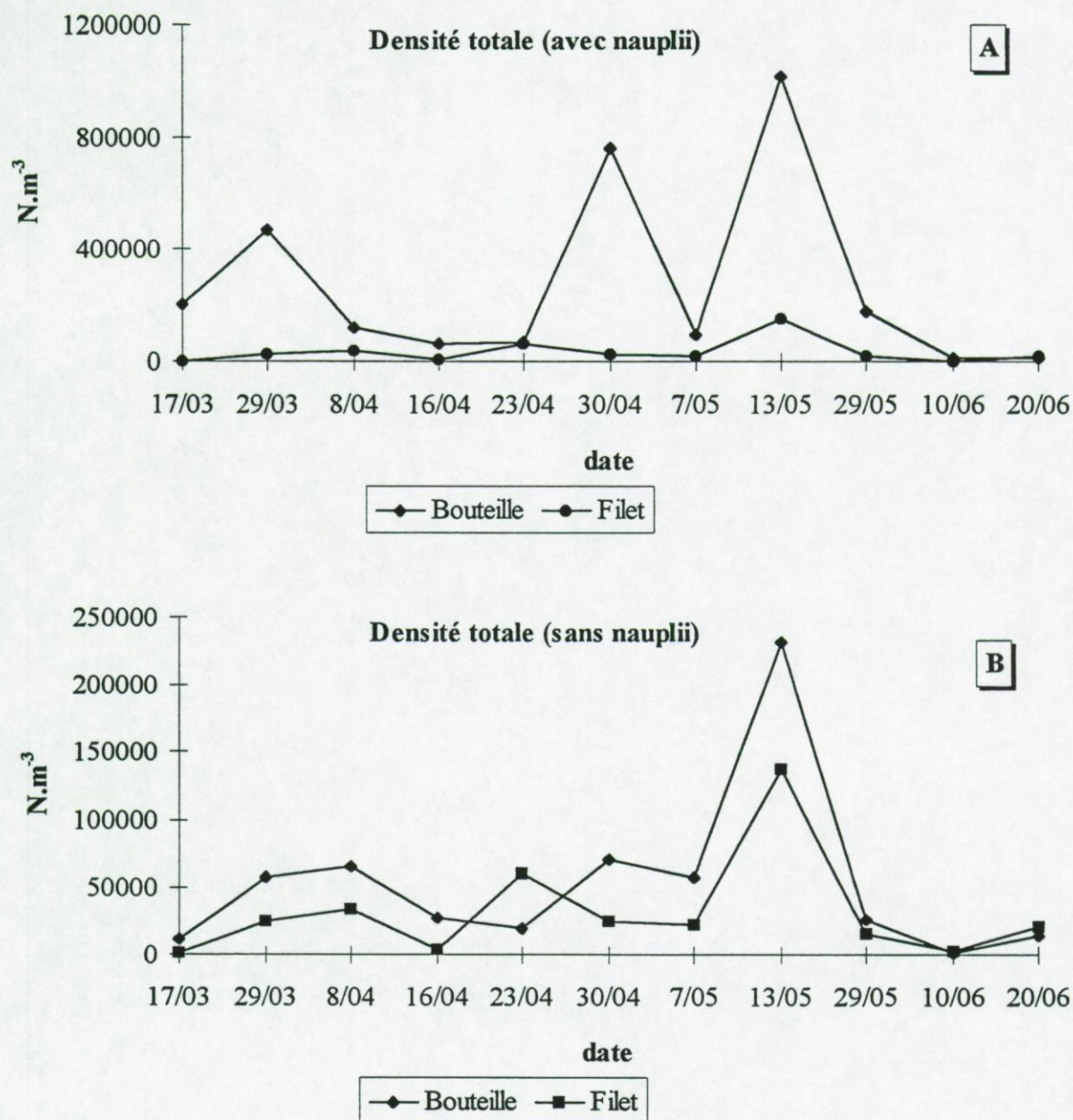


Figure IV.1. Variation des densités totales du copépode *Eurytemora affinis* en fonction du système de prélèvement (bouteille Niskin, 63 μm ; filet WP2, 200 μm) en 1997, à la station Bouée 26 (Pont de Normandie). A : prise en compte des stades nauplii ; B : sans stades nauplii.

En revanche, lorsque l'on fait les mêmes analyses sans tenir compte des stades nauplii, aucune différence significative n'est mise en évidence par le test t ($t = 0,95$ pour $p = 0,975$). L'évolution des densités totales d'*Eurytemora affinis* apparaît identique entre les deux techniques

de prélèvement, néanmoins les abondances obtenues par prélèvement à la bouteille demeurent toujours supérieures à celles estimées au filet sauf le 23 avril où l'on enregistre 59800 ind.m⁻³ par les filets et 20100 ind.m⁻³ par les bouteilles (Figure IV.1.B.).

Lorsque l'on décompose la population du copépode *Eurytemora affinis* en différents stades (nauplii, copépodites 1 à 5, mâle et femelles), le rapport densités bouteille/densités filet montre que la sous-estimation est très importante pour les naupliis dans les filets où leurs abondances sont 110 fois inférieures à ce que l'on observe par les bouteilles ; le stade copépodite 1 montre des densités trois fois supérieures par les bouteilles que par les filets. Pour les autres stades copépodites et les adultes, la sous-estimation faite par les filets est minime avec un rapport compris entre 1,2 et 1,5 (Tableau IV.I.).

Tableau IV.I. Comparaison des estimations des densités printanières des différents stades du copépode Eurytemora affinis obtenues par deux techniques de prélèvement différentes (bouteille, 63 µm et filet WP2, 200 µm). Les rapports des densités par bouteilles/densités par filet (B/F) sont également présentés. CI à CV : stades copépodites 1 à 5.

	Filet	Bouteille	B/F
nauplii	2010	219798	109,4
CI	7363	20238	2,7
CII	6882	9179	1,3
CII	4689	6391	1,4
CIV	3302	3836	1,2
CV	4328	6170	1,4
mâle	3355	4539	1,4
femelle	1800	2680	1,5

En conclusion, les abondances estimées, à partir des prélèvements par filet WP2 ou par bouteilles, ne sont pas significativement différentes lorsque l'on ne tient pas compte des stades naupliens. Les fortes différences obtenues au niveau des densités des nauplii sont simplement dues

au fait que les filets de maille 200 μm ne sont pas adaptés pour collecter ces stades même lors d'un colmatage important. Contrairement aux bouteilles qui prélèvent les stades nauplii et copépodites dans leur totalité, les filets ne retiennent que les individus dont le diamètre est supérieur à 200 μm (diamètre minimum de 270 μm chez les mâles et 325 μm chez les femelles) ainsi que les stades copépodites âgés. Malgré les inconvénients rencontrés avec le filet [colmatage, refoulement à l'entrée du filet, évitement du filet par les adultes (Veiga, 1983)], l'avantage de cette technique d'échantillonnage est le volume important d'eau filtrée (quelques mètres cubes) comparé aux 30 litres piégés dans les bouteilles. De plus, grâce à ce volume important d'eau filtrée, les prélèvements avec filets permettent de s'affranchir des problèmes de micro répartition des copépodes que l'on peut observer en estuaire (Feurtet, 1989) ; les estimations des densités à partir des prélèvements effectués par bouteille (prélèvement ponctuel en un point) peuvent en revanche être affectées par ces essaims.

En conclusion, en dépit des atouts et des inconvénients des deux techniques d'échantillonnage (bouteille et filet), les résultats portant sur les abondances sont similaires du point de vue statistique, hormis pour les naupliis, bien que les abondances soient toujours supérieures par les prélèvements par bouteille.

IV.3. Analyse biométrique du copépode *Eurytemora affinis*

La longueur du céphalothorax (L_c) a été mesurée pour les différents stades d'*E. affinis* de même que les poids individuels (poids sec après passage à l'étude pendant 24h à 60°C, voir Matériel & Méthodes) sur les individus récoltés au printemps 1997.

IV.3.A. Relation taille/stade

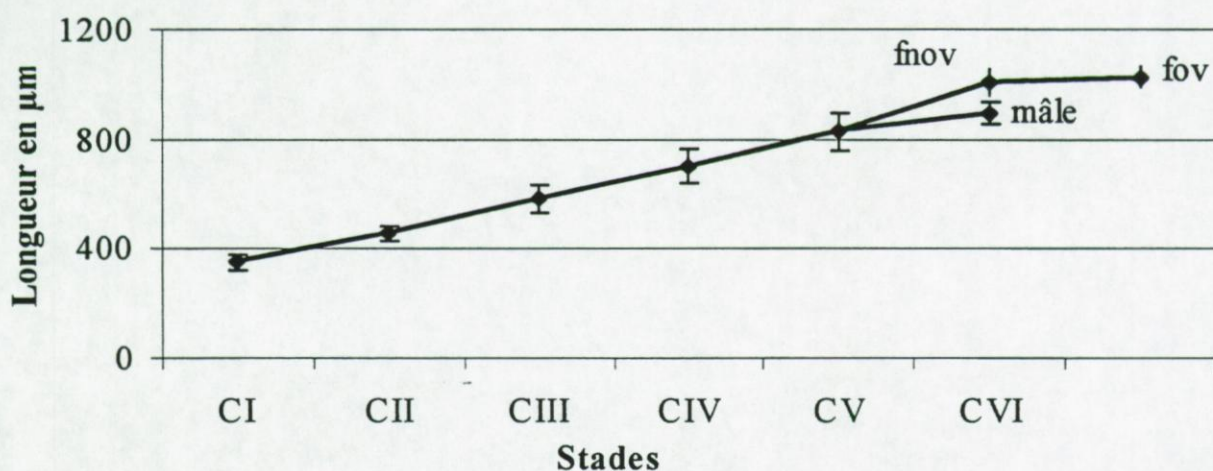


Figure IV.2. Relation stade-taille (μm) du copépode *Eurytemora affinis* au cours de la période printanière (mars à juin) de 1997. CI à CV : stades copépodites 1 à 5 ; fnov : femelle non ovigère ; fov : femelle ovigère

La figure IV.2. présente l'évolution de la taille du copépode (en μm) en fonction des différents stades. Cette taille augmente progressivement du stade copépodite I (taille moyenne : 350 μm) au copépodite V (moyenne : 830 μm), puis cette augmentation devient moins importante pour les stades adultes dont la croissance est faible, les femelles ovigères étant les individus les plus grands (taille moyenne : 1030 μm). La taille des différents stades copépodites varie entre 280 et 400 μm pour CI, entre 380 et 540 μm pour CII, entre 500 et 700 μm pour le stade CIII, entre 560 et 840 μm pour CIV et entre 700 et 980 μm pour les copépodites CV. Les mâles ont une taille variant entre 800 et 960 μm . La longueur totale des femelles est comprise entre 920 et 1100 μm pour les femelles non-ovigères et 940-1120 μm pour les femelles ovigères.

Les tailles des différents stades observées dans l'estuaire de la Seine pendant la période printanière semblent être différentes de ce que l'on peut observer dans d'autres estuaires français. Ainsi, les mâles et les femelles sont beaucoup plus grands en estuaire de Seine qu'en Gironde où

les tailles ne dépassent pas les 800 μm pour les mâles et 850 μm pour les femelles (Feurtet, 1989) ; les mâles et les femelles sont également plus petits dans d'autres estuaires comme dans la Weser et dans le golfe de Bothnia où les tailles des mâles notamment varient entre 720 et 820 μm (Busch & Brenning, 1992). Ces variations des longueurs du céphalothorax peuvent traduire une éventuelle variabilité spatiale entre les estuaires au même titre que les différences morphologiques (dont des modifications de tailles) mises en évidence par Castel & Feurtet (1992) en Gironde qui démontrent que les tailles des individus varient de l'aval vers l'amont sous l'influence des facteurs environnementaux comme la turbidité et la salinité (les copépodes étant plus gros dans la zone oligohaline).

IV.3.B. Relation taille/poids et stades/poids

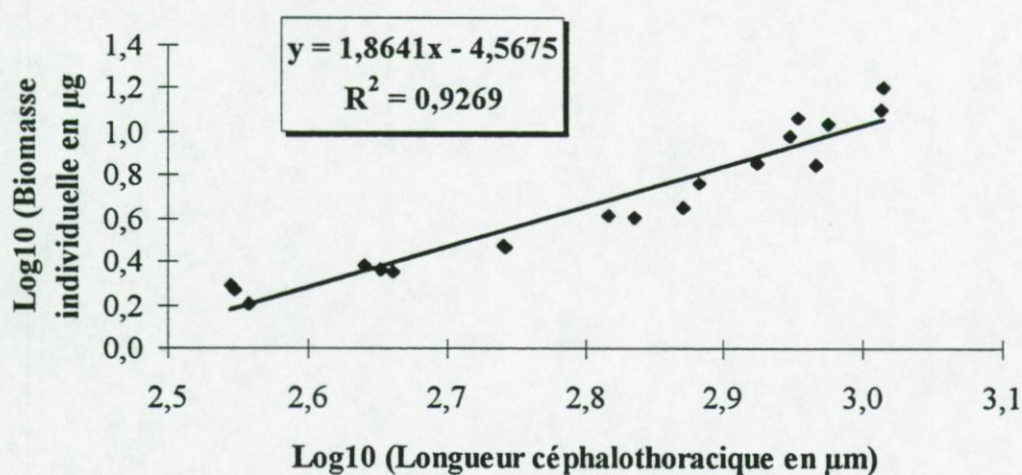


Figure IV.3. Relation entre la longueur céphalothoracique (μm) et la biomasse individuelle (μg) du copépode *Eurytemora affinis* lors de la période printanière de 1997.

La relation taille/poids obtenue à partir des prélèvements de 1997 traduit une augmentation du poids individuel avec la maturation des copépodites ; les femelles ovigères présentent

naturellement les poids individuels les plus importants (moyenne de 13,7 μg) du fait de la présence du sac ovigère (Figure IV.3, 4.).

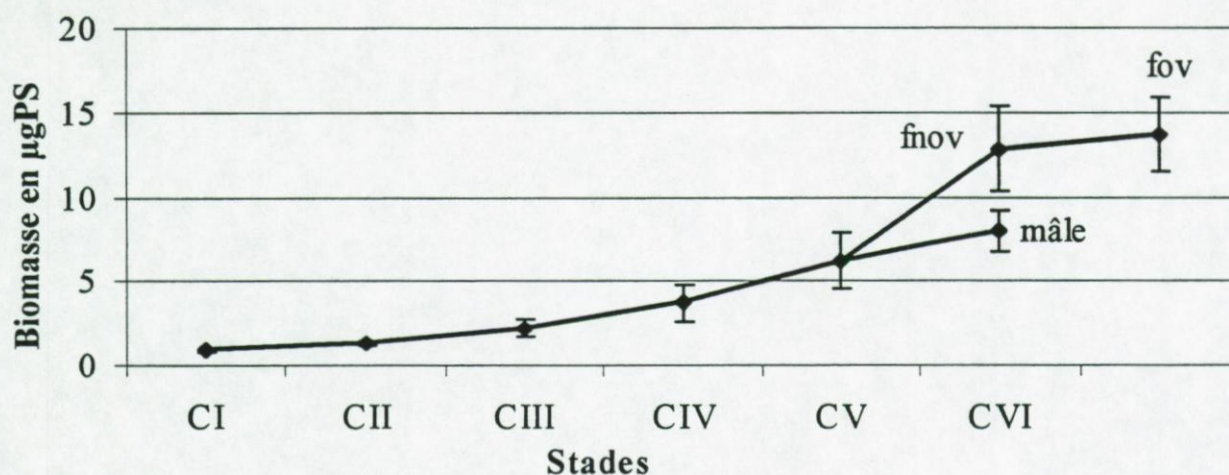


Figure IV.4. Relation stade-poids ($\mu\text{gPoids Sec}$) du copépode *Eurytemora affinis* au cours de la période printanière (mars à juin). CI à CV : stades copépodites 1 à 5 ; fno : femelle non ovigère ; f : femelle ovigère

Comme pour la taille, les poids individuels des différents stades du copépode *Eurytemora affinis* sont beaucoup plus forts en estuaire de Seine qu'en Gironde et dans l'Ems notamment pour les stades adultes (Tableau IV.II.) à l'instar de la taille de ces copépodes qui comme il a été souligné précédemment, sont beaucoup plus grand en estuaire de Seine qu'en estuaire de Gironde par exemple. Ces différences de poids observés entre les estuaires sont interprétées par des chercheurs hollandais comme une diminution de la capacité de croissance du copépode en fonction de la turbidité. Les individus sont moins grands dans les estuaires turbides comme l'Ems où la Gironde par rapport à l'estuaire de Seine où la turbidité est relativement plus faible que dans ces deux estuaires. D'autre part, il est important de signaler que les valeurs de poids individuels fournis en estuaire de Seine ont été mesurés en période printanière alors que pour les autres estuaires, ces valeurs sont moyennées sur l'année. Des études ont ainsi montré la variabilité

importante des poids individuels de ce copépode au cours de l'année (Heinle & Flemer, 1975 ; Feurtet, 1989), les copépodes étant beaucoup plus gros en fin d'hiver et au printemps.

Tableau IV.II. Poids individuels des mâles et des femelles non-ovigères d'E.affinis dans les estuaires de la Seine (période printanière), de l'Ems et de la Gironde (moyenne annuelle), (Feurtet, 1989).

	Poids mâles (μ g)	Poids femelles (μ g)
Estuaire de Seine	8,0	12,8
Estuaire de l'Ems	4,0	5,5
Estuaire de la Gironde	5,1	6,3

IV.4. Structure spatiale de la population d'*Eurytemora affinis*

IV.4.A. Répartition longitudinale - Influence des paramètres du milieu sur la distribution d'*Eurytemora affinis*

IV.4.A.1. Répartition en fonction du gradient de Salinité

Dans un système estuarien, la salinité est le premier paramètre environnemental intervenant dans la distribution du zooplancton. Ce facteur semble être le seul (hormis la température) ayant une influence sur la structuration de la communauté mésozooplanctonique de l'estuaire de la Seine (voir les analyses statistiques réalisées dans le chapitre III, AFC et ACC). C'est pourquoi, il est intéressant de comprendre comment la salinité influence la répartition du copépode planctonique majoritaire de l'estuaire de la Seine, *Eurytemora affinis*.

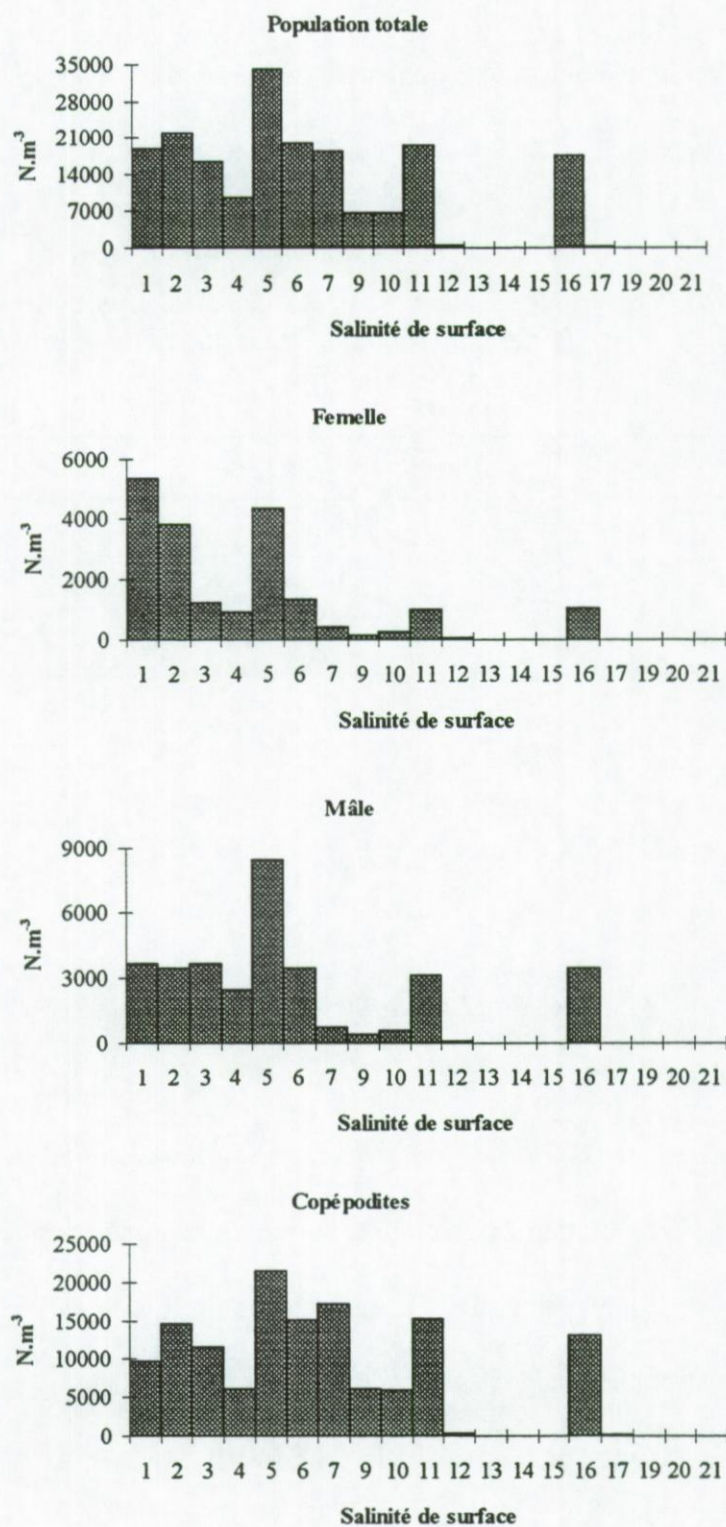


Figure IV.5. Répartition des densités totales, des copépodites, des mâles et des femelles du copépode *Eurytemora affinis* le long du gradient de salinité de surface (P.S.U.) (Densités moyennées sur l'année 1996 par zone de salinité).

Comme il a été montré au chapitre III, le copépode *Eurytemora affinis* présente une répartition large le long du gradient de salinité puisque celui-ci est observé depuis les eaux de 25,0 P.S.U. jusqu'aux eaux douces du fleuve. La zone de maximum de densité de ce copépode se localise entre les isohalines 0,0 et 11,0 P.S.U. mais avec des femelles situées préférentiellement entre 0,0 et 5,0 P.S.U., les mâles autour de l'isohaline 5,0 P.S.U. et des copépodites se localisant plus largement entre 0,0 et 11,0 P.S.U. (Figure IV.5.).

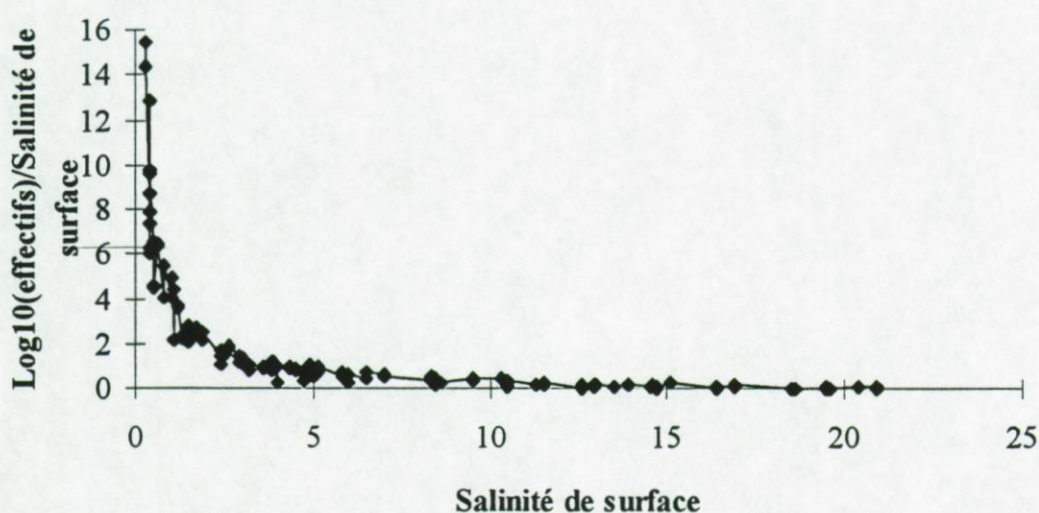


Figure IV.6. Evolution du rapport $\log_{10}(\text{effectif d'E. affinis} + 1)/\text{salinité de surface}$ le long du gradient de salinité de surface (P.S.U.) à partir des données de 1996. Prélèvements filet 200µm.

L'évolution du rapport des effectifs d'*Eurytemora affinis* (transformés en \log_{10}) par rapport à la salinité en fonction du gradient de salinité (Figure IV.6.) montre une décroissance rapide de celui-ci dans les faibles salinités, ce rapport étant très faible dans les eaux de fortes salinités. Ceci indique que les fortes abondances du copépode sont localisées dans les eaux de faible salinité alors que les faibles densités se retrouvent en zone marine.

D'après Castel (1981), le copépode *Eurytemora affinis* est une espèce qualifiée d'eurytherme et d'euryhaline puisqu'elle présente une aire thermohaline de tolérance et de reproduction vaste dont les limites se situent entre 4°C et 30°C pour la température et entre 0,0 P.S.U. et 30,0 P.S.U. pour la salinité. Des études expérimentales ont également permis de montrer qu'*Eurytemora affinis* est une espèce isosmotique à 6,0 P.S.U. et qui osmorégule parfaitement dans une gamme de salinités comprises entre 3,0 et 6,0 P.S.U. (Gyllenberg & Lundquist, 1979), cette osmorégulation efficace pouvant se poursuivre jusqu'aux salinités de 10,0 P.S.U. lorsque les températures décroissent (Roddie *et al.*, 1984). Cette faculté d'osmorégulation dans une gamme de salinité relativement grande est une adaptation très importante pour ce copépode soumis à des variations de salinité brutales et constantes. Toutefois, cette faculté d'osmorégulation ne peut pas expliquer entièrement la capacité de colonisation des eaux de faibles salinités par *Eurytemora affinis* puisqu'il présente généralement ses densités maximales dans des zones de salinité inférieure à 5,0 P.S.U.

En estuaire de Seine, la zone de maximum d'abondance du copépode *Eurytemora affinis* se situe entre les isohalines 0,5 et 5,0 P.S.U., exceptionnellement dans les eaux de salinité comprise entre 6,0 et 8,4 P.S.U. Ce copépode présente une tolérance jusqu'aux eaux de salinité de 18,0-20,0 P.S.U. dans lesquelles cependant uniquement de faibles abondances sont observées. Ces très faibles densités dans les eaux de fortes salinités traduiraient, en fait, l'exportation des individus depuis la zone de maximum de densité vers les zones avales et des phénomènes de dilution depuis les eaux estuariennes amont riches en *E. affinis* vers des eaux marines dépourvues d' *E. affinis*. Ce phénomène de transport amont/aval pourrait entraîner alors une décroissance importante des densités d'*E. affinis*. C'est ainsi que Von Vaupel-Klein & Weber (1975) expliquent la présence du

copépode *Eurytemora affinis* dans la Wadden Sea, où les eaux présentent des salinités élevées supérieures à 22,0 P.S.U. , le copépode arrivant dans cette zone par les eaux de l'Ijsselmeer.

Comme le présente le tableau IV.III., la zone de maximum d'abondance d'*Eurytemora affinis* en estuaire de la Seine est localisée dans la même zone que dans les autres estuaires nord européens.

Notons que toutes ces études montrent une disparition progressive d'*E. affinis* dans les eaux de plus fortes salinités (18,0-20,0 P.S.U.), bien qu'il soit signalé jusque dans des eaux de salinité de 33,5 P.S.U. dans l'estuaire de la Severn (Collins & Williams, 1981).

Tableau IV.III. Récapitulatif des zones de maximum de densités du copépode estuarien Eurytemora affinis dans différents estuaires nord européens.

Zone de maximum d'abondance et auteurs	
Estuaire de l'Elbe (Allemagne)	0,0 à 0,5 P.S.U. (Soltampour-Gargari & Wellerhaus, 1985)
Estuaire de la Weser (Allemagne)	0,5 à 1,0 P.S.U. (Soltampour-Gargari & Wellerhaus, 1985)
Estuaire de l'Escaut (Hollande)	0,5 à 10,0 P.S.U. (De Pauw, 1973)
Estuaire du Forth (Ecosse)	0,0 à 10,0 P.S.U. (Roddie <i>et al.</i> , 1984)
Estuaire de la Seine (France)	0,0 à 5,0 P.S.U. (Présente étude)
Estuaire de la Gironde (France)	0,5 à 5,0 P.S.U. (Feurtet, 1989)

Des études expérimentales ont montré qu'*E. affinis* possède une grande faculté d'adaptation et qu'il peut vivre dans une gamme importante de salinité (Bradley, 1975 ; Von

Vaupel-Klein & Weber, 1975). Ainsi, ce copépode peut se reproduire dans des salinités comprise entre 5,0 et 33,0 P.S.U. avec des développements normaux (Katona, 1970).

IV.4.A.2. Répartition en fonction des Matières En Suspension (M.E.S.)

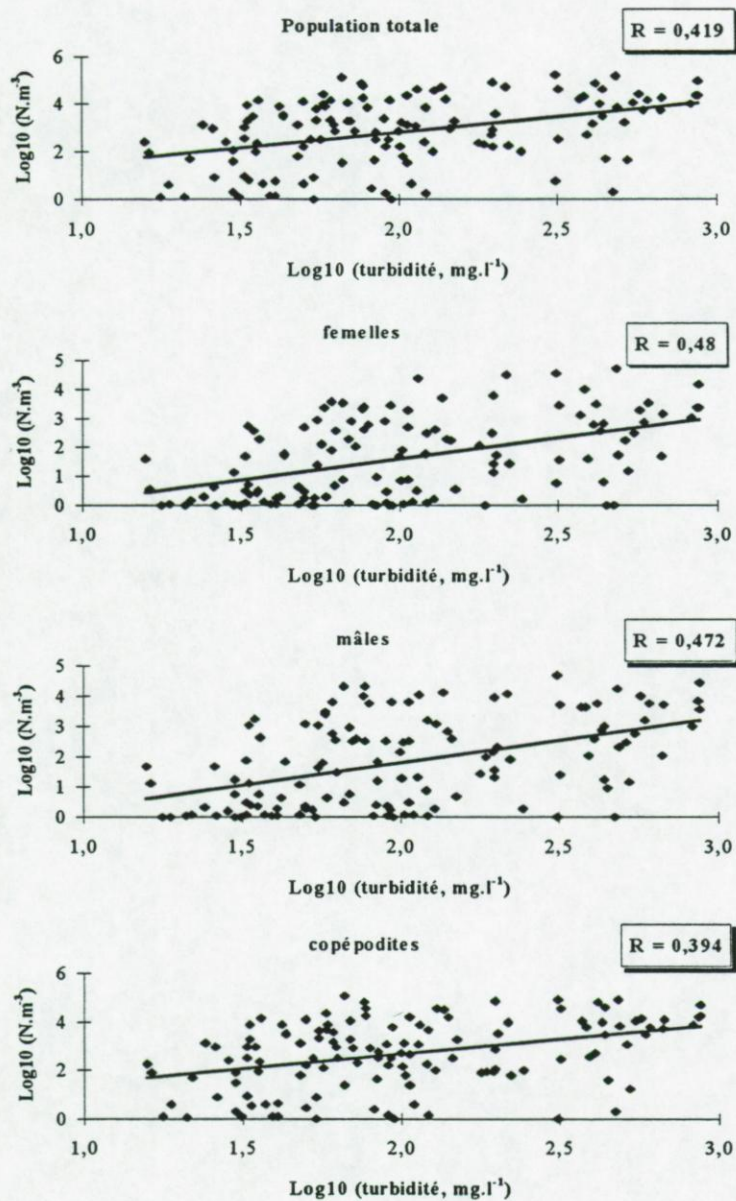


Figure IV.7. Représentation graphique des corrélations entre les densités totales, des femelles, des mâles et des copépodites (exprimés en log10) d'E. affinis et la turbidité (en log10). Le coefficient de corrélation est indiqué pour chaque relation. Prélèvements filet 200 μ m.

Les Matières en Suspensions (M.E.S.) ont été mesurées au moment de chaque prélèvement de zooplancton afin d'étudier leur rôle sur la répartition des copépodes et notamment celle d'*Eurytemora affinis*. Afin de déterminer l'influence éventuelle du bouchon vaseux (zone de maximum de turbidité) sur la répartition d'*E. affinis*, 126 couples de données acquises en 1996 (effectifs d'*Eurytemora affinis*, turbidité en mg.l^{-1}) récoltées sur tout le gradient de salinité ont été réunies (les couples dont la valeur de M.E.S. était aberrante du fait de problèmes d'échantillonnage ont été supprimés). Les analyses ont été réalisées sur la population totale d'*E. affinis* mais également en séparant les femelles, les mâles et les copépodites.

L'analyse des relations de corrélation entre les M.E.S. et les effectifs du copépode *Eurytemora affinis* ne montrent pas de relation nette (Figure IV.7.). En effet, le coefficient de corrélation varie entre 0,3936 pour la relation copépodites/M.E.S. et 0,4796 pour la corrélation femelles/M.E.S. ; les relations mâles/M.E.S. et population totale/M.E.S. présentent respectivement des coefficients de corrélation de 0,4716 et 0,4187.

Bien que les analyses précédentes ne montrent pas de relation nette entre la répartition du copépode et la structure turbide de l'estuaire de la Seine, il est tout de même intéressant de suivre l'évolution annuelle de la localisation des densités du copépode *Eurytemora affinis* par rapport à la zone de maximum de turbidité (Annexe VII.A.). Pour cela, des comparaisons ont été faites entre la localisation longitudinale d'*E. affinis* (femelle, mâle et copépodites) et la turbidité en surface d'une part et au niveau de la colonne d'eau d'autre part. Afin d'analyser plus facilement l'évolution longitudinale d'*E. affinis* en fonction de la localisation de la zone de maximum de turbidité, le tableau IV.IV. récapitule les différentes positions des maximums de densités des femelles, mâles et des copépodites par rapport au bouchon vaseux.

Tableau IV.IV. Récapitulatif du positionnement (surface et colonne d'eau) d'Eurytemora affinis (femelles, mâles et copépodites) par rapport à la zone de maximum de turbidité au cours du suivi annuel de 1996. Av : positionnement en aval du bouchon vaseux ; Am : positionnement en amont ; Id : positionnement identique au bouchon vaseux

	Femelles		Mâles		Copépodites	
	surface	colonne	surface	colonne	surface	colonne
janvier	Av	Id	Am	Id	Am	Id
février	Am	Id	Am	Id	Am	Id
mars	Id	Am	Id	Am	Id	Am
avril	Am	Id	Am	Id	Am	Id
mai	Id	Am	Id	Id	Id	Id
juin	Id	Am	Id	Am	Id	Av
juillet	Am	Am	Am	Am	Am	Am
août	Av	Am	Av	Am	Av	Am
septembre	Id	Am	Av	Am	Av	Am
octobre	Am	Am	Am	Am	Am	Am
novembre	Av	Av	Av	Av	Av	Av
décembre	Am	Am	Am	Am	Am	Am

Au cours de l'année, les densités maximales des femelles sont observées trois fois en aval du bouchon vaseux en surface (janvier, août et novembre) pour une seule fois au niveau de la colonne d'eau (novembre). Elles sont positionnées dans la colonne d'eau le plus souvent en amont de la zone de maximum de turbidité (8 mois sur 12, en mars, pendant les mois estivaux et automnaux et en décembre) et trois fois au même niveau que le bouchon vaseux (janvier, février et avril). En revanche, en surface, les femelles présentent leurs abondances maximales aussi bien en amont (février, avril, juillet, octobre et décembre) que dans la même zone que les fortes turbidités (mars, mai, juin et septembre).

Les mâles et les copépodites présentent, en surface, les mêmes localisations longitudinales par rapport à la zone de maximum de turbidité. En revanche, on observe une légère différence de

positionnement des maxima de densités des copépodites et des mâles au niveau de la colonne d'eau. Ainsi, les mâles présentent leurs abondances maximales une seule fois en aval du bouchon vaseux (novembre) contre trois fois (juin, octobre et novembre) pour les copépodites. Les abondances maximales des mâles sont localisées sept fois en amont de la zone de maximum de turbidité (mars, pendant la période estivale et automnale et en décembre), les copépodites présentant, quand à eux, leurs abondances maximales cinq fois en amont du bouchon vaseux (mars, juin, juillet, août, septembre et décembre). Les mâles et les copépodites du copépode *Eurytemora affinis* ont 4 fois leurs abondances maximales au niveau de la même zone de maximum de turbidité (janvier, février, avril et mai).

D'après les différentes analyses présentées ci-dessus, il apparaît une symétrie entre la répartition du copépode *Eurytemora affinis* et la répartition longitudinale de la turbidité (notamment du bouchon vaseux) comme le souligne Castel (1984) qui démontre l'existence d'une influence du bouchon vaseux sur la répartition d'*E. affinis* dans l'estuaire de la Gironde. En estuaire de Seine, la population d'*E. affinis* est en général en amont (voire au même niveau) du bouchon vaseux comme le signale Castel (1984) et Feurtet (1989) pour l'estuaire de la Gironde et Soltampour-Gargari & Wellershaus (1984) dans l'estuaire de l'Elbe.

De plus, les localisations relativement proches de celles de la zone de maximum de turbidité pourraient être expliquées par un comportement de type « particule inerte » du copépode *Eurytemora affinis* pendant toute ou une partie du cycle tidal. En effet, des études sur le comportement natatoire du copépode *Eurytemora affinis* montrent qu'il ne peut pas, d'après ses capacités natatoires, lutter contre des courants supérieurs à $0,02 \text{ m.s}^{-1}$, ceux-ci sont souvent dépassés dans l'estuaire puisqu'en 1996 les courants ont varié entre 0,5 et $1,8 \text{ m.s}^{-1}$ (Veiga, 1983,

Castel & Veiga, 1990). Ainsi, *E. affinis* aurait le même comportement qu'une particule en suspension et serait donc tributaire des mouvements des masses d'eau. D'autre part, le bouchon vaseux en estuaire de Seine est lui aussi sous l'influence de la courantologie du milieu (création du bouchon hydrodynamique) et non pas lié au gradient de salinité (Dupont *et al.*, 1996). Soltampour-Gargari & Wellershaus (1984) observent les mêmes phénomènes dans l'estuaire de l'Elbe et émettent l'hypothèse d'un entassement des individus au niveau du bouchon vaseux comme pour les particules inertes qui y sont piégées, cette hypothèse n'a cependant pas pu être étayée par les auteurs faute de résultats concluants.

Enfin, bien que cette zone de maximum de turbidité soit une zone défavorable pour *E. affinis* qui se retrouve alors dans un milieu extrêmement hostile (colmatage des appendices buccaux, ralentissement de la locomotion), celle-ci pourrait avoir un rôle non négligeable dans sa nutrition. En effet, des études *in situ* et en laboratoire (Burkill & Kendall, 1982 ; Poli & Castel, 1983) ont démontré qu'*E. affinis* était susceptible d'utiliser les détritiques comme source nutritionnelle. Heinle & Flemer (1975) ont montré que dans certains cas, où la production phytoplanctonique ne satisfait plus les besoins en carbone de la population d'*E. affinis*, celui-ci couvrirait ses besoins énergétiques à partir du carbone détritique. Cette source nutritionnelle est également identifiée par Gasparini (1997) en Gironde qui caractérise les M.E.S. comme une source nutritionnelle secondaire. Une analyse plus complète des sources éventuelles de nutrition pour *E. affinis*, définies en estuaire de Seine, sera exposée dans un chapitre consacré au réseau trophique de l'estuaire (Chapitre VI.).

En conclusion, la répartition d'*E. affinis* en estuaire de Seine ne semble pas directement influencée par la turbidité bien que le rôle de celle-ci ne soit pas totalement négligeable. En effet, le positionnement d'*E. affinis* est souvent en amont ou proche du bouchon vaseux, ceci étant sans

doute à mettre en relation avec des phénomènes de rétention similaires des copépodes et des particules composant le bouchon vaseux..

IV.4.A.3. Répartition en fonction de l'Oxygène dissous

La concentration en oxygène dissous est un paramètre important de l'écosystème estuarien de la Seine puisque le problème majeur de cet estuaire constitue en un déficit en oxygène des eaux lié principalement à la mauvaise qualité de celles-ci, les eaux devenant de moins en moins oxygénées de l'aval vers l'amont (Annexe VII.B.). D'autre part, il est établi qu'une sous-oxygénation entraîne des modifications au niveau du compartiment biologique. C'est pourquoi, il a été analysé pour 1996 l'évolution des abondances de la population d'*Eurytemora affinis* en fonction des concentrations en oxygène dissous le long du gradient de

Bien que la relation entre la concentration en oxygène et la distribution du copépode *Eurytemora affinis* soit significative (test t, $\alpha=0,001$) (Figure IV.8.), les faibles valeurs du coefficient de corrélation indiquent que ce paramètre n'intervient sans doute pas directement dans la répartition longitudinale d'*E. affinis*. La relation de corrélation observée est due au fait que les zones de maximum d'abondance (partie amont de l'estuaire) coïncident avec les zones de plus faibles teneurs en oxygène dissous comme le montrent les représentations graphiques simultanées des concentrations en oxygène dissous et les abondances d'*E. affinis* en fonction du gradient de salinité (Annexes VII.B.).

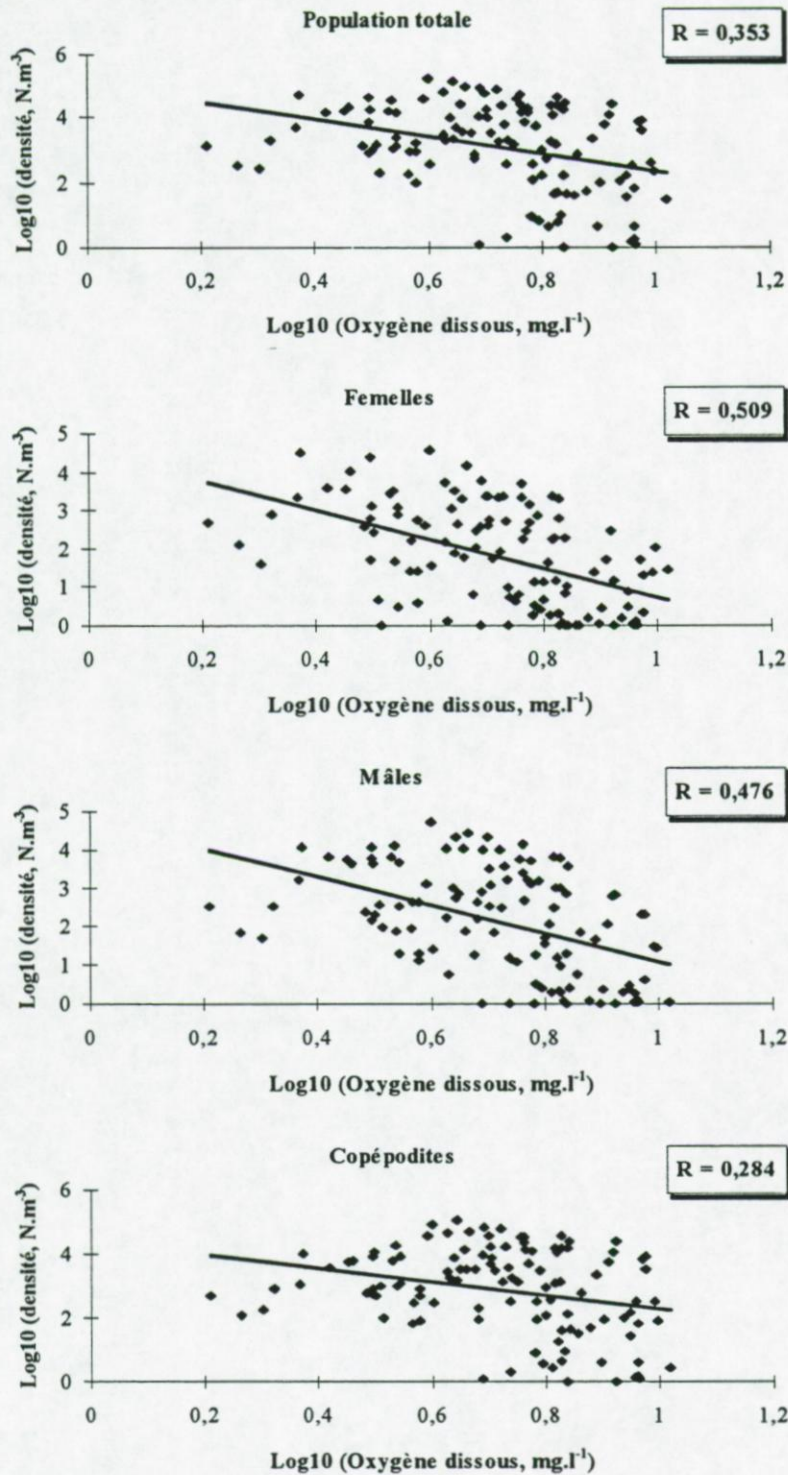


Figure IV.8. Représentation graphique des corrélations entre les densités totales, des femelles, des mâles et des copépodites (exprimés en \log_{10}) d'E. affinis et la concentration en oxygène dissous en mg.l^{-1} (en \log_{10}). Le coefficient de corrélation est indiqué pour chaque relation. Prélèvements filet 200 μm .

IV.4.B. Répartition transversale et verticale de la population d'Eurytemora affinis

Bien que le chenal de l'estuaire de la Seine ne soit pas très large entre le Pont de Tancarville et le Pont de Normandie (largeur inférieure à 800 mètres à basse mer), des prélèvements d'*Eurytemora affinis* ont été réalisés en deux radiales transversales (trois points d'échantillonnage : Rive droite, Centre estuaire et Rive gauche) au niveau du Pont de Normandie (Bouée 26) et du Pont de Tancarville, afin d'étudier la répartition berge à berge du copépode. De plus à chaque station de ces deux radiales, des prélèvements ont été faits sur la verticale (de deux à quatre niveaux d'échantillonnage en fonction de la profondeur de chaque station) pour appréhender la répartition verticale de la population d'*Eurytemora affinis* (Annexe V.).

IV.4.B.1. Répartition transversale

Au niveau du Pont de Normandie, les densités totales sont du même ordre de grandeur (environ 100000 ind.m⁻³) dans les trois stations (rive droite, centre et rive gauche) (Figure IV.9.) ; un test de Wilcoxon-Mann-Whitney, appliqué pour des échantillons de très petite taille, ne montre pas de différences significatives des densités totales le long du transect transversal. Les nauplii montrent une évolution transversale de leurs abondances avec des densités plus fortes au niveau des deux rives qu'au centre. Les abondances des stades naupliens sont de l'ordre de 41500 et 36000 ind.m⁻³ respectivement dans la station rive gauche et rive droite, tandis que leurs abondances sont intermédiaires dans la partie centrale (24000 ind.m⁻³) sans toutefois être significativement par rapport aux deux rives. Les mâles et les femelles (ovigères et non-ovigères) présentent des densités du même ordre de grandeur sur les rives et au centre de l'estuaire. Seuls les mâles montrent une différence significative de leurs abondances entre la partie centrale et la rive droite (Test U appliqué aux petits échantillons).

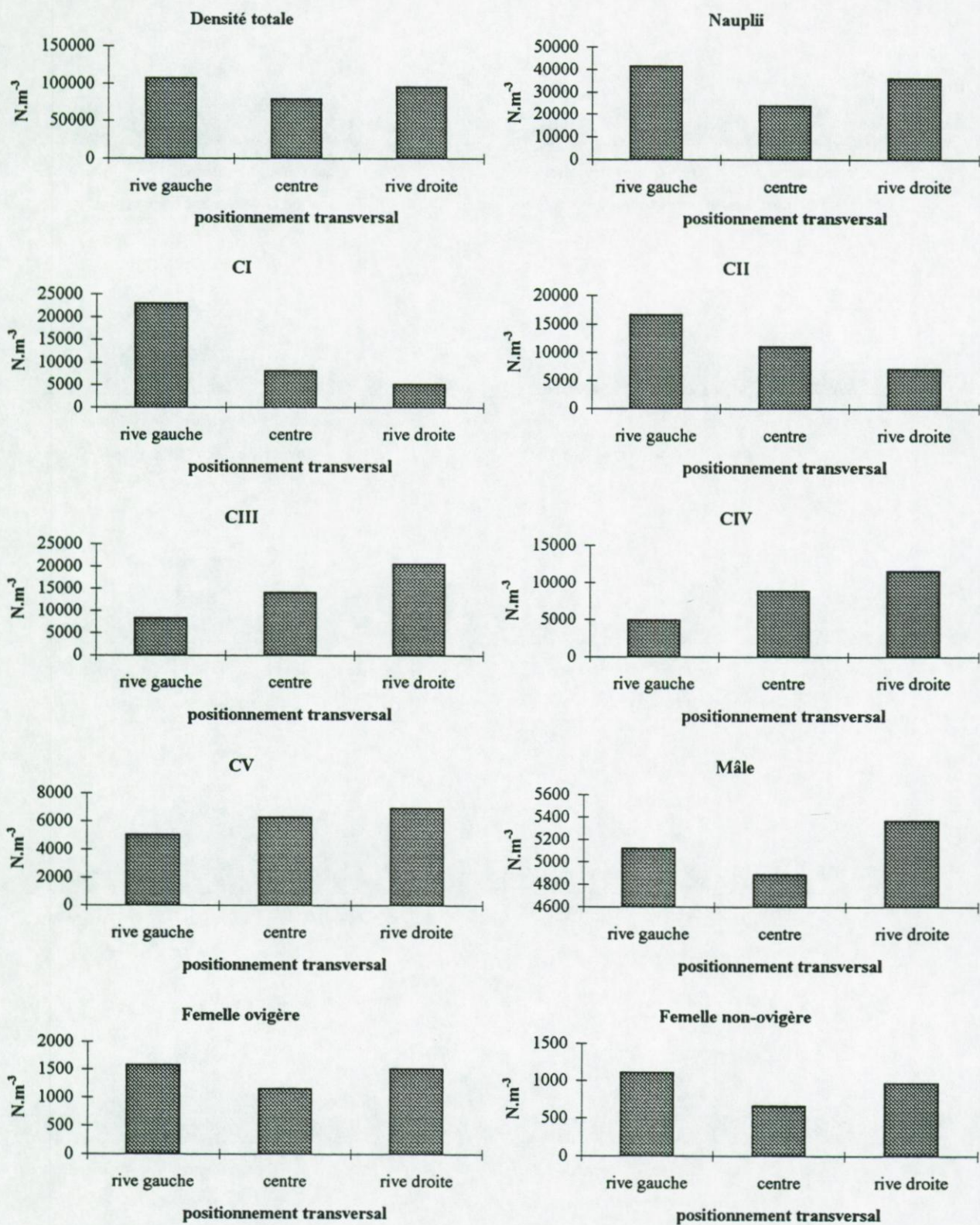


Figure IV.9. Répartition transversale des densités des différents stades du copépode *Eurytemora affinis* (moyennées sur la verticale) au niveau de la station Pont de Normandie. CI à CV : copépodites de stade 1 à 5.

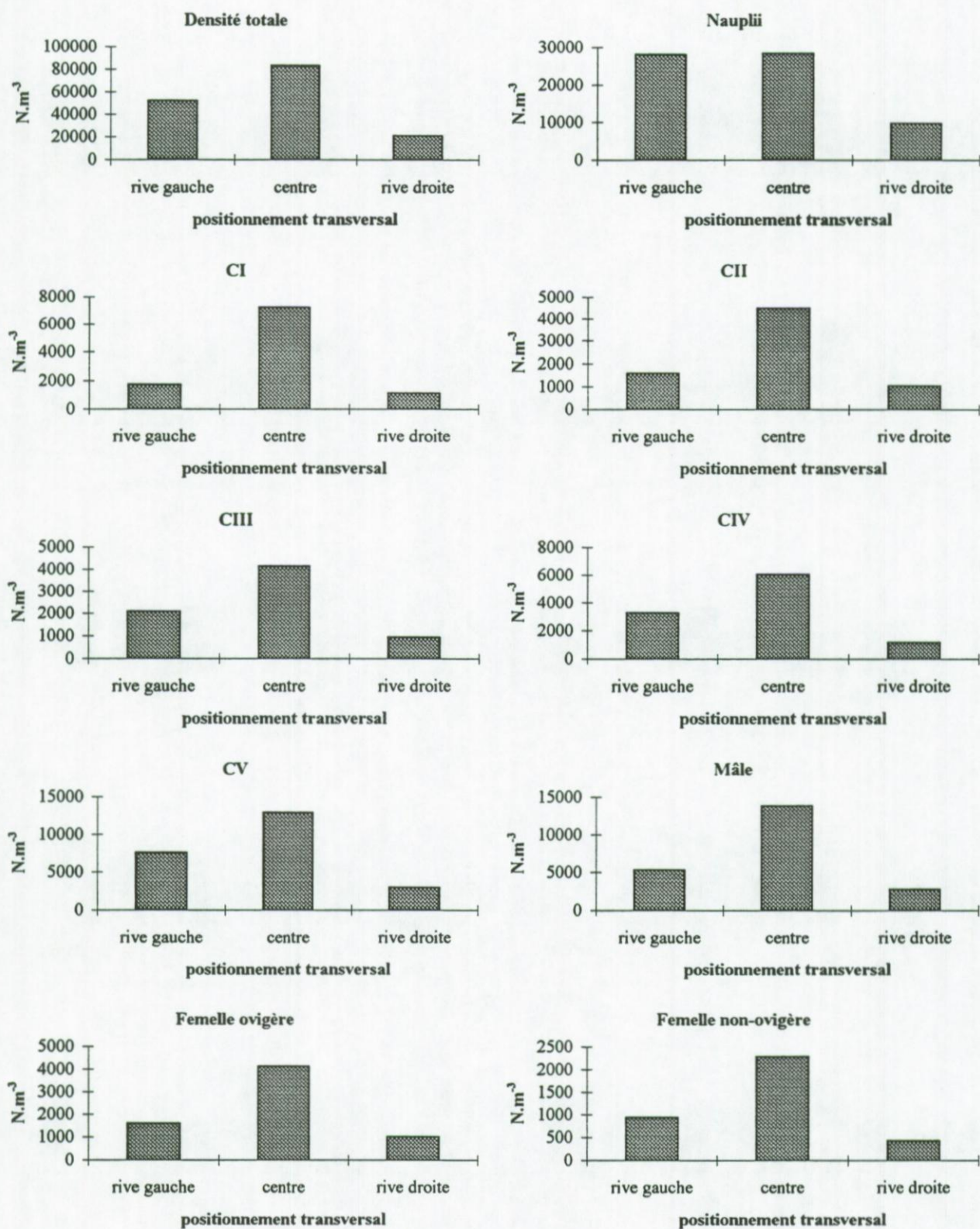


Figure IV.10. Répartition transversale des densités des différents stades du copépode *Eurytemora affinis* (moyennées sur la verticale) au niveau de la station Pont de Tancarville. CI à CV : copépodites de stade 1 à 5.

Les plus jeunes stades copépodites CI et CII ont des densités qui diminuent progressivement de la rive gauche (23000 ind.m⁻³ pour le stade CI et 17000 ind.m⁻³ pour le stade CII) vers la rive droite (5100 ind.m⁻³ pour CI, 7100 ind.m⁻³ pour CII), les différences d'abondance observées entre la rive gauche et la rive droite sont significativement différentes aussi bien pour le stade CI que pour le stade CII (Figure IV.9.). Les stades copépodites plus âgés (CIII à CV) présentent une évolution inverse avec des abondances les plus fortes au niveau de la rive droite (CIII : 21000 ind.m⁻³, CIV : 11600 ind.m⁻³ et CV : 7000 ind.m⁻³) et les plus faibles sur l'autre rive (CIII : 8300 ind.m⁻³, CIV et CV : 5000 ind.m⁻³). Seules les abondances des copépodites III et IV sont statistiquement différentes entre les deux rives (Test U, appliqué aux très petits échantillons).

Dans les stations étudiées près du Pont de Tancarville, la densité totale d'*E. affinis* montre une évolution transversale marquée avec les plus fortes abondances dans la partie centrale de l'estuaire ; les densités totales beaucoup plus faibles au niveau des rives sont également plus fortes côté rive gauche que rive droite. Un test U, appliqué pour de très petits échantillons, montre une différence significative des abondances entre les différentes stations de la radiale transversale (Figure IV.10.). Lorsque l'on décompose cette population totale entre les différents stades d'*E. affinis*, on remarque que ceux-ci ont une répartition transversale similaire avec des abondances maximales au niveau de la station centrale. Les densités sont plus fortes et significativement différentes côté rive gauche que rive droite pour les stades âgés de copépodites (stades CIII à CV), aucune différence significative n'est cependant observée entre les deux rives pour les jeunes stades copépodites (CI et CII) et les adultes (Figure IV.10.). Les nauplii présentent une évolution transversale sensiblement différente puisque l'on observe des densités maximales dans les stations rive gauche et centrale (28000 ind.m⁻³ dans les stations de la rive gauche et centrale, pas de différence significative des densités) et de très faibles densités au niveau de la rive droite.

Ces premiers résultats sur la répartition transversale montrent qu'il semble y avoir une différence dans cette répartition entre les deux stations étudiées (Pont de Normandie et Pont de Tancarville) qui peut être due à la physionomie différente de l'estuaire au niveau de ces deux stations, l'estuaire étant beaucoup plus large au Pont de Normandie qu'au Pont de Tancarville. Toutefois, une seule série d'échantillonnage à chaque station n'apporte pas suffisamment d'éléments pour pouvoir étudier précisément la répartition transversale d'*E. affinis*.

IV.4.B.2. Répartition verticale

L'étude de la répartition verticale a été réalisée à partir d'échantillonnages aux stations PN (Pont de Normandie) et PT (Pont de Tancarville) durant les périodes de jusan diurne.

A la station Pont de Normandie, l'évolution verticale des densités des différents stades d'*E. affinis* est identique pour les naupliis et les deux premiers stades copépodites (Figure IV.11.). On observe, ainsi, dans les trois stations de la radiale transversale (rive gauche, centre et rive droite) une augmentation des abondances de la surface où les plus faibles abondances sont enregistrées (comprises entre 300 et 1700 ind.m⁻³ pour les naupliis, 20 et 600 ind.m⁻³ pour le stade CI et CII) vers le fond (densités variant entre 64500 et 89500 ind.m⁻³ pour les naupliis, 14700 et 35200 ind.m⁻³ pour CI et entre 18000 et 26300 ind.m⁻³ pour le stade CII). Cette même évolution verticale des densités est également observée pour les autres stades de la population d'*E. affinis* au niveau de la station centrale et celle de la rive droite. En revanche, dans la station rive gauche, l'évolution verticale des densités des stades copépodites âgés (CIII à CV) et des adultes est différente. La zone de surface est toujours caractérisée par de très faibles abondances d'*E. affinis*, les densités maximales sont enregistrées dans la colonne d'eau entre 4 mètres et 7 mètres.

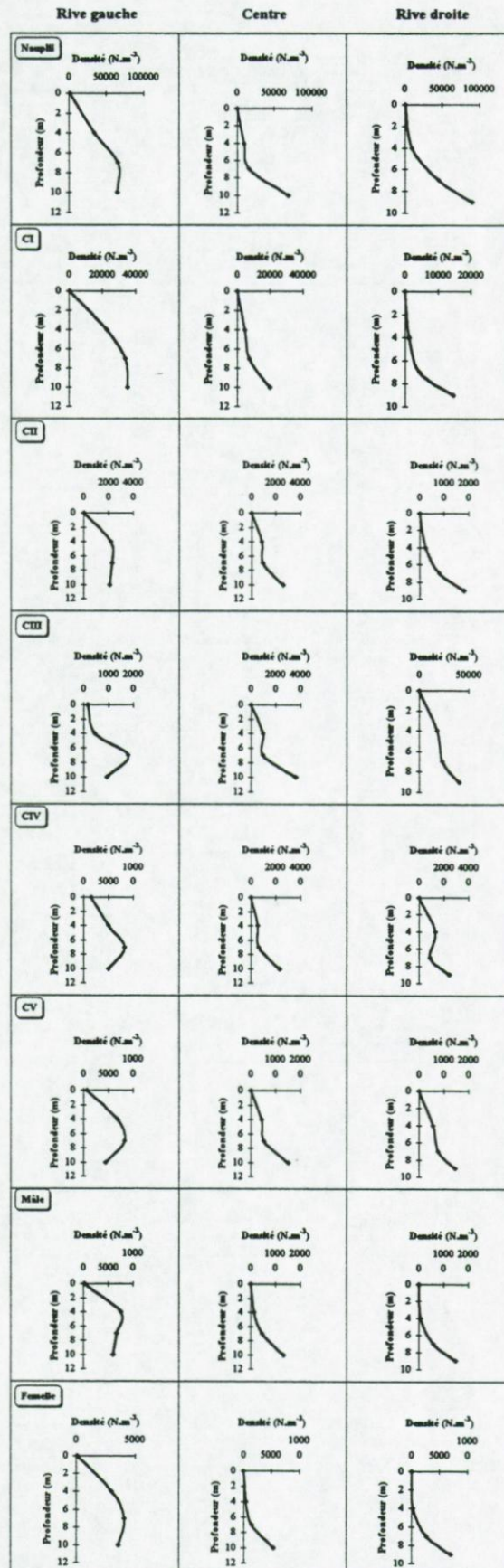


Figure IV.11. Répartition verticale des densités des différents stades du copépode *Eurytemora affinis* au niveau des rives droites et gauche et de la partie centrale de l'estuaire à la station Pont de Normandie lors du printemps 1998. CI à CV: stades copépodites 1 à 5.

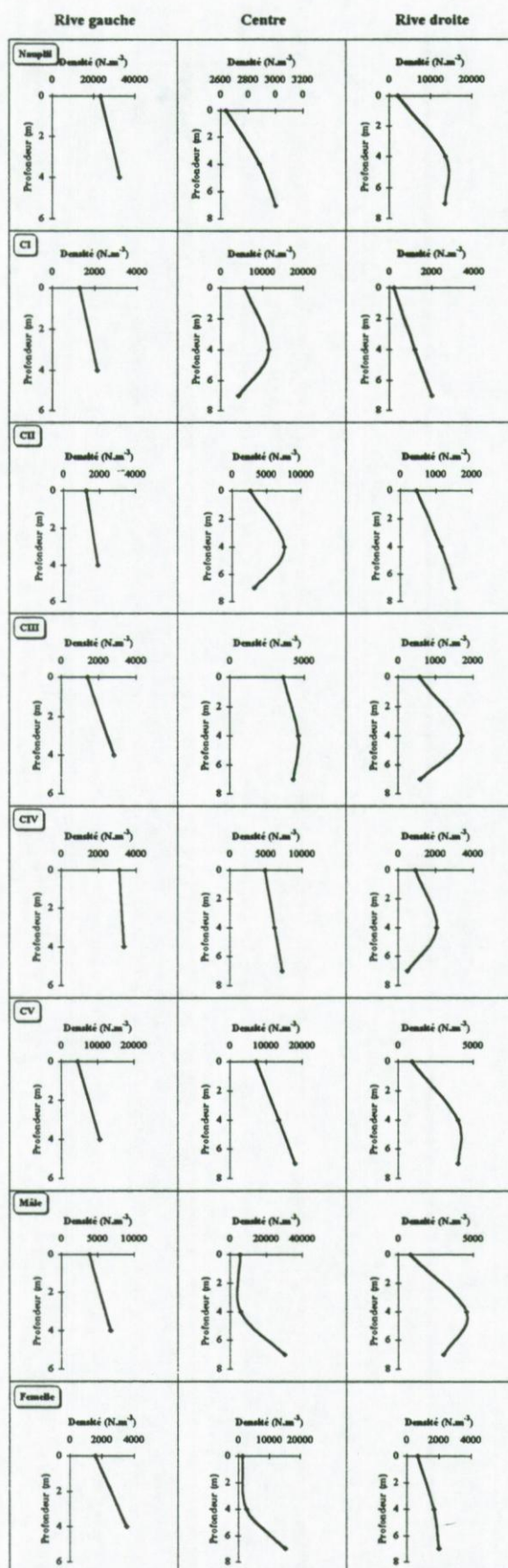


Figure IV.12. Répartition verticale des densités des différents stades du copépode *Eurytemora* affinis au niveau des rives droites et gauche et de la partie centrale de l'estuaire à la station Pont de Tancarville lors du printemps 1998. CI à CV: stades copépodites 1 à 5.

Au niveau du Pont de Tancarville, l'évolution verticale des densités présente des variations entre stades de la population d'*E. affinis* mais également entre les stations de la radiale transversale. Ainsi, les naupliis et les femelles montrent la même évolution verticale avec des densités maximales au fond quelque soit la station. Les stades CI et CII ont des abondances maximales également au fond dans les stations des deux rives mais présentent leurs plus fortes abondances dans la colonne d'eau dans la partie centrale de l'estuaire (11600 ind.m⁻³ pour CI, 7600 ind.m⁻³ pour CII). Les stades copépodites âgés (CIII, CIV et CV) ainsi que les mâles ont des densités maximales au fond au niveau de la rive gauche et dans la partie centrale de l'estuaire alors qu'ils présentent des abondances maximales dans la colonne d'eau (4 m) au niveau de la rive droite.

Ces résultats sur la structure verticale suggèrent des hypothèses sur les phénomènes de rétention de l'espèce en estuaire de Seine. En effet, comme il a été souligné auparavant, *Eurytemora affinis* se trouve toujours localisé dans la même zone de l'estuaire (partie amont), seuls les forts débits en crue provoquent un déplacement vers l'aval. Castel & Veiga (1990) et Soltampour-Gargari & Wellerhaus (1984) concluent, d'après les faibles capacités natatoires d'*E. affinis*, que celui-ci se comporte comme une particule inerte, se localisant ainsi à proximité du bouchon vaseux. Hors, Morgan *et al.* (1997) montrent qu'en fait, il peut présenter des mouvements verticaux vers le fond pendant les périodes de faibles courants, c'est à dire au moment des étales. Ces mouvements verticaux sont également mis en évidence par Vuorinen (1987) et par Ban & Minoda (1989). D'autre part, ces auteurs observent des densités du copépode toujours plus fortes dans la colonne d'eau au moment du jusant, les densités de surface augmentant légèrement pendant le flot et l'étales. Ces résultats corroborent nos observations faites

dans les deux stations où les densités les plus fortes sont enregistrées dans la colonne d'eau au cours des deux séries d'échantillonnage réalisées en jusant au niveau du Pont de Normandie et lors de l'étalement de pleine mer et le début du jusant au Pont de Tancarville. De plus, on remarque aussi une légère augmentation des densités de surface par rapport au fond dans les stations situées au Pont de Tancarville où l'échantillonnage a commencé pendant l'étalement de pleine mer. Enfin, Hough & Naylor (1991, 1992) montrent, dans l'estuaire de la Conwy, l'existence de migrations verticales du copépode *Eurytemora affinis* en relation avec le rythme tidal avec une activité natatoire plus importante au moment du flot et une réduction de celle-ci pendant le jusant expliquant ainsi les fortes abondances recensées au fond pendant le jusant (sédimentation des copépodes) et une plus grande homogénéité des abondances dans la colonne d'eau durant le flot.

D'après ces différentes études, on peut suggérer qu'*Eurytemora affinis*, en estuaire de Seine, présenterait les mêmes mécanismes de déplacements verticaux que ce qui a été observé dans les estuaires américains par Morgan *et al.* (1997) et Hough & Naylor (1992). Ces mouvements expliqueraient ainsi les fortes abondances recensées dans la zone proche du fond dans les deux stations étudiées.

Afin de pouvoir de donner une explication précise sur les phénomènes de rétention d'*E. affinis*, il serait utile de pratiquer les mêmes échantillonnages durant tout un cycle tidal. Toutefois, si l'on extrapole mes résultats par rapport aux travaux de Morgan *et al.* (1997) et Hough & Naylor (1992), les phénomènes actifs de rétention suivant peuvent être suggérés (Figure IV.13.) :

1- Activité natatoire importante pendant l'étal de basse mer et le flot avec mouvements verticaux et dispersion dans toute la colonne d'eau minimisant ainsi l'impact de la pénétration de la

masse d'eau marine en profondeur (déplacements modérés de la population vers l'amont) (schéma 1).

2- Diminution de l'activité natatoire au moment du jusant impliquant une sédimentation des copépodes avec accumulation de ceux-ci en profondeur limitant les effets des mouvements des masses d'eau vers l'aval (diminution de l'effet d'expulsion) (schéma 2).

Schéma 1 : Période de flot

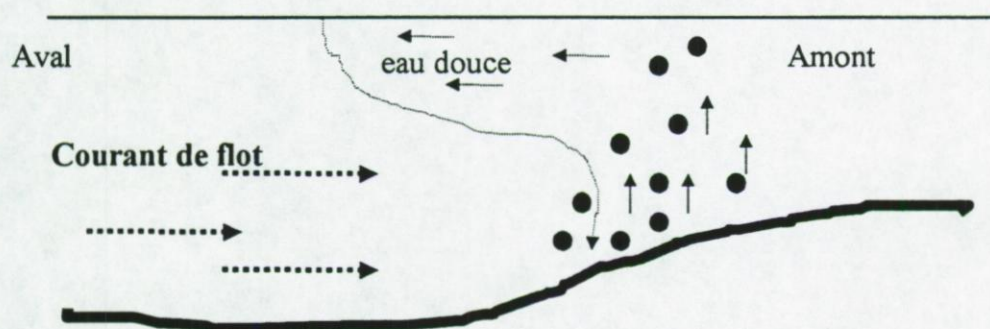


Schéma 2 : Période de jusant

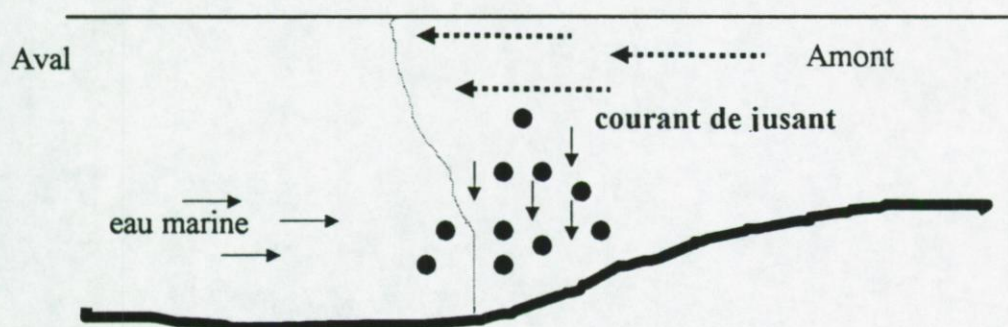


Figure IV.13. Schémas de répartition verticale de la population d'*Eurytemora affinis* au cours de deux périodes tidales différentes (flèches pleines : mouvements préférentiels des copépodes). D'après Morgan et al. (1997).

Il convient enfin de remarquer que cette migration verticale a également été observé pour d'autres espèces comme le crabe *Rhithropanopeus harrisii* dont les larves zooplanctoniques présentent, elles aussi, des mécanismes actifs pour une meilleure rétention dans l'estuaire (Cronin & Forward, 1979 ; Cronin, 1982).

IV.5. Evolution journalière de la population d'*Eurytemora affinis*

Afin d'étudier l'évolution journalière du copépode *Eurytemora affinis* et de mettre en évidence d'éventuels rythmes nycthéméraux, quatre cycles de 24 heures ont été réalisés. Pendant les deux premiers cycles, effectués en 1995 (février et septembre), seule l'évolution des densités de la population tous stades confondus a été suivi. Lors des deux dernières séries d'échantillonnage (avril et mai 1997) les rythmes journaliers des différents stades de la population d'*E. affinis* (nauplii, copépodites et adultes) ont pu être déterminés.

IV.5.A. Campagne SEAV Pk03, février 1995 et SEAV Pk05, septembre 1995

Lors de la campagne de février 1995, caractérisée par de forts débits (période de crue), *E. affinis* présente une évolution journalière similaire en surface et dans la colonne d'eau (Figure IV.14.). Ainsi, au cours de ce suivi, on observe deux pics de densités maximales, l'un en fin de flot de la première pleine mer (14 heures) où les densités maximales enregistrées sont de l'ordre de $105000 \text{ ind.m}^{-3}$ en surface et 89000 ind.m^{-3} dans la colonne d'eau (moyenne : 97000 ind.m^{-3}), le second lors du flot de la deuxième pleine mer (4 heures) avec des abondances maximales en

surface de 134000 ind.m⁻³ et dans la colonne d'eau de 87000 ind.m⁻³ (moyenne : 110500 ind.m⁻³) ; aucune différence statistiquement significative des abondances n'est enregistrée entre les deux pics de maximum d'abondance (test U, $p < 1,96$). Les densités du copépode deviennent très faibles dès la fin de la pleine mer, au cours du jusan ainsi qu'à basse mer aussi bien le jour que la nuit.

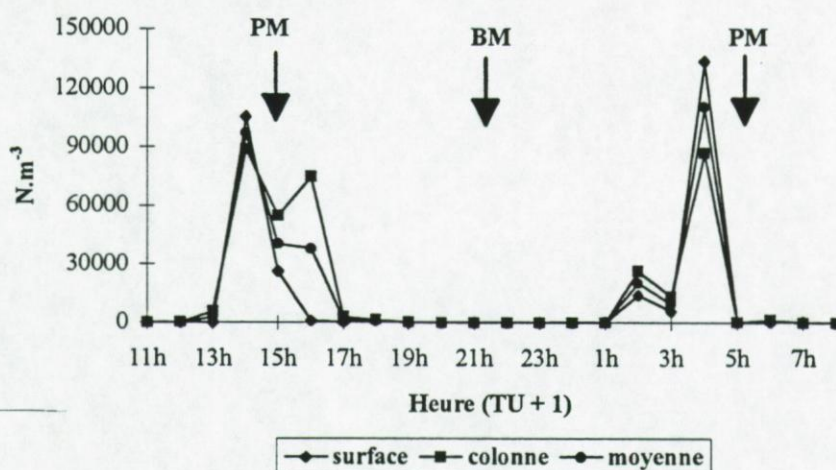


Figure IV.14. Evolution journalière des densités du copépode *Eurytemora affinis* en février 1995, à la station Pont de Normandie. PM : pleine mer ; BM : basse mer. Prélèvements filet 200 μ m.

L'évolution journalière des densités du copépode, au cours de la campagne de septembre 1995 (période de fin d'étiage), est inverse de celle observée en février 1995. En effet, bien que l'on ait également la présence de deux pics de maximum d'abondances, ceux-ci sont plutôt observés autour des basses mers, au moment de la fin de jusan et début de flot (Figure IV.15.). Lors du premier pic d'abondances maximales (13 heures), celles-ci sont similaires en surface et dans la colonne d'eau (comprises entre 41000 et 44000 ind.m⁻³) alors que des différences notables entre la surface et la colonne d'eau sont présentes au niveau du deuxième pic de fortes densités ; aucune différence significative n'est, par contre, observée entre les densités moyennes des deux pics de maximum d'abondance (test U, $p < 1,96$). Enfin, en dehors de ces pics, pendant les périodes de fin

de flot, de pleine mer et de début de jusant, les densités du copépode sont relativement faibles dans toute la colonne d'eau (y compris en surface) inférieures à 10000 ind.m^{-3} .

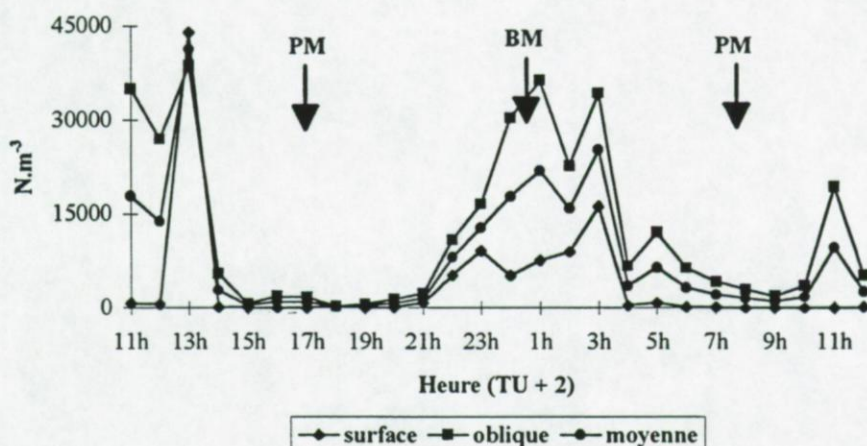


Figure IV.15. Evolution journalière des densités du copépode *Eurytemora affinis* en septembre 1995, à la station Pont de Normandie. PM : pleine mer ; BM : basse mer. Prélèvements filet $200\mu\text{m}$.

IV.5.B. Campagnes SEAV Pk20, avril 1997 et SEAV Pk24, mai 1997

En avril et en mai 1997, deux périodes de fortes abondances sont observées au cours des cycles de 24h lors des basses mers avec des densités plus fortes le jour que la nuit (Figure IV.16.). Le pic de maximum d'abondance du mois d'avril est enregistré au cours de la même période pour tous les stades juvéniles, du stade nauplien au stade copépodite V. Ainsi, les nauplii, dominant la population présentent des abondances maximales de $394000 \text{ ind.m}^{-3}$ tandis que pour les copépodites ces valeurs oscillent entre un maximum de $210000 \text{ ind.m}^{-3}$ pour le stade CI et un minimum de 6000 ind.m^{-3} pour le stade CII. Les stades adultes possèdent également un pic de fortes abondances lors de la première basse mer uniquement pour les femelles dont les densités sont de l'ordre de 7000 ind.m^{-3} ; en revanche, le stade mâle présente un pic de maximum d'abondance lors de la deuxième période de basse mer (2h) avec 67200 ind.m^{-3} recensés.

- Chapitre IV -

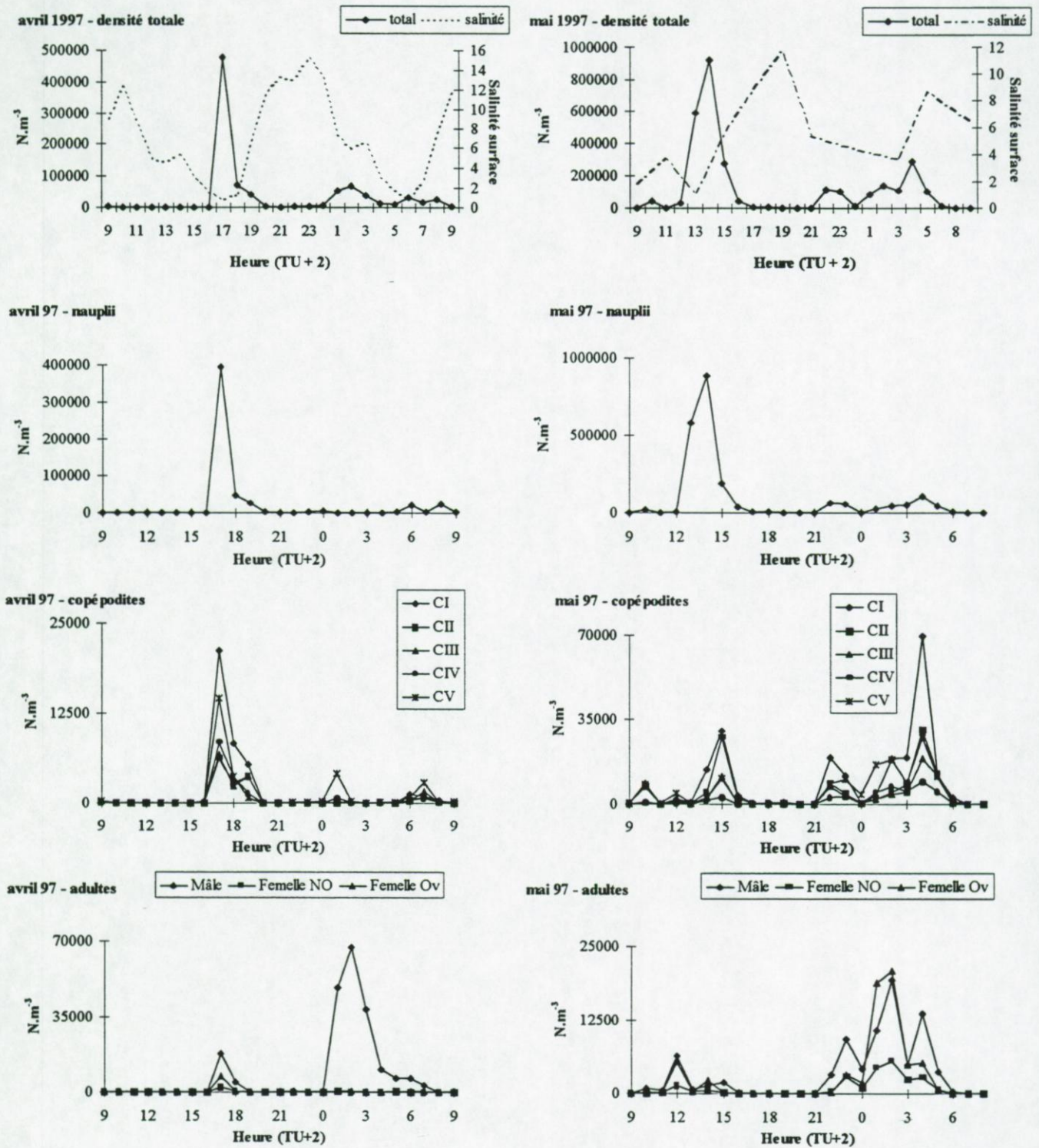


Figure IV.16. Evolution journalière des densités du copépode *Eurytemora affinis* en avril et mai 1997, à la station Pont de Normandie. CI à CV : copépodites stade 1 à 5 ; Femelle NO : Femelle non-ovigère ; Femelle Ov : Femelle ovigère ; PM : Pleine Mer ; BM : Basse Mer. Prélèvements bouteille 63 μ m.

En mai, seuls les stades naupliens présentent leurs abondances maximales lors de la première basse mer ; stade qui induit le pic de maximum de densité totale du fait de l'extrême importance de leurs densités ($890000 \text{ ind.m}^{-3}$). Les stades copépodites présentent un pic de maximum d'abondance durant la deuxième basse mer avec des densités variant entre un minimum de 9500 ind.m^{-3} pour le stade CIV et un maximum de 69000 ind.m^{-3} pour les copépodites I. Le maximum de densité des adultes est observé également lors de la deuxième basse mer où les mâles et les femelles ovigères sont dominants (densités entre 19000 ind.m^{-3} pour les mâles et 21000 ind.m^{-3} pour les femelles ovigères) ; les femelles non-ovigères présentent des densités relativement faibles de l'ordre de 6000 ind.m^{-3} (Figure IV.16.).

En résumé, d'après les quatre cycles de 24h, les densités maximales sont enregistrées autour des basse mers sauf en février où celles-ci sont observées à pleine mer. Toutefois, il est important de noter que cette première campagne a été réalisée sous de fortes contraintes de débits (période de crue), l'estuaire de la Seine étant alors caractérisé par une très forte dessalure au niveau de la station d'échantillonnage (salinité inférieure à 1,0 P.S.U.). En fait, les pics de maximum abondances observés en février lors des pleines mer traduisent l'effet des débits importants ayant entraîné le centre de masse des copépodes vers l'aval, les copépodes ne sont alors récoltés dans la partie moyenne de l'estuaire (Pont de Normandie) qu'au moment des périodes de pleine mer.

En septembre, lors du deuxième pic de fortes abondances observé en fin de jusant, les différences notables entre les densités de surface et dans la colonne d'eau corroborent l'hypothèse sur d'éventuels mouvements verticaux du copépode. En effet, les abondances beaucoup plus fortes dans la colonne d'eau qu'en surface pourraient traduire les phénomènes de migrations verticales qui, comme il a été souligné auparavant, sont peu importants pendant le jusant impliquant une plus

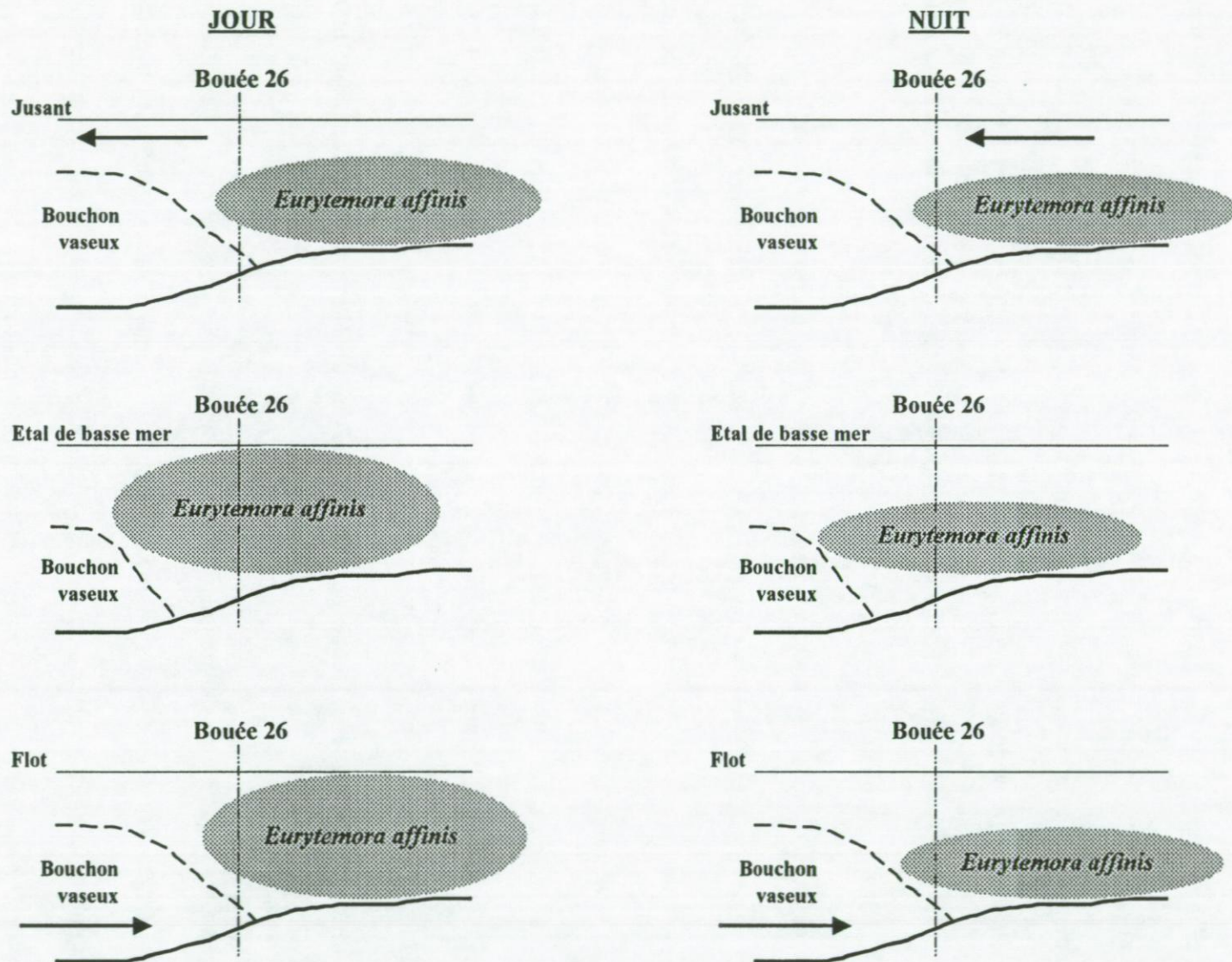


Figure IV.17. Schéma récapitulatif de l'évolution spatio-temporelle journalière du copépode *Eurytemora affinis* à la bouée 26 (Pont de Normandie). Les flèches représentent le sens préférentiel du courant.

grande densité des copépodes près du fond qu'en surface. Il faut remarquer que dès le début du flot (2h du matin), les densités de surface augmentent ce qui indique que l'hypothèse d'une augmentation de l'activité natatoire des copépodes au cours du flot est possible. Toutefois, ces différences entre la surface et la colonne d'eau sont pratiquement inexistantes lors de la première basse mer suggérant une activité natatoire différente le jour et la nuit ; les copépodes présenteraient des activités natatoires plus faibles la nuit, Hough & Naylor (1992) suggèrent également la présence de migrations journalières suivant le rythme jour/nuit.

En 1997, il est difficile de mettre en évidence des mouvements verticaux étant donné l'absence de prélèvements dans la colonne d'eau. On peut tout de même observer à peu près le même schéma qu'en septembre 1995 avec des abondances fortes en surface lors de la basse mer de jour, traduisant une éventuelle activité natatoire permettant de coloniser toute la colonne d'eau et des densités faibles la nuit en surface du fait de la faible activité natatoire provoquant une sédimentation des copépodes. Lors de ces campagnes, on remarque que les adultes (notamment les mâles) ont, en revanche, des fortes abondances en surface la nuit, expliquant peut-être une attitude différente des mâles quand aux migrations verticales (activité natatoire plus forte la nuit que le jour).

En conclusion, le copépode *Eurytemora affinis* présente des évolutions journalières en fonction du rythme tidal et de l'alternance jour/nuit (Figure IV.17.). Durant le jour, l'activité natatoire est faible pendant le jusant impliquant de faibles densités en surface (sédimentation des copépodes) ; les densités enregistrées au cours du cycle augmentent avec l'apparition du début du nuage de copépodes à la station. A l'étape de basse mer et pendant le flot, l'activité natatoire du copépode augmente qui se traduit par une colonisation de la colonne d'eau ; à basse mer, le centre de masse est positionné à la station Pont de Normandie (Bouée 26) expliquant le maximum de

densité observé au cours du suivi. Les densités décroissent ensuite pendant le flot avec le retrait du centre de masse vers l'amont de l'estuaire.

Par rapport au jour, les activités natatoires sont beaucoup plus faibles la nuit se traduisant par de faibles densités enregistrées en surface au cours du cycle. Par contre, l'évolution du centre de masse reste le même avec la présence de ce maximum, à la station Pont de Normandie, au moment de la basse mer.

Enfin, dans le but d'étudier de façon plus précise les évolutions des différents stades d'*Eurytemora affinis*, il serait nécessaire de faire des prélèvements étagés sur la verticale au cours d'un cycle de 24h ; ceci permettrait sans doute de mettre en évidence d'une part les migrations verticales (et de les quantifier aussi bien le jour que la nuit) mais également de voir si il existe des différences de comportement des différents stades sur la verticale au cours d'un cycle tidal.

IV.6. Evolution annuelle de la population d'*Eurytemora affinis*

L'évolution annuelle du copépode *Eurytemora affinis* a été étudiée en 1996 à partir d'un échantillonnage mensuel, sous les mêmes conditions de marée (campagnes réalisées en morte eau) et au niveau des deux zones halines caractéristiques de l'estuaire de la Seine (zone mésohaline : $18,0 \text{ P.S.U.} < S < 5,0 \text{ P.S.U.}$; zone oligohaline : $S < 5,0 \text{ P.S.U.}$) (Figure IV.18.).

Comme il a été dit au sujet de la communauté mésozooplanctonique totale (Chapitre III), la zone oligohaline présente toujours les densités maximales d'*E. affinis* mis à part en novembre, où l'augmentation des débits (environ $600 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) a provoqué un décalage vers l'aval de la population de l'espèce ($36200 \text{ ind. m}^{-3}$). Les abondances maximales sont enregistrées dans les deux

zones en avril (69500 ind.m^{-3} en zone mésohaline et $142000 \text{ ind.m}^{-3}$ en zone oligohaline) et en juin (40100 ind.m^{-3} en zone mésohaline et 90400 ind.m^{-3} dans la partie oligohaline).

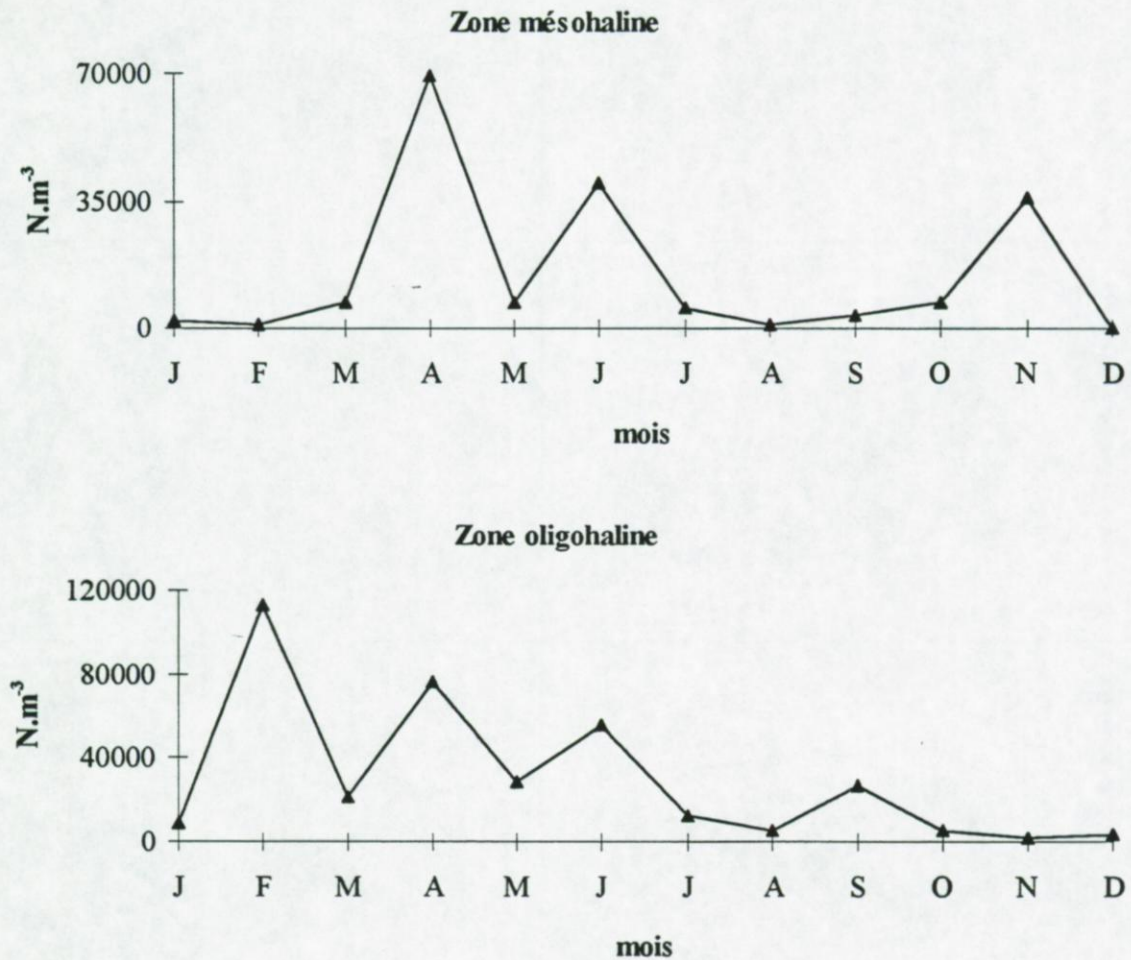


Figure IV.18. Evolution annuelle des densités totales du copépode *Eurytemora affinis* dans deux zones de salinité différente (zone mésohaline : $18,0 < S < 5,0$ P.S.U. ; zone oligohaline : $S < 5,0$ P.S.U.) durant l'année 1996. Prélèvements filet $200\mu\text{m}$.

D'autre part, dans la partie oligohaline de l'estuaire, on observe un pic de fortes densités en février où *E. affinis* présente des abondances maximales de $149000 \text{ ind.m}^{-3}$; ces densités diminuent fortement ensuite en mars (39900 ind.m^{-3}). Ce pic hivernal n'est pas observé en zone mésohaline au niveau de laquelle le copépode présente en hiver des abondances inférieures à 7500

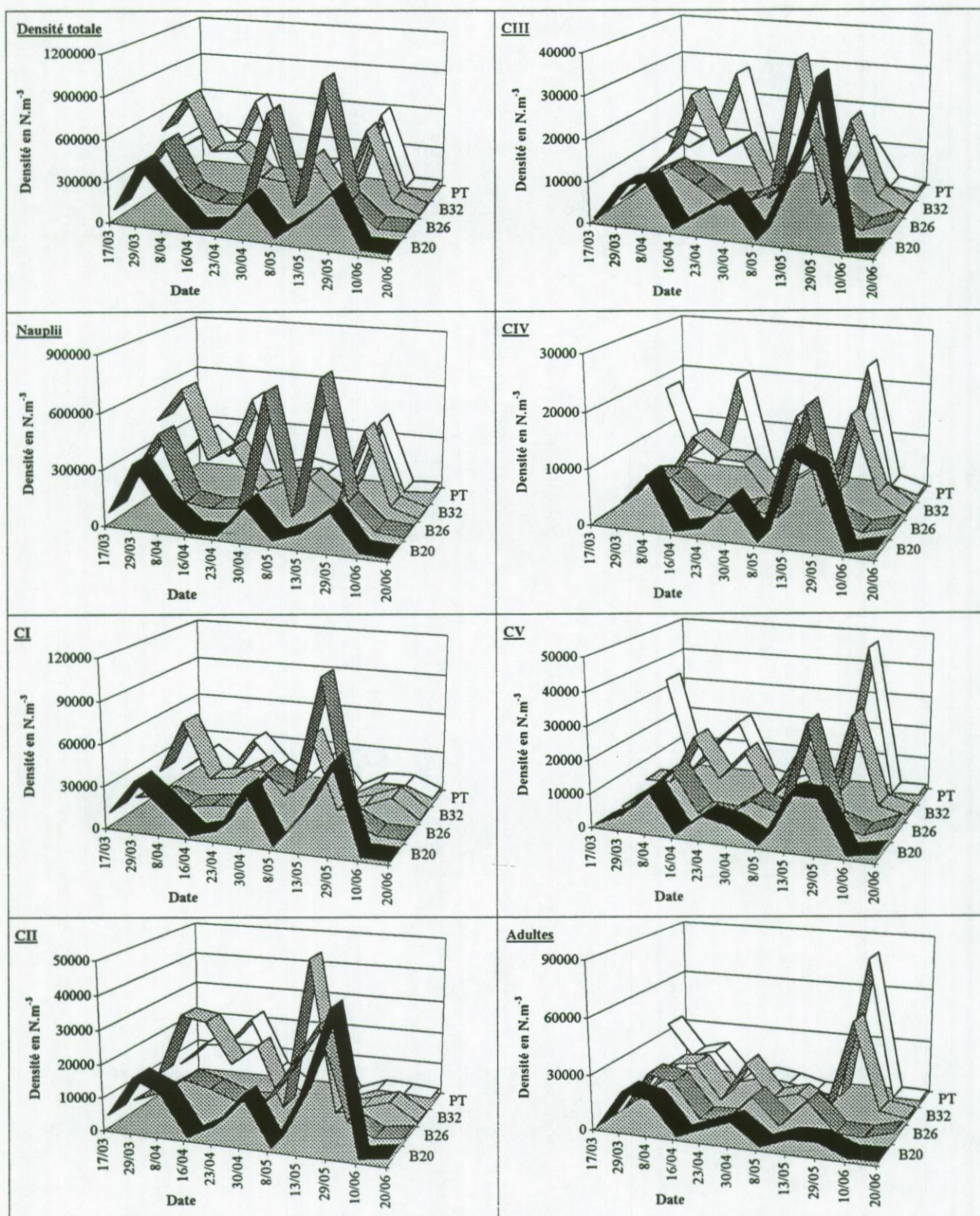


Figure IV.19. Evolution spatio-temporelle des abondances des différents stades du copépode *Eurytemora affinis* lors de la période printanière de 1997. Bouée 20 : station la plus aval ; PT (Pont de Tancarville) : station la plus amont. CI à CV : stades copépodites 1 à 5.

ind.m⁻³. Les périodes estivale et hivernales sont caractérisées, dans les deux zones, par de très faibles abondances mise à part en novembre où des abondances plus fortes sont signalées en zone mésohaline (expulsion de la population vers l'aval).

Ces résultats permettent de cibler de façon précise la période d'abondance maximale d'*Eurytemora affinis* au printemps et début d'été (avril, mai et juin). Afin de faire une étude précise de l'évolution d'*Eurytemora affinis* durant sa période de maximum d'abondance, des prélèvements décadaires (quatre stations : Bouées 20, 26, 32 et Pont de Tancarville) ont été réalisés entre la mi-mars et la mi-juin en différenciant tous les stades composant la population du copépode (naupliis, copépodites et adultes). Comme il a été souligné dans la partie IV.2. de ce chapitre, les prélèvements par bouteilles donnent une meilleure image de la population totale du copépode eu égard à ceux réalisés au filet WP2. Les échantillonnages réalisés à la bouteille serviront donc à l'étude de la dynamique d'*E. affinis*. De plus, afin de garder une homogénéité dans les analyses, seuls ces prélèvements de surface seront analysés pour suivre la cinétique d'*E. affinis* pendant sa période de maximum d'abondance (les échantillonnages par filets donnent les mêmes évolutions en sous-estimant tout de même les jeunes stades copépodites et bien évidemment les naupliis).

IV.7. Evolution spatio-temporelle de la population d'*Eurytemora affinis* au cours de la période printanière

Eurytemora affinis présente trois périodes d'abondances totales maximales observées dans les différentes stations échantillonnées le long du gradient de salinité (Figure IV.19.).

Le premier pic de maximum d'abondance est observé dans toutes les stations le 29/03 alors que le deuxième pic de fortes densités est enregistré d'abord au niveau des stations les plus amont (Bouée 32 et PT) à la mi-avril puis il est observé plus tardivement dans les deux stations les plus aval : fin-avril à la Bouée et à la Bouée 26 (Figure IV.19.). Enfin, le dernier pic de fortes abondances est enregistré fin mai au niveau des stations amont (Bouée 32 et PT) mais également à la Bouée 20 tandis que ce pic est observé légèrement plus tôt dans le mois (13/05) à la station Bouée 26, ce maximum d'abondance présente les plus fortes valeurs observées au cours de l'étude printanière au niveau des quatre stations.

Lorsque l'on étudie l'évolution spatio-temporelle des différents stades de la population d'*E. affinis* on remarque que l'évolution des densités totales du copépode au cours de sa période de maximum d'abondance est influencée directement par l'évolution des densités en nauplii (stade dominant de la population). Ainsi, au niveau de chaque station, les pics de fortes densités totales sont corrélés avec les pics d'abondances maximales en nauplii (Figure IV.19.).

Chez les deux premiers stades copépodites CI et CII, seule la station Bouée 20 présente trois pics printaniers de fortes abondances observés fin mars, fin avril et fin mai ; les densités de CI sont en général beaucoup plus fortes que celles du stade CII notamment fin mars (60700 ind.m⁻³ pour le stade CI et 41100 ind.m⁻³ pour le stade CII). Dans les stations amont Bouée 32 et PT, deux périodes de fortes densités sont seulement observés entre mi-avril et début mai. En revanche, un seul pic de fortes densités des stades CI et CII est observé mi-mai (13/05) à la station Bouée 26 (108000 ind.m⁻³ pour le stade CI, 32000 ind.m⁻³ pour CII). Les stades copépodites CIII à CV présentent trois pics de fortes densités à la Bouée 20 fin avril et fin mai où ces copépodites présentent leurs abondances printanières maximales (CIII : 37600 ind.m⁻³ et CIV : 13200 ind.m⁻³)

alors que la période de densités maximales printanières du copépode V s'étale sur une quinzaine de jours entre le 13 mai et 29 mai (15300 ind.m^{-3} mi mai et 15200 ind.m^{-3} fin mai). A la Bouée 26, ces stades copépodites ont leurs plus fortes abondances mi-mai, tandis qu'au niveau de la station Bouée 32 le copépode III présente ses plus fortes abondances début mai alors que les stades CIV, CV ont leurs densités maximales fin mai. Au niveau de la station la plus amont échantillonnée (PT), l'évolution printanière des densités est très variable. Le stade CIII présente ses plus fortes abondances de l'ordre de 27600 ind.m^{-3} mi-avril, les copépodes IV et V ont présentent leurs abondances maximales fin mai avec respectivement 24200 ind.m^{-3} pour CIV et 47100 ind.m^{-3} pour CV.

Les adultes présentent des valeurs d'abondance maximale en début de printemps dans les stations de l'estuaire aval avec 21000 ind.m^{-3} à la Bouée 20 et à la Bouée 26. En revanche, dans les stations Bouée 32 et PT, ils présentent un pic de très fortes abondances fin mai respectivement de 52300 ind.m^{-3} et 80300 ind.m^{-3} .

En conclusion, le copépode *Eurytemora affinis* présente une période de densités maximales au printemps, cette période présentant une succession de pics de fortes abondances au moment des phases de fort recrutement du copépode. Au cours de cette période printanière, les phases de densités fortes sont surtout observées en avril et en mai tandis que de faibles abondances sont enregistrées en début et en fin de printemps.

La période printanière de fortes abondances est principalement due à l'augmentation de la température de l'eau dès le mois de mars ; cette température, variant au printemps entre $9,7^{\circ}\text{C}$ en mars et $15,5^{\circ}\text{C}$ en mai, devient alors favorable pour *E. affinis*. L'augmentation des température en été est une des causes majeures de la forte décroissance des abondances du copépode, ces températures élevées ($> 20^{\circ}\text{C}$) provoquant des mortalités élevées et une diminution notables des

fécondités (Poli & Castel, 1983 ; Feurtet, 1989). Enfin, les conditions défavorables (faibles températures et des débits plus forts) sont responsables des densités faibles du copépode durant la période hivernale.

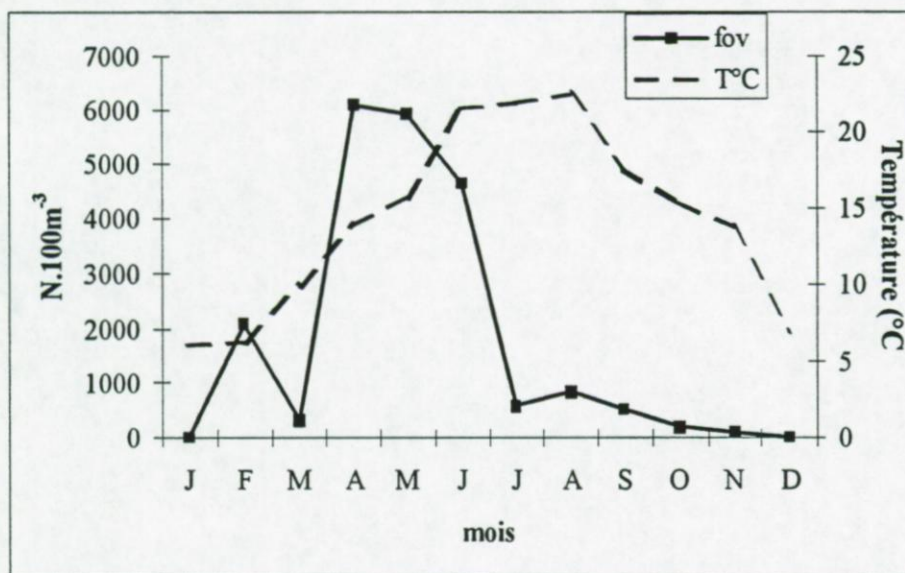


Figure IV.20. Représentation simultanée de l'évolution annuelle de la densité ($N \cdot m^{-3}$) de femelles ovigères d'*E. affinis* et de la température de surface ($^{\circ}C$) au cours de 1996 dans la zone oligohaline. Prélèvements filet $200 \mu m$.

Ceci est également visible avec l'évolution annuelle des densités des femelles ovigères (Figure IV.20.) qui augmentent au printemps en relation avec l'augmentation progressive de la température de l'eau et deviennent maximales en avril et mai. Les abondances de ces femelles décroissent ensuite rapidement dès le début de l'été. De plus, pendant la période printanière, le nombre d'œufs par sac ovigère augmente en début de printemps pour présenter des valeurs maximales en avril et mai entre 40 et 60 œufs par sac, ce nombre décroît rapidement en fin de printemps (Figure IV.21.). On remarque également que le nombre d'œuf par sac ovigère est généralement plus faible dans la station la plus amont échantillonnée (Pont de Tancarville), ce qui suggérerait une fécondité différente des femelles en fonction de leur position dans l'estuaire soit à cause de la dessalure ou du fait de leur état de maturité. Des prélèvements supplémentaires

devront être réalisés afin de déterminer exactement les raisons de ces disparités entre l'aval et l'amont du nombre d'œufs par sac ovigère.

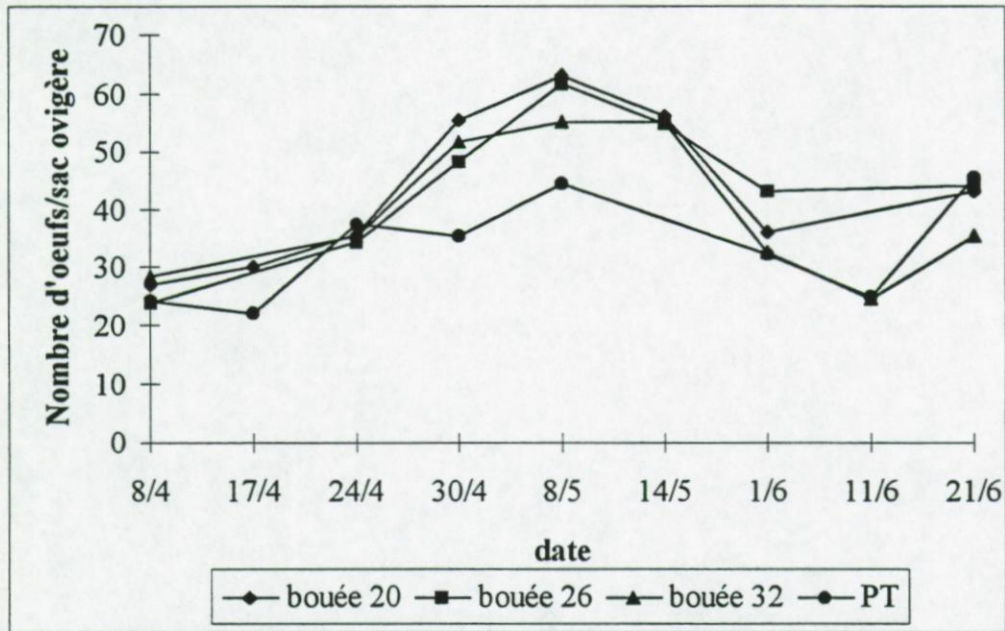


Figure IV.21. Evolution printanière du nombre d'œuf par sac ovigère d'E. affinis au niveau de quatre stations le long du gradient de salinité. station bouée 20 : station la plus aval ; station PT (Pont de Tancarville) : station la plus amont. Prélèvements filet 200 μ m.

Un tableau récapitulatif (Tableau IV.V.) des périodes d'abondance maximales observées dans différents estuaires établi à partir des travaux de Feurtet (1989) permet de comparer les périodes des maximas dans différents estuaires. La période printanière de densités maximales en estuaire de Seine est similaire à ce que l'on observe couramment dans la majorité des estuaires européens (notamment la Gironde, l'Ems ou la Weser) où sont enregistrées des périodes d'abondance maximale entre février et juin. En revanche, ces périodes peuvent apparaître plus tard, en début d'été dans les estuaires situés à des latitudes plus élevées comme pour la Seili en Finlande et la Forth en Ecosse. Ce décalage vers l'été peut avoir plusieurs causes dont l'augmentation tardive des températures à cause de conditions hydrologiques plus longtemps défavorables au printemps dans ces latitudes boréales.

Tableau IV.V. Comparaison des périodes d'abondance maximale des copépodes du genre Eurytemora dans quelques estuaires européens et nord-américains aux situations géographiques et latitudinales différentes (d'après Feurtet, 1989).

Estuaire	Période de maximum d'abondance	Littérature
Europe		
Seili (Finlande) 60°35'	juillet	Vuorinen & Ranta (1987)
Forth (Ecosse) 55°45'	été	Roddie <i>et al.</i> (1984)
Schlei (Allemagne) 54°30'	avril	Hirche (1974)
Elbe (Allemagne) 53°90'	printemps	Volk (1910)
Humber (Royaume Uni) 53°45'	juin	Goulder <i>et al.</i> (1981)
Ems (Hollande) 53°30'	avril	Baretta (1983)
Severn (Royaume Uni) 51°25'	juillet	Collins & Williams (1981)
Escaut (Hollande) 51°20'	juillet	Bakker <i>et al.</i> (1977)
Seine (France) 49°25'	avril-mai	Présente étude
Gironde (France) 45°30'	avril-mai	Feurtet (1989)
Amérique du Nord		
Hudson (Canada) 50°25'	mars-avril	Stepien <i>et al.</i> (1981)
Columbia (USA) 46°20'	avril-mai	Haertel & Osterberg (1967)
Rhode River (USA) 41°30'	février-mars	Allan <i>et al.</i> (1976)
Raritan Bay (USA) 40°35'	mai	Jeffries (1962)
Delaware (USA) 39°30'	printemps	Cronin <i>et al.</i> (1962)
Patuxent (USA) 39°25'	avril	Heinle & Flemer (1975)

De plus, les résultats exposés ici au niveau de quatre stations semble montrer une évolution spatiale des densités de certains stades d'*E. affinis*. Ainsi, il apparaît un décalage amont-aval dans l'observation du pic de maximum d'abondance notamment au mois de mai. En effet, chez les trois premiers stades copépodites (CI à CIII), le pic de fortes densités observé à la station PT et à la station Bouée 32 (stations les plus en amont) le 8 mai est enregistré plus tard le 13 mai à la station Bouée 26 puis le 29 mai au niveau de la station la plus aval (Bouée 20). En revanche, ce schéma d'évolution spatio-temporelle des abondances des stades copépodites âgés (CIV et CV) et des adultes n'est pas mis en évidence. Ces premiers résultats suggèrent une évolution spatiale du « nuage » des jeunes copépodites de l'amont vers l'aval.

Afin de compléter ces résultats, il serait intéressant de pratiquer un échantillonnage simultané au niveau de ces quatre stations afin de s'affranchir des problèmes d'advection tidale qui peuvent masquer ces évolutions longitudinales. Cette hypothèse d'évolution longitudinale devra également être corrélée avec l'hypothèse de rétention du copépode afin de comprendre parfaitement les déplacements de celui-ci en estuaire de Seine.

IV.8. Dynamique du copépode *Eurytemora affinis*

Les pourcentages respectifs des différents stades ont été calculés sur toute la période printanière étudiée en 1997. Comme le suggère Gaudy (1976), les fluctuations de ces pourcentages traduisent des périodes de recrutements plus importants, qui se répercutent sur les abondances des différents stades. De plus, ces pourcentages des différents stades de la population du copépode *Eurytemora affinis* ont été calculés s'en tenir compte des stades naupliens. La très

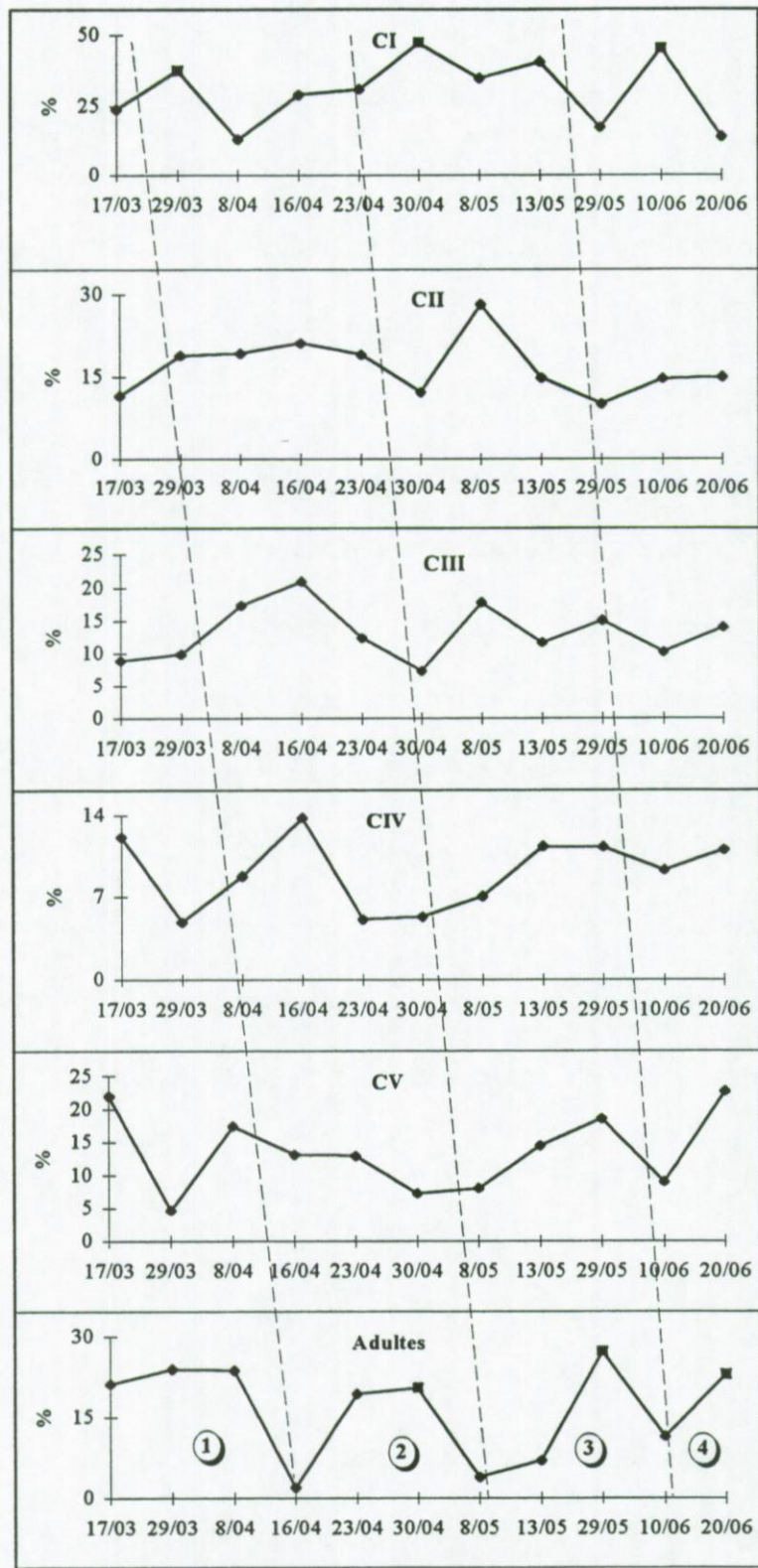


Figure IV.22. Evolution des pourcentages des différents stades et mise en évidence de trois générations de la population du copépode *Eurytemora affinis* au cours de la période printanière de 1997. CI à CV : stades copépodites 1 à 5. Prélèvements bouteille 63µm.

forte dominance de ces naupliis risquant de masquer les phénomènes, d'autre part, ces pourcentages ont été calculés à partir des densités moyennes des différents stades sur les quatre stations étudiées (Bouée 20, 26, 32 et PT) afin d'avoir une vue synoptique de la population recensée dans l'estuaire.

A partir de la figure IV.22., une tentative de détermination du nombre de générations (assimilées à une augmentation d'effectif par recrutement) présentes dans l'estuaire de la Seine pendant la période printanière a été entreprise selon la méthode préconisée par Gaudy (1976). En Seine, bien que la lecture de l'évolution temporelle des courbes soit délicate du fait de la reproduction quasi continue et des éventuels déplacements de l'amont vers l'aval et réciproquement du copépode, on observe la présence d'au moins quatre générations successives du copépode *Eurytemora affinis* pendant la période printanière ; le laps de temps entre le maximum de CI et d'adultes est de l'ordre de 30 jours en début de printemps et d'une dizaine de jour en fin de printemps (juin) où l'augmentation de température permet un développement plus rapide des stades (Poli & Castel, 1983). Ces résultats (quatre générations entre la mi-mars et mi-juin) sont similaires à ce que Feurtet (1989) observe dans l'estuaire de la Gironde où elle met en évidence la présence d'au moins trois générations successives au cours du printemps ; trois autres générations étant également observées dans cet estuaire en automne. Ceci semble être en accord avec les études de Hirche (1974) dans l'estuaire de la Schlei où il dénombre sept générations de février à août.

Toutefois, il est important de noter que malgré un échantillonnage décadaire, la différenciation des générations est délicate surtout lorsque l'on s'intéresse à un copépode dont la reproduction est quasi continue. Pour avoir une meilleure estimation de ces successions de

générations au cours de la période printanière notamment, il aurait fallu faire des échantillonnages plus serrés (2 à 3 jours) comme le suggère Gaudy, cette stratégie d'échantillonnage lourde est toutefois difficilement réalisable.

IV.9. Evolution pluriannuelle de la population d'*Eurytemora affinis*

L'évolution pluriannuelle des abondances d'*E. affinis* a été analysée à partir des prélèvements par filet en surface entre 1995 et 1997 (Figure IV.23.).

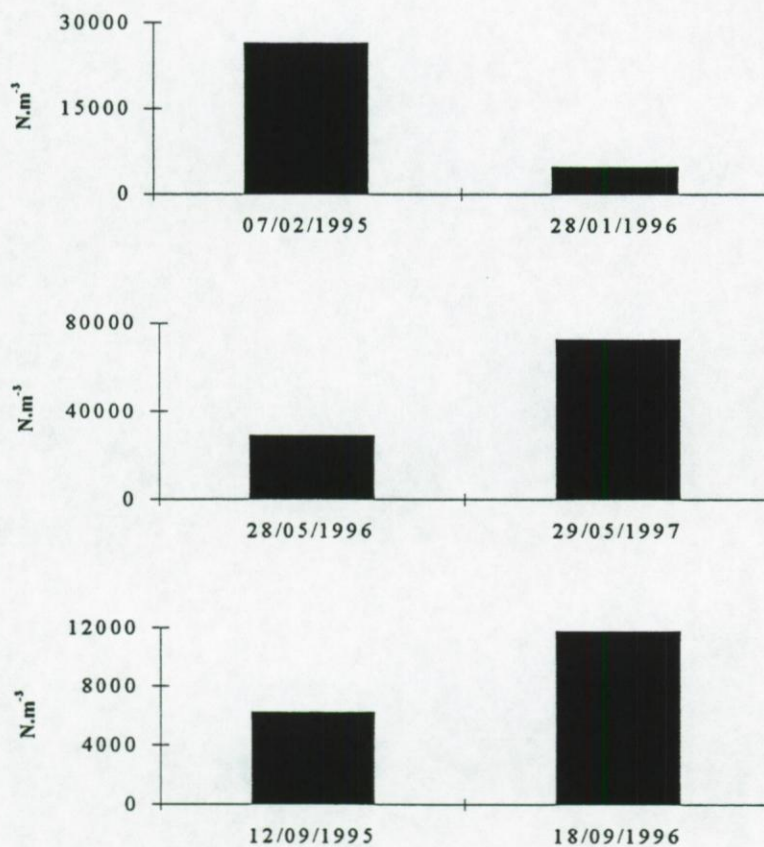


Figure IV.23. Comparaison pluriannuelle des densités moyennes du copépode *Eurytemora affinis* dans la zone oligohaline (salinité de surface < 5,0 P.S.U.) . Prélèvements filet 200 μ m.

Les densités présentent de grandes variabilités inter annuelles. Ainsi, lors de la période hivernale, les abondances sont beaucoup plus élevées en 1995 (début février) avec 26400 ind.m^{-3} qu'en 1996 (fin janvier) où les densités sont de l'ordre de 4500 ind.m^{-3} . Cette différence s'explique par de plus fortes températures enregistrées en février 1995 ($9,0^{\circ}\text{C}$) par rapport à celles de fin janvier 1996 ($6,0^{\circ}\text{C}$), la période de reproduction printanière intense ayant pu commencer plus tôt en 1995. Pendant la période printanière (mai) et estivale (septembre), les densités sont beaucoup plus fortes en mai 1997 (72200 ind.m^{-3}) qu'en mai 1996 (28300 ind.m^{-3}), celles-ci sont plus fortes en septembre 1996 (11700 ind.m^{-3}) qu'en 1995 (6200 ind.m^{-3}).

Il est très difficile de pouvoir comparer ces résultats entre eux car *Eurytemora affinis*, à l'instar des espèces zooplanctoniques en général, présente une évolution annuelle influencée par les paramètres environnementaux (les grandes modifications climatiques annuelles ne s'observant pas forcément aux mêmes périodes d'une année sur l'autre). Ainsi, la période de recrutement peut être plus ou moins en avance dans l'année en fonction du cycle de température ; comme ceci a pu être observé en 1995 où les températures de l'eau étaient déjà élevées en fin d'hiver. Comme nous l'avons déjà précisé auparavant, le cycle annuel du copépode *E. affinis* est surtout corrélé avec le cycle annuel de la température qui n'est pas forcément identique d'une année à l'autre. Afin de pouvoir étudier de façon précise l'évolution pluriannuelle d'*E. affinis*, ou de tout autre espèce zooplanctonique, il est nécessaire d'avoir des séries annuelles complètes afin de comparer les pics de maximum d'abondance et non pas les dates de prélèvements. Grâce à de tels séries à long terme, comme l'a fait Castel (1995) en Gironde, on peut mettre en évidence d'éventuels fluctuations pluriannuelles de la population en fonction des variations à long terme des différents paramètres environnementaux comme la température où le débit du fleuve.

IV.10. Production secondaire du copépode *Eurytemora affinis*

Le calcul de la production secondaire et de la productivité du copépode *Eurytemora affinis* pendant la période de maximum d'abondance (printemps) a été réalisé en utilisant la méthode de Heinle (1966) (cf. Matériels & Méthodes, Calcul de la production secondaire des copépodes).

Dans l'équation de calcul de la production, formulée par Heinle (1966), tous les termes ont été mesurés à partir de prélèvements *in situ* (densité, poids individuel) afin de minimiser les erreurs d'estimation. Seul le poids individuel des stades naupliens a été estimé comme la moyenne entre le poids d'un œuf (0,13 μg selon Heinle) et le poids individuel du copépodite I. Cette estimation introduit par conséquent une erreur relative dans les calculs du fait de la non différenciation des stades naupliens ainsi que de l'utilisation d'un poids moyen nauplien attribué à toute la population de nauplii (sur-estimation du poids individuel des jeunes stades naupliens et sous-estimation du poids individuel des stades naupliens âgés).

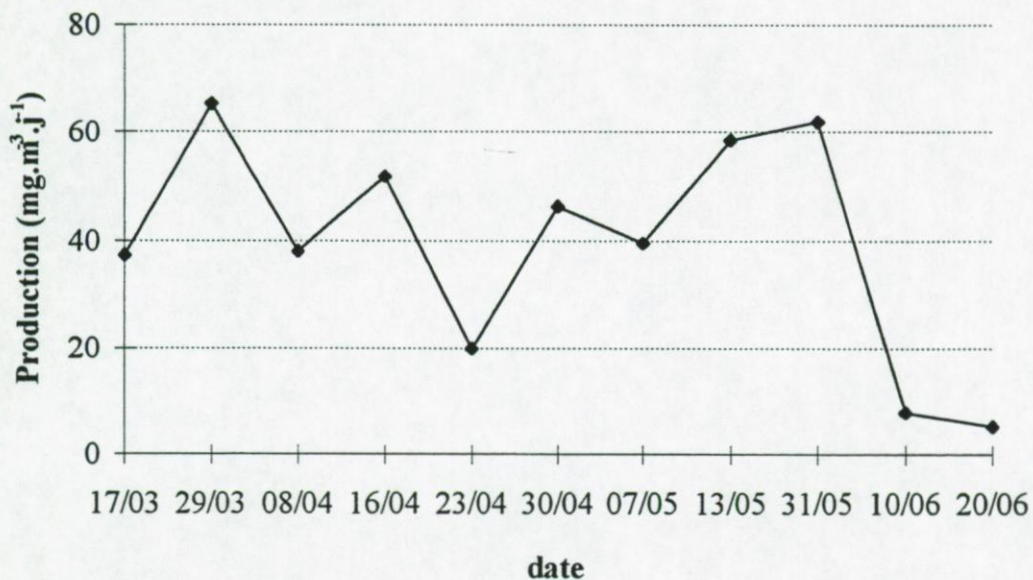


Figure IV.24. Evolution de la production journalière ($\text{mgPoidsSec.m}^{-3}.\text{j}^{-1}$) du copépode *Eurytemora affinis* au cours de la période printanière de 1997.

La production du copépode *E. affinis* lors de la période printanière fluctue énormément (Figure IV.24.) et présente des valeurs maximales fin mars ($65,3 \text{ mgPS.m}^{-3}.\text{j}^{-1}$), mi-avril ($51,7 \text{ mgPS.m}^{-3}.\text{j}^{-1}$) et fin mai ($62,0 \text{ mgPS.m}^{-3}.\text{j}^{-1}$). Ces périodes de fortes production ne sont pas forcément les périodes de plus forte productivité puisque l'on observe des P/B maximum mi-mars ($0,2 \text{ j}^{-1}$) mi-avril ($0,25 \text{ j}^{-1}$), début mai ($0,24 \text{ j}^{-1}$) et mi-juin ($0,2 \text{ j}^{-1}$) (Figure IV.25.). La production moyenne sur la période printanière ainsi que la productivité moyenne ont les valeurs respectives de $39,21 \text{ mgPS.m}^{-3}.\text{j}^{-1}$ et $0,16 \text{ j}^{-1}$.

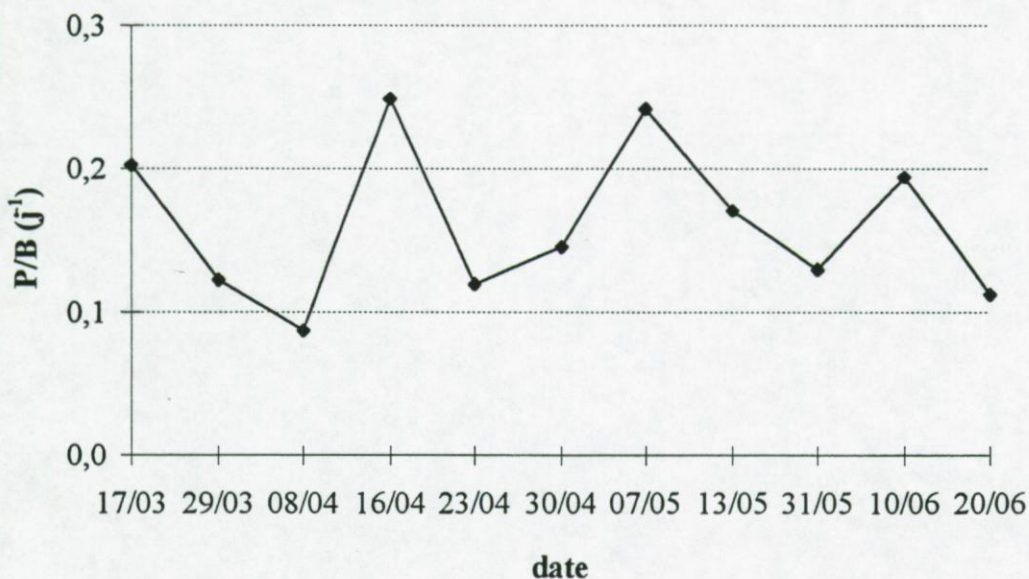


Figure IV.25. Evolution de la productivité (j^{-1}) du copépode *Eurytemora affinis* au cours de la période printanière de 1997.

Ces valeurs de production printanière observées en estuaire de Seine sont du même ordre de grandeur que celles enregistrées en estuaire de Gironde (Feurtet, 1989), où la production du copépode en avril est de l'ordre de $38,5 \text{ mgPS.m}^{-3}.\text{j}^{-1}$ (le 10/04) pour $37,9 \text{ mgPS.m}^{-3}.\text{j}^{-1}$ en estuaire de Seine (le 8/04) à $42,6 \text{ mgPS.m}^{-3}.\text{j}^{-1}$ (le 29/04) contre $46,2 \text{ mgPS.m}^{-3}.\text{j}^{-1}$ en estuaire de Seine le 30 avril (utilisation du même modèle). Toutefois, il convient de remarquer que l'amplitude des

valeurs de la production en estuaire de Seine peut présenter de grandes différences avec la Gironde puisque la production journalière d'*E. affinis* ne dépasse jamais $50 \text{ mgPS.m}^{-3}.\text{j}^{-1}$ dans la partie centrale de l'estuaire au niveau de Pauillac (pk 47) contre des valeurs supérieures à $60 \text{ mgPS.m}^{-3}.\text{j}^{-1}$. D'autre part, les valeurs de production en estuaire de Seine sont similaires à celles trouvées par Heinle (1969), dans la rivière Patuxent : $56,2 \text{ mgPS.m}^{-3}.\text{j}^{-1}$ en avril, valeur proche des productions maximales observées fin mai en estuaire de Seine ($62 \text{ mgPS.m}^{-3}.\text{j}^{-1}$).

Les productivités enregistrées en estuaire de Seine sont légèrement supérieures à celles observées en Gironde qui ne dépassent pas $0,2 \text{ j}^{-1}$ pendant la période printanière. Le fait de n'avoir que les productivités pendant la période de plus forte activité reproductrice du copépode rend difficile les comparaisons de nos valeurs avec les productivités annuelles d'*Eurytemora* citées dans la littérature, ces valeurs étant bien entendu inférieures puisqu'elles intègrent outre la période printanière de forte productivité, les périodes estivales et hivernales de faible productivité d'*E. affinis*.

Conclusion

Comme il a été décrit dans le chapitre III sur la communauté mésozooplanctonique globale, la salinité est également le facteur majeur dans la répartition longitudinale d'*Eurytemora affinis*. Toutefois, le rôle de la turbidité et principalement du bouchon vaseux n'est pas à négliger. Ainsi, ce copépode est présent depuis la zone mésohaline ($18,0 \text{ P.S.U.} < S < 5,0 \text{ P.S.U.}$) à la zone oligohaline (Salinité inférieure à $5,0 \text{ P.S.U.}$), cette zone oligohaline se présente d'ailleurs comme la zone de maximum d'abondance d'*E. affinis*. Il semble que le bouchon de turbidité joue le rôle de barrière, limitant la colonisation de la partie aval de l'estuaire par le copépode.

Au cours de l'année, *E. affinis* présente une période de fortes densités et production au printemps (de mars à juin) qui correspond à la période de reproduction intense avec les densités maximales en femelles ovigères dans la population. Durant cette période printanière, quatre générations sont mises en évidence bien que les interprétations des résultats soient délicates du fait de la reproduction quasi continue d'*E. affinis*.

D'après les études sur la répartition verticale et sur l'évolution journalière d'*E. affinis* dans la partie moyenne de l'estuaire de la Seine (station Pont de Normandie), le comportement du copépode en fonction des rythmes tidaux et nycthéméraux a été mis en évidence ce qui a permis d'émettre des hypothèses sur les mécanismes de rétention d'*E. affinis*. Ainsi, il semble qu'*E. affinis* présente des activités natatoires faibles pendant le jusant ce qui permet leur sédimentation, évitant leur expulsion vers l'aval avec l'écoulement de l'eau douce en surface. Les activités natatoires deviennent plus importantes lors de l'étal de basse mer et lors du flot ce qui permet une colonisation de toute la colonne d'eau et entraîne leur transport vers l'amont. De plus, les évolutions journalières des abondances, à la station Pont de Normandie, reflètent en fait les mouvements aval/amont et réciproquement du centre de masse du copépode sous l'influence de l'advection tidale : descente vers l'aval pendant le jusant et remontée vers l'amont pendant le flot.

Chapitre V

Evolution spatio-temporelle de la communauté suprabenthique de l'estuaire de la Seine

La mise en place du programme Seine-Aval en 1993 et les travaux qui ont été entrepris de 1994 à 1998 ont permis de combler le déficit de connaissances sur les compartiments biologiques de l'estuaire de la Seine comme le suprabenthos dont les études avaient surtout porté sur la partie aval de l'estuaire (Wang *et al.*, 1994) et sur la baie de Seine (Vallet, 1997). L'utilisation du traîneau suprabenthique Macer-GIROQ modifié (Dauvin & Lorgeré, 1989) permet d'échantillonner la faune démersale entre 0,10 et 1,45 m du fond. Cette faune est composée du suprabenthos mais également d'autres espèces appartenant soit au macrozooplancton comme les larves de poissons et les larves de décapodes, soit au necton comme la majorité des poissons prélevés, soit enfin au mésozooplancton comme les copépodes qui sont cependant mal échantillonnés avec le traîneau compte tenu de l'utilisation d'un filet de 500 μm ; cette dernière catégorie ne sera donc pas étudiée dans cette partie.

Ainsi, l'étude intégrera toutes les espèces échantillonnées par le traîneau, hormis le mésozooplancton, afin de donner une réelle image des phénomènes biologiques existants dans la couche d'eau juste au dessus du fond. Pour simplifier la lecture, la faune échantillonnée et retenue dans mon mémoire sera nommée communauté suprabenthique ou suprabenthos.

Dans ce chapitre, seront donnés les résultats des évolutions journalières (grâce à un suivi de 24 heures de septembre 1995), des évolutions annuelles (échantillonnages mensuels réalisés en 1996) et des changements pluriannuels (comparaison des prélèvements réalisés en 1994, 1995 et 1996) des principales espèces démersales. De plus la structure spatiale de la communauté suprabenthique ainsi que ses relations avec les paramètres environnementaux (salinité de fond, turbidité de fond, oxygène de fond) seront étudiés.

Enfin, les principales espèces du suprabenthos de l'estuaire de la Seine, le mysidacé *Neomysis integer*, le décapode *Palaemon longirostris* et les gobiidés *Pomatoschistus microps* et *P. minutus*, feront l'objet d'une analyse de leur dynamique annuelle et d'un calcul de leurs productions annuelles.

Tableau V.1. Liste des espèces suprabenthiques recensées en estuaire de Seine depuis le lancement du programme Seine Aval. M : macrozooplancton, S : suprabenthos, N : necton

Cténaire (M)

Pleurobrachia pileus (O.F. Müller, 1776)

Amphipodes (S)

Aora typica Kröyer, 1845

Ampelisca tenuicornis Liljeborg, 1855

Ampelisca typica (Bate, 1856)

Apherusa bispinosa (Bate, 1856)

Apherusa clevei Sars, 1904

Apherusa ovalipes Norman & Scott, 1906

Atylus falcatus Metzger, 1871

Atylus guttatus (Costa, 1851)

Atylus vedlomensis Bate & Westwood, 1862

Bathyporeia elegans Watkins, 1938

Bathyporeia pilosa Lindström, 1855

Corophium volutator (Pallas, 1766)

Gammarus crinicornis Stock, 1966

Gammarus duebeni Liljeborg, 1852

Gammarus zaddachi Sexton, 1912

Leptocheirus pilosus Zaddach, 1844

Orchomenella nana (Kröyer, 1846)

Pariambus typicus Kröyer, 1844

Phtisica marina Slabber, 1769

Isopodes (S)

Jaera nordmanni (Bate & Westwood, 1868)

Janira maculosa (Sars, 1899)

Sphaeroma serratum (Lejuez, 1966)

Mysidacés (S)

Anchialina agilis (Sars, 1877)

Gastrosaccus spinifer (Goës, 1864)

Mesopodopsis slabberi (Van Beneden, 1861)

Neomysis integer (Leach, 1814)

Schistomysis kervillei (Sars, 1885)

Schistomysis ornata (Sars, 1864)

Schistomysis spiritus (Norman, 1860)

Siriella clausii Sars, 1846

Décapodes (S)

Carcinus maenas (L., 1758)

Crangon crangon (L., 1758)

Galathea intermedia Liljeborg, 1851

Liocarcinus depurator (L., 1758)

Liocarcinus pusillus (Leach, 1815)

Macropodia linnaei (Forest & Zariquiey)

Palaemon longirostris Milne Edwards, 1837

Palaemon serratus (Pennant, 1777)

Pandalus montagui Leach, 1814

Pinnotheres pisum (L., 1767)

Cumacés (S)

Bodotria scorpioides (Montagu, 1804)

Diastylis bradyi Norman, 1879

Diastylis cornuta Norman, 1879

Diastylis laevis Norman, 1869

Diastylis rugosa Sars, 1865

Pseudocuma longicornis (Bate, 1858)

Polychètes (larves et post-larves) (M)

Pectinaria koreni (Malmgren, 1880)

Polydora spp.

Chaetognathes (M)

Sagitta elegans Verrill, 1873

Sagitta setosa Müller, 1847

Poissons (M, N)

Agonus cataphractus (N)

Anguilla anguilla (L., 1758) (N)

Callionymus lyra L., 1758 (M, N)

Callionymus reticulatus Valenciennes, 1834 (N)

Ciliata mustela (L., 1758) (N)

Chupea harengus L., 1758 (M, N)

Cristallogobius linnaei Von Düben, 1845 (N)

Dicentrarchus labrax (L., 1758) (N)

Gasterosteus aculeatus L., 1758 (N)

Gobius niger L., 1758 (N)

Lampetra fluviatilis (L., 1758) (N)

Liparis montagui Donovan, 1836 (N)

Merlangius merlangus (L., 1758) (N)

Mulus surmuletus L., 1758 (N)

Platichthys flesus (L., 1758) (N)

Pomatoschistus microps (Kröyer, 1838) (S, M)

Pomatoschistus minutus (Pallas, 1770) (S, M)

Solea solea Quensel, 1806 (N)

Sprattus sprattus (L., 1758) (N, M)

Syngnathus acus L., 1758 (N)

Trisopterus luscus L., 1758 (N)

Céphalopodes (M)

Loligo vulgaris (Lamarck, 1820)

V.1. Caractéristiques générales de la communauté

V.1.A. Composition qualitative

Soixante treize taxa ont été recensés dans la zone prospectée, dont 19 appartiennent à l'ichtyofaune, 11 au macrozooplancton dont le cténaire *Pleurobrachia pileus*, les chaetognathes et les larves de poissons clupéidés et gobiidés et 48 taxa suprabenthiques (Tableau V.I.). Les espèces suprabenthiques récoltées sont principalement des amphipodes (19 taxa) dominant en terme de nombre d'espèces, des isopodes (trois taxa), des mysidacés (huit taxa), des décapodes (10 taxa), des cumacés (six taxa) et deux espèces de poissons gobiidés.

Des 73 taxa identifiés des eaux marines jusqu'aux eaux douces du fleuve, seul le poisson *Gasterosteus aculeatus* est d'origine fluviale.

La composition faunistique de la faune démersale de l'estuaire de la Seine est comparable à celles observées dans les autres grands estuaires nord européens. Ainsi dans l'Ems, l'Escaut et la Gironde, Mees (1994) observe la présence de nombreuses espèces d'amphipodes, dont plusieurs du genre *Bathyporeia* mais également *Corophium volutator* ou encore des gammaridés. Les mysidacés *Neomysis integer*, *Mesopodopsis slabberi*, *Gastrosaccus spinifer* et les espèces du genre *Schistomysis* sont elles aussi communes aux quatre estuaires dans lesquelles les décapodes *Crangon crangon* et *Palaemon longirostris* sont aussi recensés. Ces deux décapodes sont également rencontrés en Loire (Marchand, 1981).

Pour l'ichtyofaune, les espèces recensées en estuaire de Seine sont celles classiquement rencontrées dans les autres grands estuaires européens comme dans la Loire, la Gironde ou l'Ems où l'on remarque la présence des espèces du genre *Pomatoschistus* (*P. minutus*, *P. microps* et *P. lozanoi* uniquement recensée dans l'estuaire de l'Ems), le bar *Dicentrarchus labrax*, les clupéidés *Clupea harengus* et *Sprattus sprattus* et le flet *Platichthys flesus* (Lardeux, 1986 ; Mees, 1994, 1995).

V.1.B. Composition quantitative

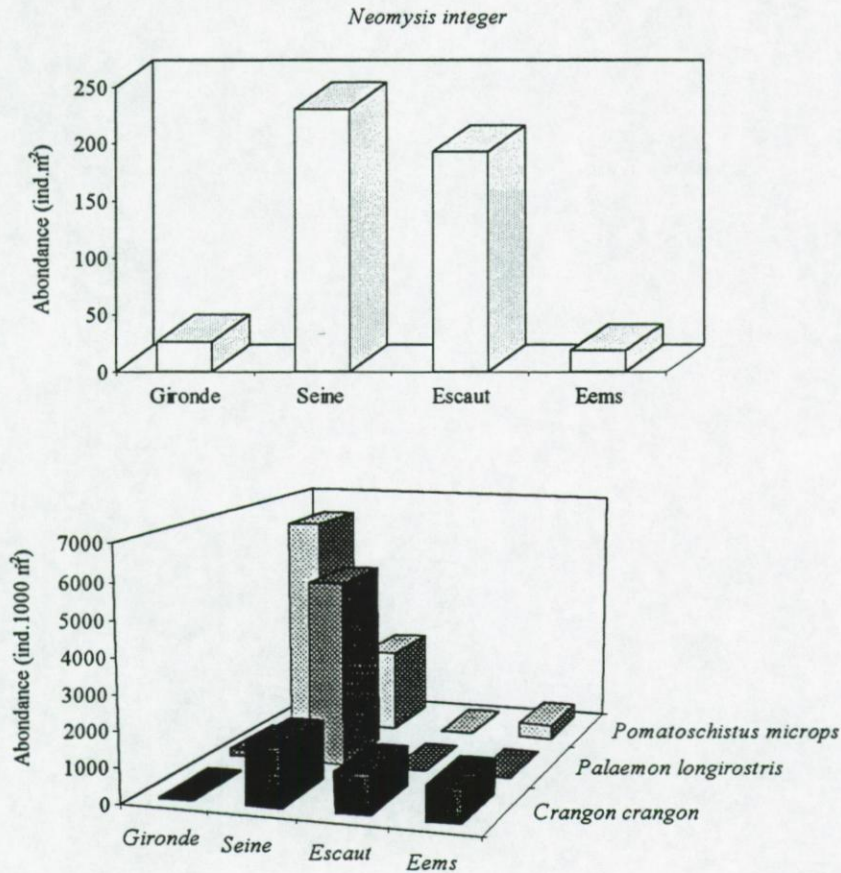


Figure V.1. Abondances maximales printanières ($N.m^{-2}$ ou $1000m^{-2}$) des principales espèces suprabenthiques dans quatre grands estuaires européens. Gironde, Escaut, Ems (Mees, 1994) ; Seine : présente étude.

Dans l'estuaire de la Seine et dans l'Escaut, le mysidacé *Neomysis integer* présente les plus fortes abondances printanières parmi les quatre grands estuaires européens (Figure V.1.). Pour les décapodes, *Palaemon longirostris* présente des densités très élevées uniquement en estuaire de Seine contrairement à *Crangon crangon* pour laquelle les abondances sont du même ordre de grandeur en Seine, Escaut et Ems, l'estuaire de la Gironde se caractérisant par de faibles densités de ce décapode ainsi que par de fortes abondances printanières du gobiidé *P. microps*.

Tableau V.II. Situation printanière des principales espèces démersales estuariennes dans cinq grands estuaires nord européens. ++ : espèce commune ; + : espèce rare ; - : espèce absente ; ? : pas de données. Gironde, Escaut et Ems : Mees, 1994 ; Loire : Lardeux, 1986 ; Seine : présente étude

	Gironde	Loire	Seine	Escaut	Ems
Macrozooplankton					
<i>Sagitta elegans</i>	+	?	++	+	++
Suprabenthos					
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	++	+	++	++	++
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	++	++	++	++	++
<i>Neomysis integer</i>	++	++	++	++	++
<i>Schistomysis</i> spp.	++	++	++	++	++
<i>Crangon crangon</i>	++	++	++	++	++
<i>Palaemon longirostris</i>	++	++	++	+	+
<i>Pomatoschistus lozanoi</i>	+	-	-	++	+
<i>Pomatoschistus microps</i>	++	++	++	+	++
<i>Pomatoschistus minutus</i>	++	++	++	++	++
Necton					
<i>Anguilla anguilla</i>	++	+	++	-	-
<i>Clupea harengus</i>	-	+	++	+	++
<i>Sprattus sprattus</i>	+	++	++	+	+
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	+	+	+	+	-

En résumé, la composition de la faune démersale de l'estuaire de la Seine ne diffère pas de celles des autres grands estuaires nord européens où la présence des mysidacés *Neomysis integer* et *Mesopodopsis slabberi* et des décapodes *Crangon crangon* et *Palaemon longirostris* est une constante de même que les espèces *Pomatoschistus minutus* et *P. microps*. L'absence du gobiidé *P. lozanoi* en Seine est aussi observée en Loire alors que celui-ci, bien que rare est identifié dans la Gironde, dans l'Ems et dans l'Escaut (estuaire où ce poisson est commun) (Tableau V.II.). Le suprabenthos et notamment les mysidacés ne montrent pas de différences notables entre les cinq estuaires dans lesquels les quatre espèces de mysidacés étudiées sont communes.

V.2. Evolution de la communauté suprabenthique de l'estuaire de la Seine

V.2.A. Variations journalières : exemple de la campagne SEAV Pk04, septembre 1995

Le suivi de 24 heures a été effectué à la station Pont de Normandie (bouée 26) (cf. Annexe III.) dans des conditions de fin d'étiage avec un débit moyen de $300 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. La salinité de fond varie, au cours de ce suivi, entre des minima à basse mer compris entre 4,1 et 5,1 P.S.U. et des maxima enregistrés lors des périodes de pleine mer entre 11,1 et 11,7 P.S.U. (Figure V.2.).

Deux pics de maximum de la densité totale sont observés au cours de la journée autour des basses mers de jour avec des valeurs de $223000 \text{ ind.}100 \text{ m}^{-3}$ pour le premier pic et de $153000 \text{ ind.}100 \text{ m}^{-3}$ pour la seconde période de fortes abondances (Figure V.2.). En revanche, la communauté suprabenthique présente de plus faibles densités (inférieures à $50000 \text{ ind.}100 \text{ m}^{-3}$) autour des périodes de pleine mer de jour comme de nuit mais également lors de la période de basse mer nocturne. Il faut noter que ces densités faibles en estuaire de Seine sont tout de même beaucoup plus élevées que celles estimées en baie de Seine (inférieure à $2000 \text{ ind.}100 \text{ m}^{-3}$) par Vallet (1997).

La richesse spécifique ne montre pas d'évolution journalière marquée au cours de ce suivi (Figure V.2.). Le nombre de taxa (suprabenthos, macrozooplancton et necton cumulés) varie entre 10 et 15, les valeurs minimales étant observées plutôt lors des basses mers de jour. Le nombre d'espèces nectoniques présente un maximum de six espèces lors de la première basse mer diurne. De 6 à 10 espèces suprabenthiques sont recensées. Six espèces sont toujours observées : les mysidacés *Neomysis integer* et *Mesopodopsis slabberi*, les décapodes *Crangon crangon* et *Palaemon longirostris* et les gobiidés *Pomatoschistus microps* et *P. minutus*. D'une à trois espèces composent le macrozooplancton au cours du cycle (le chaetognathe *Sagitta elegans* et les larves de poissons (gobiidés et clupéidés)).

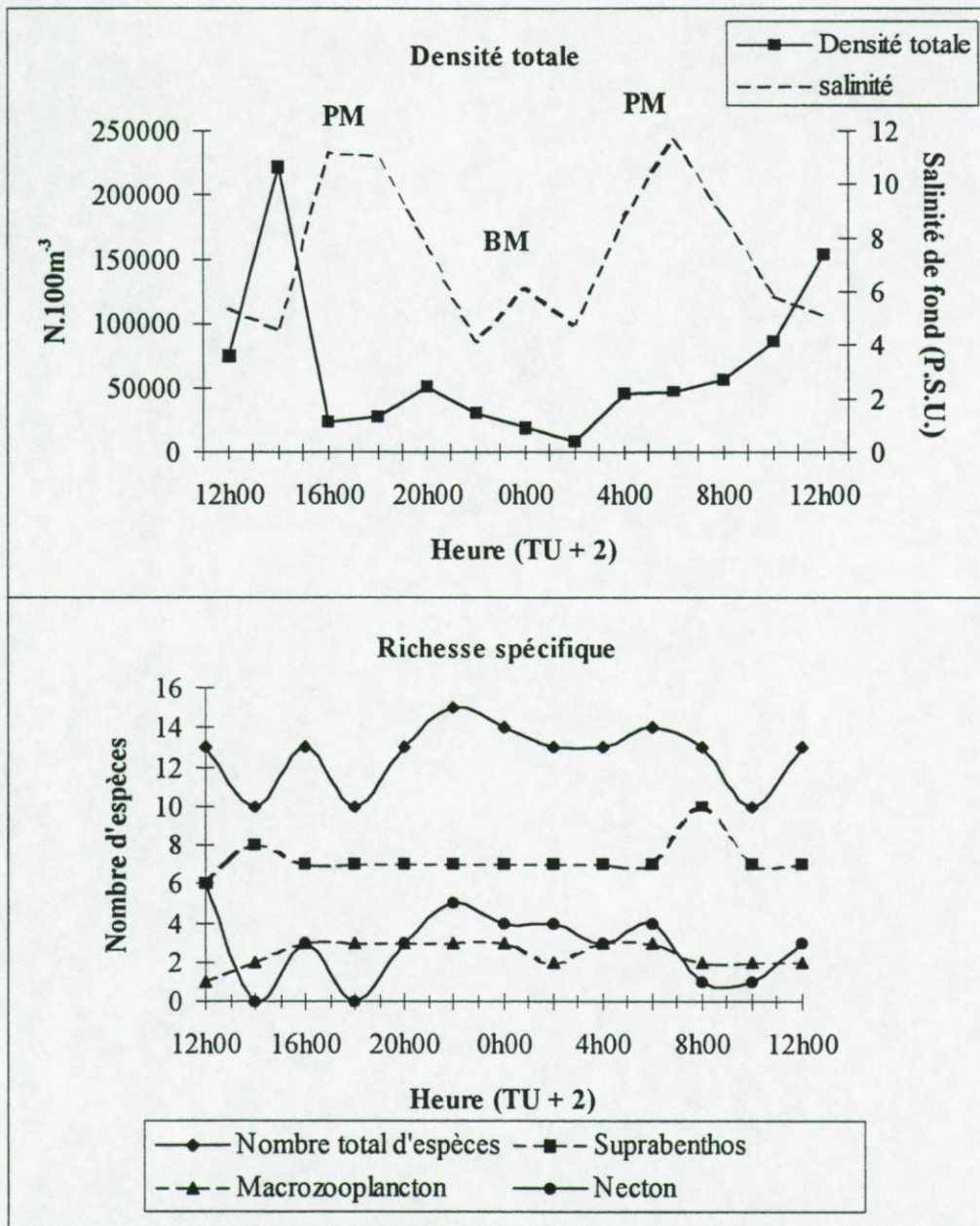


Figure V.2. Evolution journalière de la densité totale échantillonnée par le traîneau (N.100 m⁻³) et de la richesse spécifique décomposée en nombre d'espèces du suprabenthos, du macrozooplancton et du necton au Pont de Normandie (bouée 26) lors du suivi de 24h de septembre 1995. PM, BM : Pleine Mer et Basse Mer à la station d'échantillonnage.

L'évolution journalière des densités des principales espèces suprabenthiques (*Neomysis integer*, *Mesopodopsis slabberi*, *Crangon crangon*, *Palaemon longirostris*, *Pomatoschistus microps* et *P. minutus*) a été analysée. De plus, les larves de gobiidés (juvéniles des poissons du genre *Pomatoschistus* appartenant au macrozooplancton) ont également fait l'objet d'une étude détaillée en raison de leur forte représentation dans les prélèvements.

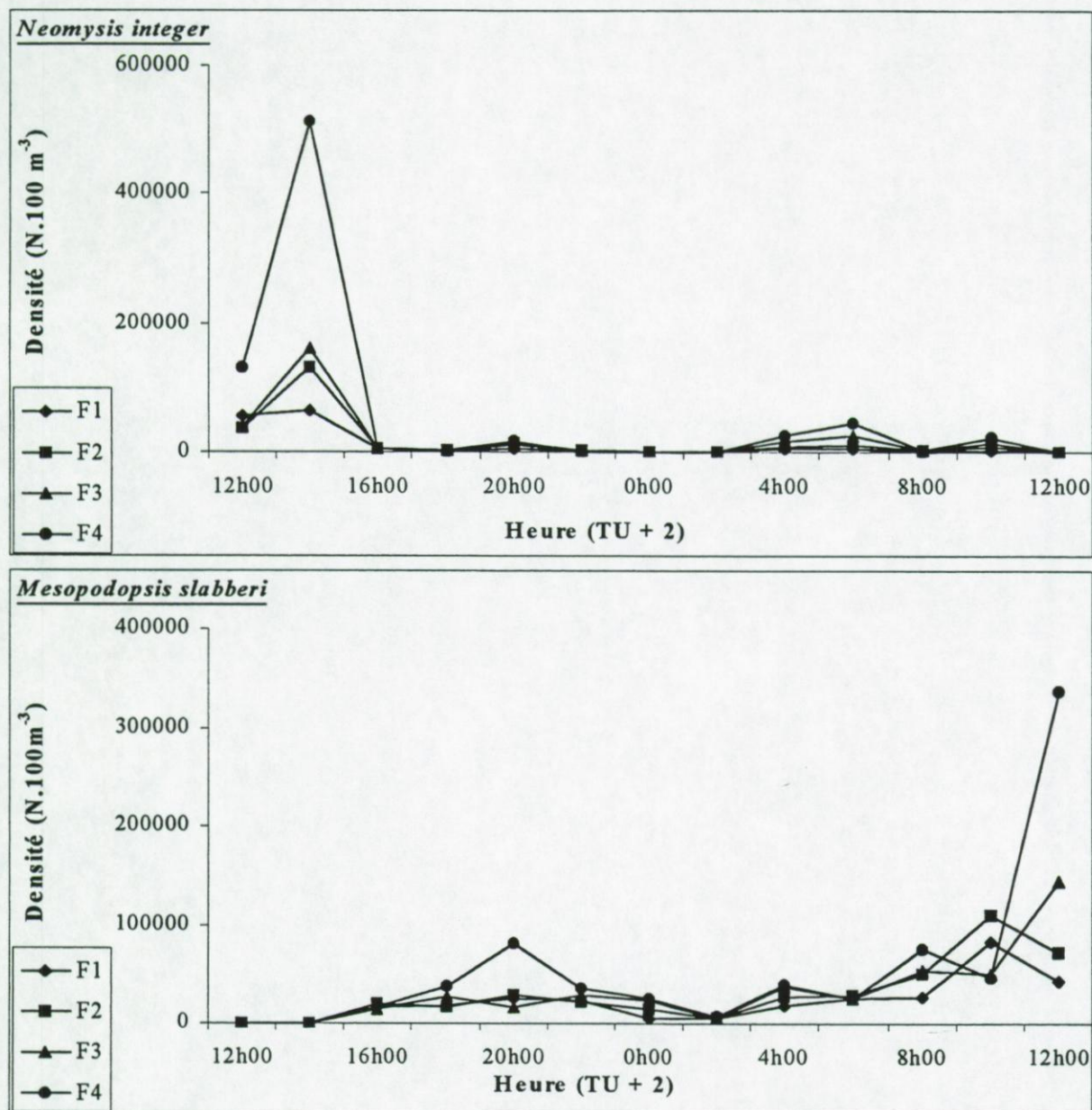


Figure V.3. Evolution journalière de la densité (N. 100m⁻³) des mysidacés *Neomysis integer* et *Mesopodopsis slabberi* dans les quatre filets du traîneau suprabenthique (F4 : filet supérieur ; F1 : filet inférieur), à la station Pont de Normandie au cours du suivi de 24h de septembre 1995.

Le mysidacé *Neomysis integer* présente un seul maximum d'abondance (de 64000 à 512900 ind.100 m⁻³ selon les différents filets du traîneau) observé lors de la première basse mer diurne (Figure V.3.). Les abondances de *Neomysis integer* sont ensuite relativement faibles durant la nuit mais également lors de la deuxième période de basse mer diurne qui n'a cependant pas été échantillonnée pendant toute sa durée puisque cette deuxième basse mer

serait localisée autour de 15h. De plus, les abondances sont en général beaucoup plus fortes dans le filet supérieur (F4) du traîneau, les densités dans les différents filets étant significativement différentes notamment pendant la période de maximum d'abondance (test du khi deux, seuil 0,05) avec des densités croissantes du filet inférieur (F1) au filet supérieur (F4).

Mesopodopsis slabberi présente une évolution journalière quasi similaire avec de faibles abondances pendant la nuit et au moment des pleine mers (Figure V.3.). En revanche, le pic de maximum d'abondance est observé lors de la deuxième période de basse mer diurne avec des densités comprises entre 42700 ind.100 m⁻³ (Filet 1) et 338000 ind.100m⁻³ (Filet 4). De même, un test du khi deux (seuil 0,05) montre qu'il existe des différences significatives entre les densités des quatre filets, les plus fortes abondances étant enregistrées dans le filet supérieur (F4).

Chez les décapodes, *Crangon crangon* montre ses plus fortes densités pendant le jour avec un maximum enregistré à basse mer (entre 570 ind.100 m⁻³ pour le filet F2 et 2500 ind.100 m⁻³ pour le filet F4) (Figure V.4.). De fortes densités sont également observées lors de la période de jusant avant le crépuscule et lors de la deuxième période de basse mer diurne (densités les plus fortes observées dans le filet inférieur F1). De plus, les densités sont significativement différentes entre les quatre filets (test khi deux, seuil 0,05). *Palaemon longirostris* présente deux pics de fortes abondances durant le suivi de 24 heures (Figure V.4.). Le premier pic, observé lors de la basse mer de jour (fin de jusant), est caractérisé par les plus fortes abondances journalières du décapode avec des valeurs comprises entre 980 ind.100 m⁻³ au niveau du filet F2 et 1800 ind.100 m⁻³ pour le filet F4. Le deuxième pic, enregistré pendant la période de basse mer de nuit présente des densités plus faibles de l'ordre de 255 ind.100 m⁻³.

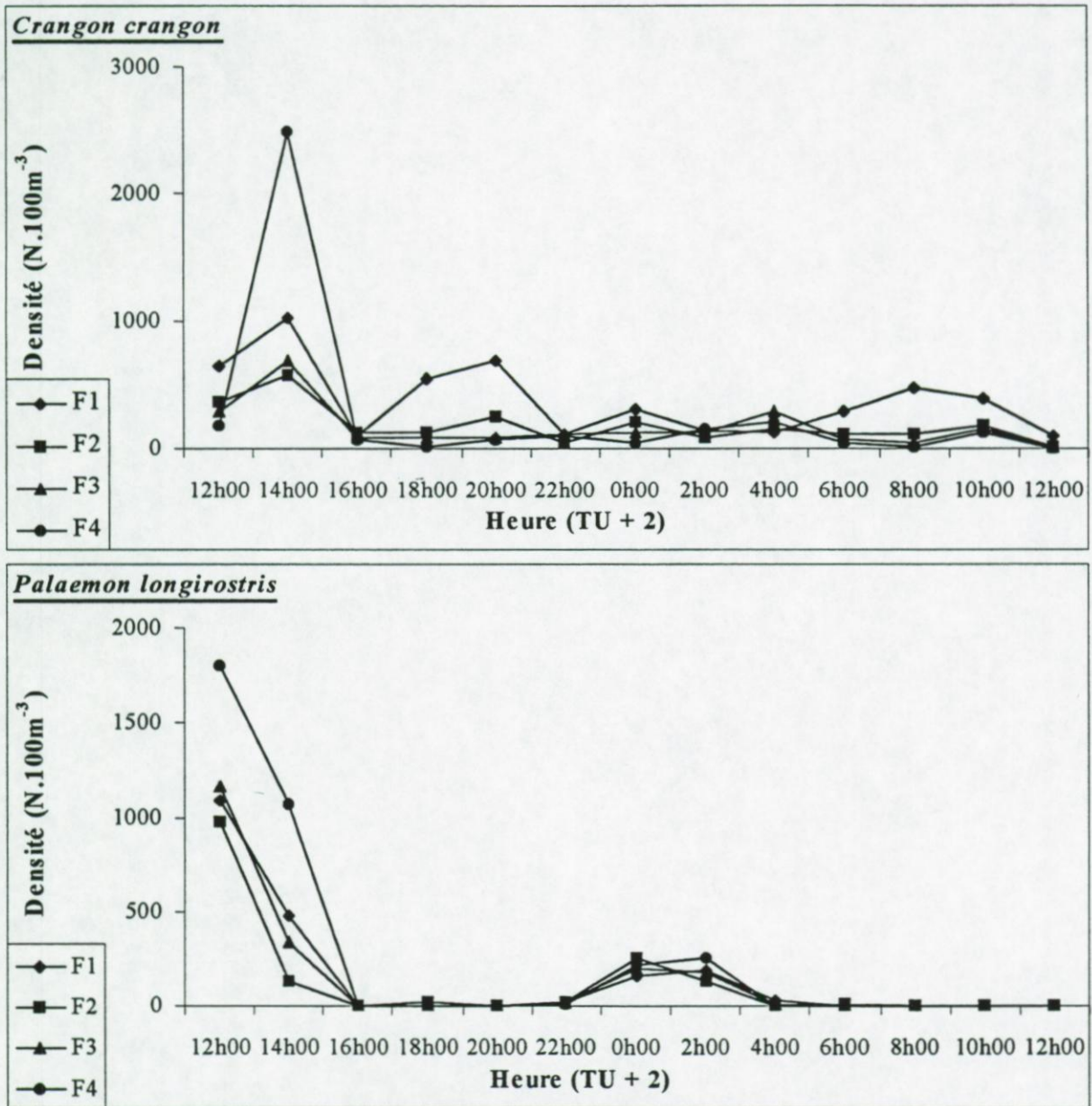


Figure V.4. Evolution journalière de la densité (N. 100m⁻³) des décapodes *Crangon crangon* et *Palaemon longirostris* dans les quatre filets du traîneau suprabenthique (F4 : filet supérieur ; F1 : filet inférieur), à la station Pont de Normandie au cours du suivi de 24h de septembre 1995.

Les abondances de *Palaemon longirostris* sont relativement faibles au cours des périodes de pleine mer de jour comme de nuit (densités maximales de l'ordre de 15 ind.100 m⁻³). Un test U fait apparaître une différence significative entre les densités observées lors de la basse mer de jour et de nuit. D'autre part, un test du khi deux (seuil à 0,05) montre également des différences significatives entre les densités enregistrées dans les quatre filets, le filet 4 présentant les valeurs généralement les plus fortes.

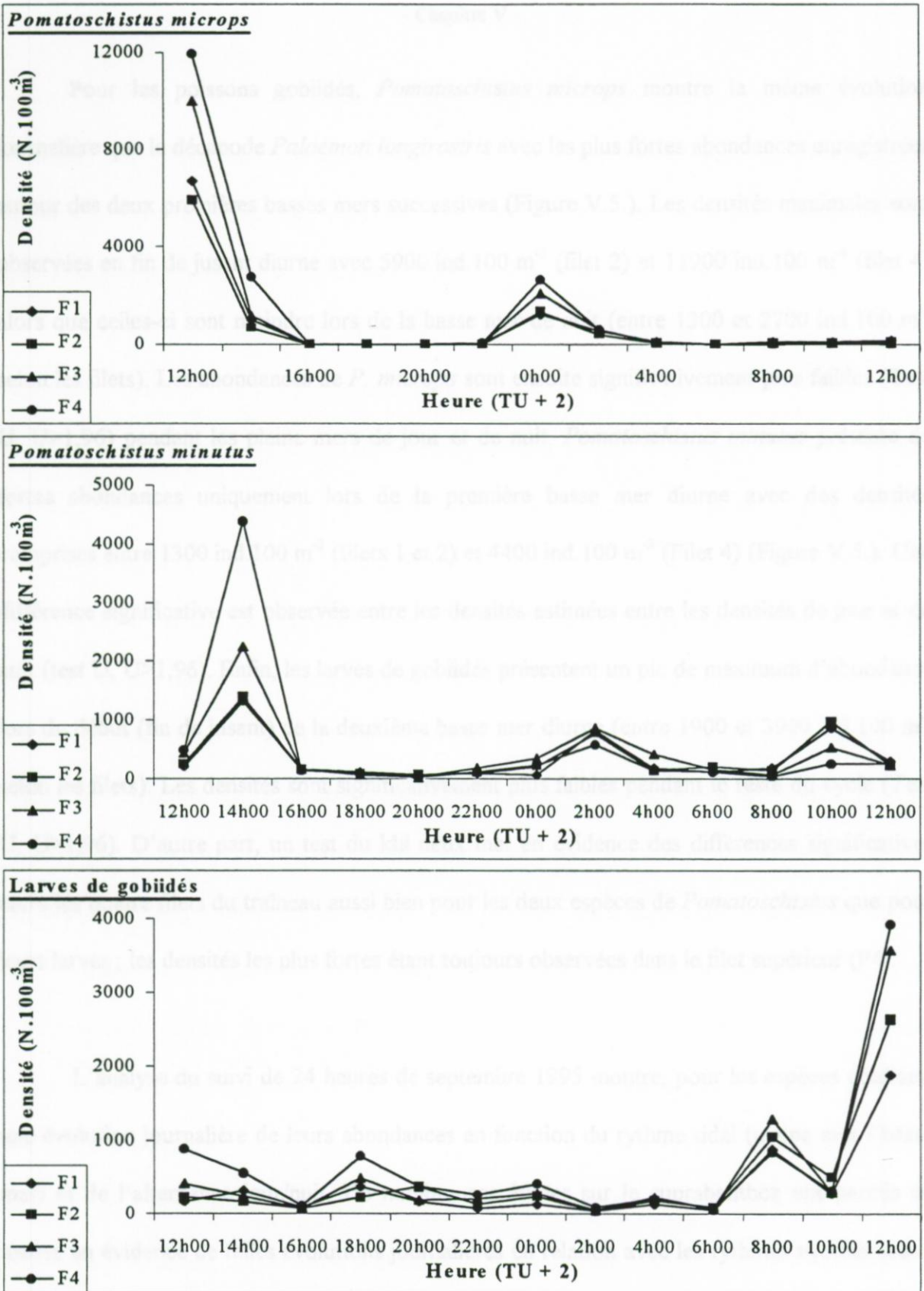


Figure V.5. Evolution journalière de la densité ($N. 100m^{-3}$) des gobiidés *Pomatoschistus microps*, *P. minutus* et de leurs larves dans les quatre filets du traîneau suprabenthique (F4 : filet supérieur ; F1 : filet inférieur), à la station Pont de Normandie au cours du suivi de 24h de septembre 1995.

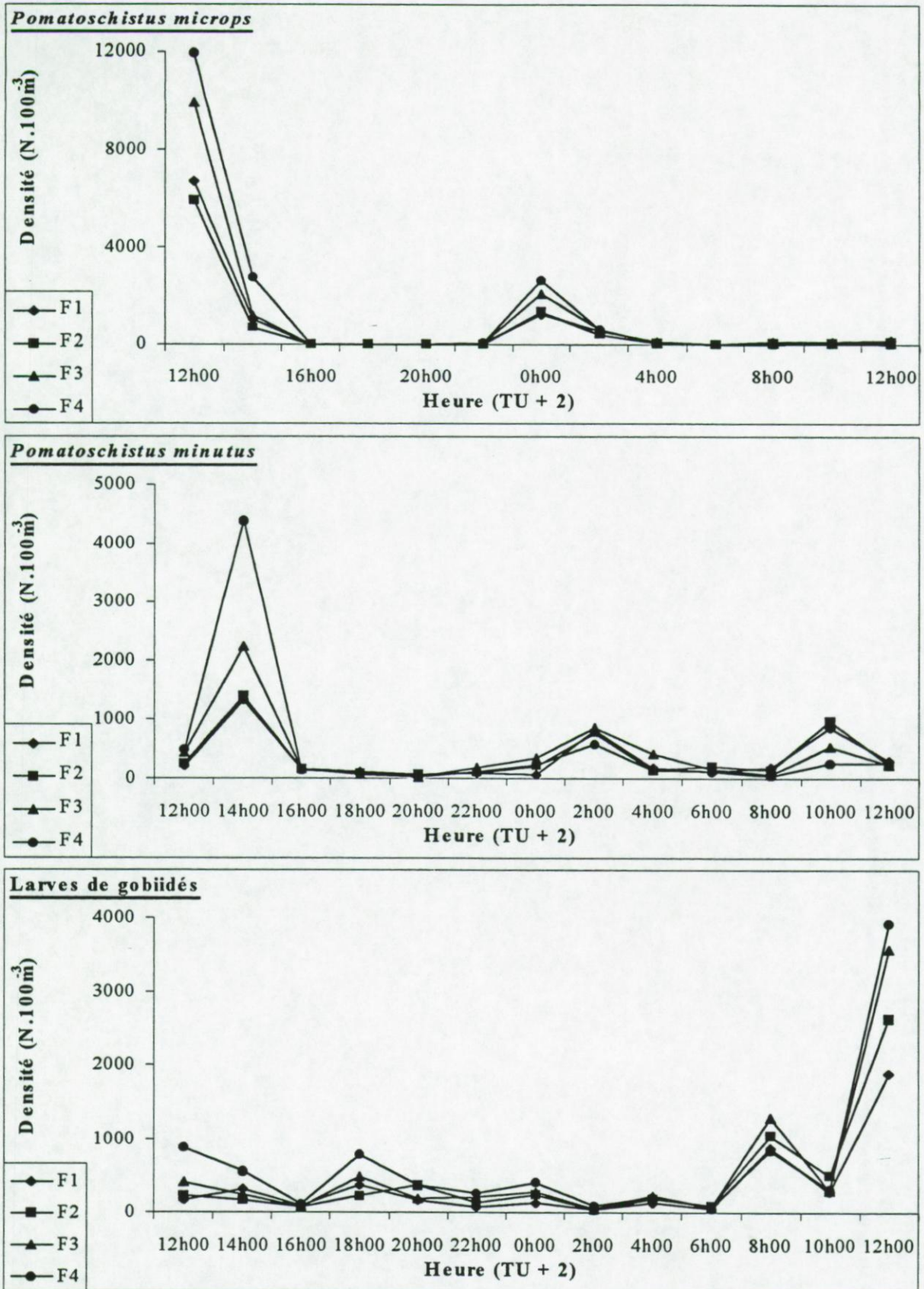


Figure V.5. Evolution journalière de la densité ($N. 100m^{-3}$) des gobiidés *Pomatoschistus microps*, *P. minutus* et de leurs larves dans les quatre filets du traîneau suprabenthique (F4 : filet supérieur ; F1 : filet inférieur), à la station Pont de Normandie au cours du suivi de 24h de septembre 1995.

Pour les poissons gobiidés, *Pomatoschistus microps* montre la même évolution journalière que le décapode *Palaemon longirostris* avec les plus fortes abondances enregistrées autour des deux premières basses mers successives (Figure V.5.). Les densités maximales sont observées en fin de jasant diurne avec 5900 ind.100 m⁻³ (filet 2) et 11900 ind.100 m⁻³ (filet 4) alors que celles-ci sont moindre lors de la basse mer de nuit (entre 1300 et 2700 ind.100 m⁻³ selon les filets). Les abondances de *P. microps* sont ensuite significativement plus faibles (Test U, $U > 1,96$) pendant les pleine mers de jour et de nuit. *Pomatoschistus minutus* présente de fortes abondances uniquement lors de la première basse mer diurne avec des densités comprises entre 1300 ind.100 m⁻³ (filets 1 et 2) et 4400 ind.100 m⁻³ (Filet 4) (Figure V.5.). Une différence significative est observée entre les densités estimées entre les densités de jour et de nuit (test U, $U > 1,96$). Enfin, les larves de gobiidés présentent un pic de maximum d'abondance lors du début (fin de jasant) de la deuxième basse mer diurne (entre 1900 et 3900 ind.100 m⁻³ selon les filets). Les densités sont significativement plus faibles pendant le reste du cycle (Test U, $U > 1,96$). D'autre part, un test du khi deux met en évidence des différences significatives entre les quatre filets du traîneau aussi bien pour les deux espèces de *Pomatoschistus* que pour leurs larves ; les densités les plus fortes étant toujours observées dans le filet supérieur (F4).

L'analyse du suivi de 24 heures de septembre 1995 montre, pour les espèces étudiées, une évolution journalière de leurs abondances en fonction du rythme tidal (pleine mer / basse mer) et de l'alternance jour/nuit. De nombreuses études sur le suprabenthos ont permis de mettre en évidence de telles évolutions journalières en relation avec les rythmes nycthéméraux comme chez les isopodes, les amphipodes ou encore les décapodes (Macquart-Moulin, 1976 ; Fincham & Furlong, 1984 ; Vallet, 1997). Toutes ces études montrent une colonisation de la colonne d'eau par le suprabenthos pendant la nuit puis un retour vers le fond pendant les périodes diurnes. Dans les systèmes estuariens, le couplage rythme journalier et rythme tidal

devient important comme l'ont montré Hough & Naylor (1992) concluant que notamment les mysidacés sont fortement influencés par ce couplage. Plus tôt, Antheunisse *et al.* (1970) avaient montré que le décapode *Palaemonetes varians* possédait des migrations journalières liées aux rythmes tidaux et nycthéméraux. En estuaire de Seine, il semble que le rythme tidal soit prépondérant avec des espèces plus dépendantes des cycles basse mer/pleine mer que de l'alternance jour/nuit. De plus, les abondances généralement plus fortes observées dans le filet supérieur du traîneau suggèrent un certain évitement de la zone en contact avec le fond (filet inférieur F1) où les courants de marée provoquent de fortes remises en suspension susceptibles de gêner les espèces tant pour la nage que pour la nutrition.

Il est important de noter que les évolutions journalières observées en septembre 1995 sont du même ordre que celles enregistrées lors du cycle de 24 heures réalisé en mai 1994 (Mouny, 1995) sauf pour le mysidacé *Mesopodopsis slabberi* qui présente des comportements journaliers variables. En effet, bien que cette espèce soit associée à la partie haline de l'estuaire, il apparaît des maxima d'abondances lors de périodes de basses mers de jour (septembre 1995) comme de nuit (mai 1994). Cette variabilité peut s'expliquer par le comportement de ce mysidacé dont les stades présents dans l'estuaire interne sont des juvéniles ; il est probable que les réponses différentes au cours du cycle de 24h soient liées à la présence de stades adultes associés aux pleines mers et aux stades juvéniles associés aux périodes de basse mer ; seules des analyses plus fines de la population de *Mesopodopsis slabberi* pendant les cycles de 24h pourraient corroborer ou non cette hypothèse. D'autre part, un autre suivi de 24 heures effectué en février 1995 n'a pas fait l'objet d'étude approfondie dans ce travail du fait des très forts débits lors de cette campagne, ceux-ci ayant fortement perturbé le fonctionnement normal du traîneau et par conséquent les échantillonnages.

Afin d'étudier de façon plus précise les activités journalières du suprabenthos en estuaire de Seine et de mettre en évidence les éventuelles stratégies de rétention, des suivis

d'une durée plus importante (72 à 96 heures) seraient intéressants et permettraient contrairement à un cycle de 24 heures d'effectuer des analyses plus fines des évolutions comme ceci a pu être fait pour le zooplancton en estuaire de Seine (Wang & Dauvin, 1994 ; Wang *et al.*, 1994).

V.2.B. Evolution mensuelle

V.2.B.1. Evolution des paramètres démographiques

Au cours du suivi annuel 1996 de la communauté suprabenthique, les deux principaux paramètres démographiques que sont la richesse spécifique (nombre d'espèces suprabenthiques) et la diversité de Shannon (indice H') ont été calculés pour chaque mois et à chaque station d'échantillonnage.

En terme de richesse spécifique, deux types d'évolutions longitudinales sont observées sur l'année (Figure V.6.). Le premier schéma correspond à la tendance générale observée avec une augmentation progressive du nombre d'espèces de l'amont vers l'aval. Ce type d'évolution est ainsi observé en hiver avec au maximum, dans la zone la plus haline échantillonnée, un nombre d'espèces variant entre 12 et 5 puis des valeurs minimales dans la station la plus amont de l'ordre de 3-4 espèces. En été, ce même schéma est enregistré avec toujours le plus grand nombre d'espèces au niveau de la station la plus aval (8-10 espèces) pour 3-4 espèces dans la partie la moins salée (Figure V.6.). De même, en automne le nombre d'espèces suprabenthiques récoltées le long du gradient de salinité diminue de l'aval (10 à 12 espèces) vers l'amont (2 à 4 espèces). Le deuxième schéma ne s'observe qu'au printemps, où le plus grand nombre d'espèces, de l'ordre de 8 à 12, est identifié dans la partie moyenne de l'estuaire (salinités de fond comprises entre 15,0 et 5,0 P.S.U.).

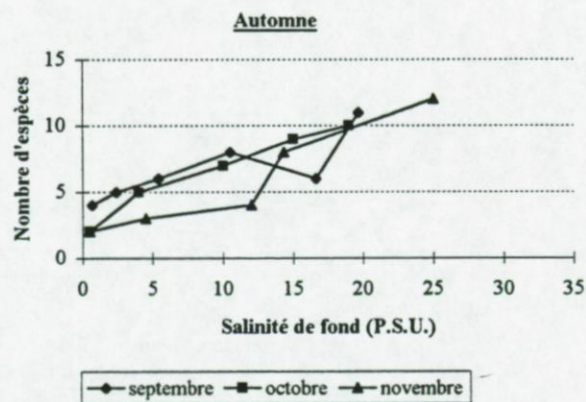
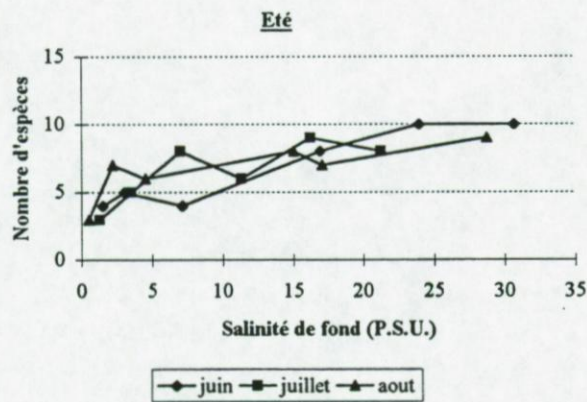
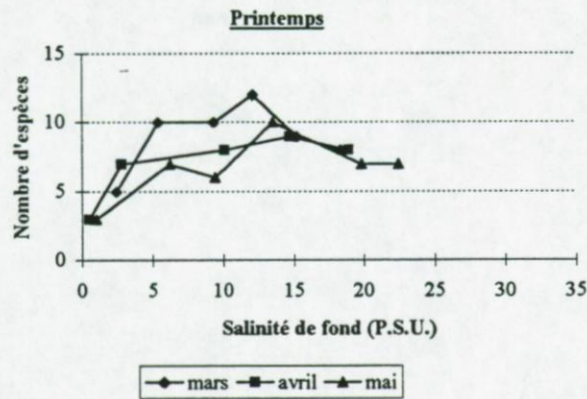
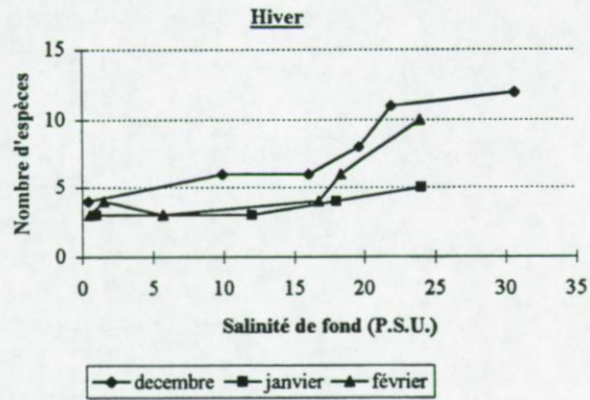


Figure V.6. Evolution longitudinale du nombre d'espèces suprabenthiques le long du gradient de salinité au cours des quatre saisons du cycle annuel de 1996 en estuaire de Seine.

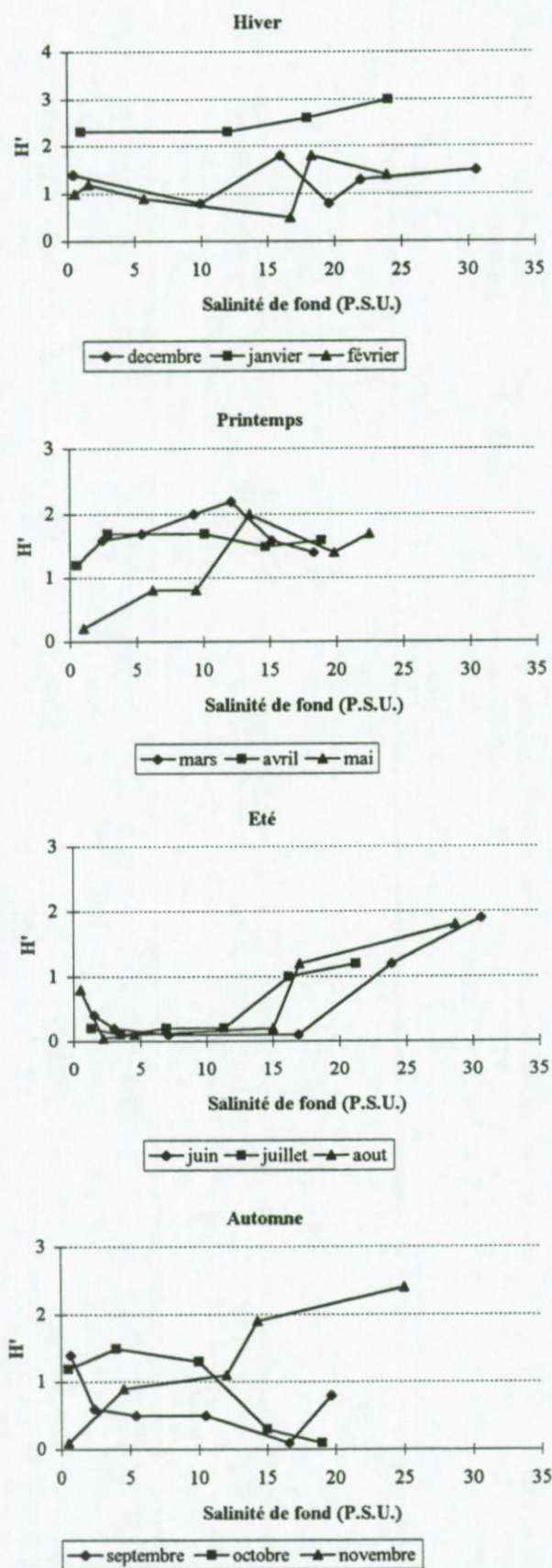


Figure V.7. Evolution longitudinale de l'indice de Shannon le long du gradient de salinité au cours des quatre saisons du cycle annuel de 1996 en estuaire de Seine.

En hiver, janvier présente les plus fortes valeurs hivernales de H' sur tout le gradient de salinité (3 à 2,3) avec une décroissance de l'indice de Shannon observée de l'aval vers l'amont (Figure V.7.). Cette décroissance n'est pas enregistrée lors des deux autres mois hivernaux (décembre et février) pendant lesquels on observe les plus fortes valeurs de H' de l'ordre de 1,8 dans la partie centrale de l'estuaire (salinités comprises entre 20,0 et 15,0 P.S.U.). Au printemps, la décroissance aval-amont n'est jamais observée (Figure V.7.). L'indice de Shannon printanier présente ses valeurs maximales variant entre 1,7 (avril) et 2,2 (mars), dans la zone de salinité de fond comprises entre 15,0 et 10,0 P.S.U. (partie moyenne de l'estuaire). Lors de la période estivale, une décroissance de H' de l'aval (compris entre 1,2 en juillet et 1,9 en juin) vers l'amont (0,2 en juillet à 0,8 en août) est observée pour les trois mois. En automne, seule la campagne du mois de novembre présente une décroissance aval-amont de l'indice de Shannon (valeur maximale de 2,4 et minimale de 0,1). En revanche, en septembre et octobre, le schéma inverse d'évolution longitudinale de H' est observé avec une augmentation de l'aval vers l'amont ($H'=0,1$ en octobre et 0,8 en septembre dans la zone la plus aval et 1,2 à 1,5 respectivement en septembre et octobre dans la partie amont de l'estuaire (salinités de fond inférieures à 5,0 P.S.U.).

En résumé, en terme de richesse spécifique, la communauté suprabenthique de l'estuaire de la Seine présente deux types d'évolutions au cours d'un cycle annuel. Le schéma le plus couramment observé tout au long de l'année se caractérise par une diminution progressive du nombre d'espèces de l'aval vers l'amont. La forte richesse spécifique observée dans la zone aval est liée à la présence de nombreuses espèces d'amphipodes (gammaridés par exemple) et de mysidacés (*Gastrosaccus spinifer* et *Schistomysis* spp.) communes en baie de Seine (Vallet, 1997). En revanche, seulement quelques espèces (*Neomysis integer*, *Palaemon longirostris* et *Pomatoschistus microps* notamment) sont adaptées aux conditions relativement

difficiles de la partie amont de l'estuaire (forte turbidité, dessalure). En fait, cette décroissance est principalement due à une monotonisation de la communauté en entrant dans l'estuaire. Les principales causes de ce phénomène sont d'une part la dessalure et d'autre part les aménagements de l'estuaire interne. En effet, la dessalure a créé un appauvrissement en espèces, les espèces marines supportant difficilement les variations importantes de salinité. Les aménagements de l'estuaire sont également sans doute responsables de cette réduction d'espèces, en effet il est probable que le dragage régulier du chenal de navigation empêche toute colonisation de l'estuaire moyen par les amphipodes (nombreux dans la partie aval, dans les sédiments sablo-vaseux) par exemple (Mouny *et al.*, 1998).

Au printemps, l'augmentation du nombre d'espèces suprabenthiques dans la partie moyenne de l'estuaire traduit en fait la pénétration d'espèces euryhalines (localisées dans la baie de Seine et dans la zone aval de l'estuaire) comme les décapodes (*Crangon crangon*, *Carcinus maenas*) et les mysidacés (*Anchialina agilis*, *Gastrosaccus spinifer*, *Mesopodopsis slabberi* et *Schistomysisspp.*), phénomènes également observé dans l'Ems (Mees, 1994). Cette intrusion d'espèces d'affinité marine dans la partie moyenne de l'estuaire peut s'expliquer par la présence pendant cette période de très fortes abondances de copépodes et autres sources nutritionnelles.

La diversité, estimée par l'indice de Shannon, est sous l'influence d'une part du nombre d'espèces et d'autre part de la proportion des espèces dominantes dans l'estuaire comme le mysidacé *Neomysis integer*, le décapode *Palaemon longirostris* et le gobiidé *Pomatoschistus microps*. Ainsi, les diminutions de l'indice de Shannon observées en zone amont sont liées à une décroissance du nombre d'espèces et à la présence de fortes abondances d'une à trois espèces dominantes dans cette zone. De plus, les valeurs de l'indice de Shannon relativement plus fortes dans la zone aval sont dues à la présence d'un plus grand nombre d'espèces (cf. discussion sur l'évolution du nombre d'espèces) sans qu'aucune de ces espèces ne présentent

de dominance marquée. Les plus fortes valeurs de H' observées au printemps dans la partie moyenne de l'estuaire sont directement liées à la pénétration d'espèces marines de l'estuaire qui minimisent ainsi l'effet des espèces dominantes (*Neomysis integer* et *Palaemon longirostris*) sur l'indice.

V.2.B.2. Evolution annuelle de la communauté

V.2.B.2.a. Structure spatio-temporelle de la communauté

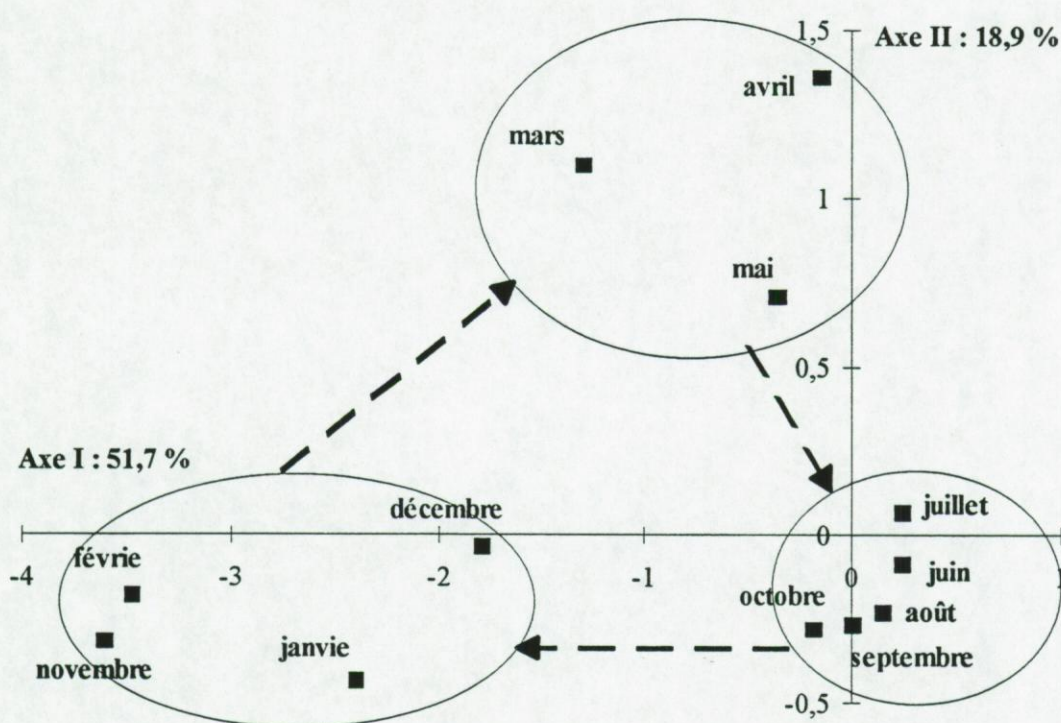


Figure V.8. Représentation graphique des deux premiers axes (Axe I et Axe II) de l'Analyse Factorielle des Correspondances réalisée sur les lignes de la matrice de contingence.

Une analyse factorielle des correspondances a été réalisée sur les densités moyennées sur tout le gradient de salinité pour chaque mois de l'année 1996 (17 mêmes espèces et 12 mois) (Tableau V.III.). La figure V.8. décrit la représentation du plan factoriel des deux premiers axes I et II qui représentent respectivement 51,7 et 18,9 % de l'inertie totale. Cette analyse fait apparaître clairement la présence d'un cycle annuel d'évolution de la communauté démersale. En effet, trois groupes distincts peuvent être identifiés d'après la représentation

graphique de l'AFC. Le premier groupe est constitué des trois mois printaniers (mars, avril, mai), le deuxième ensemble regroupe les mois estivaux (juin, juillet, août et septembre) mais également le début de l'automne (octobre). Le troisième groupe peut-être considéré comme un ensemble automno-hivernal (novembre à février).

D'autre part la classification ascendante hiérarchique (Figure V.9.) permet de mettre en évidence trois groupements distincts d'espèces (codes des espèces listés dans le tableau V.III.). Le premier groupe (GI) est composé du décapode *Palaemon longirostris*, des poissons *Pomatoschistus microps* et *Anguilla anguilla* et de l'amphipode *Corophium volutator*.

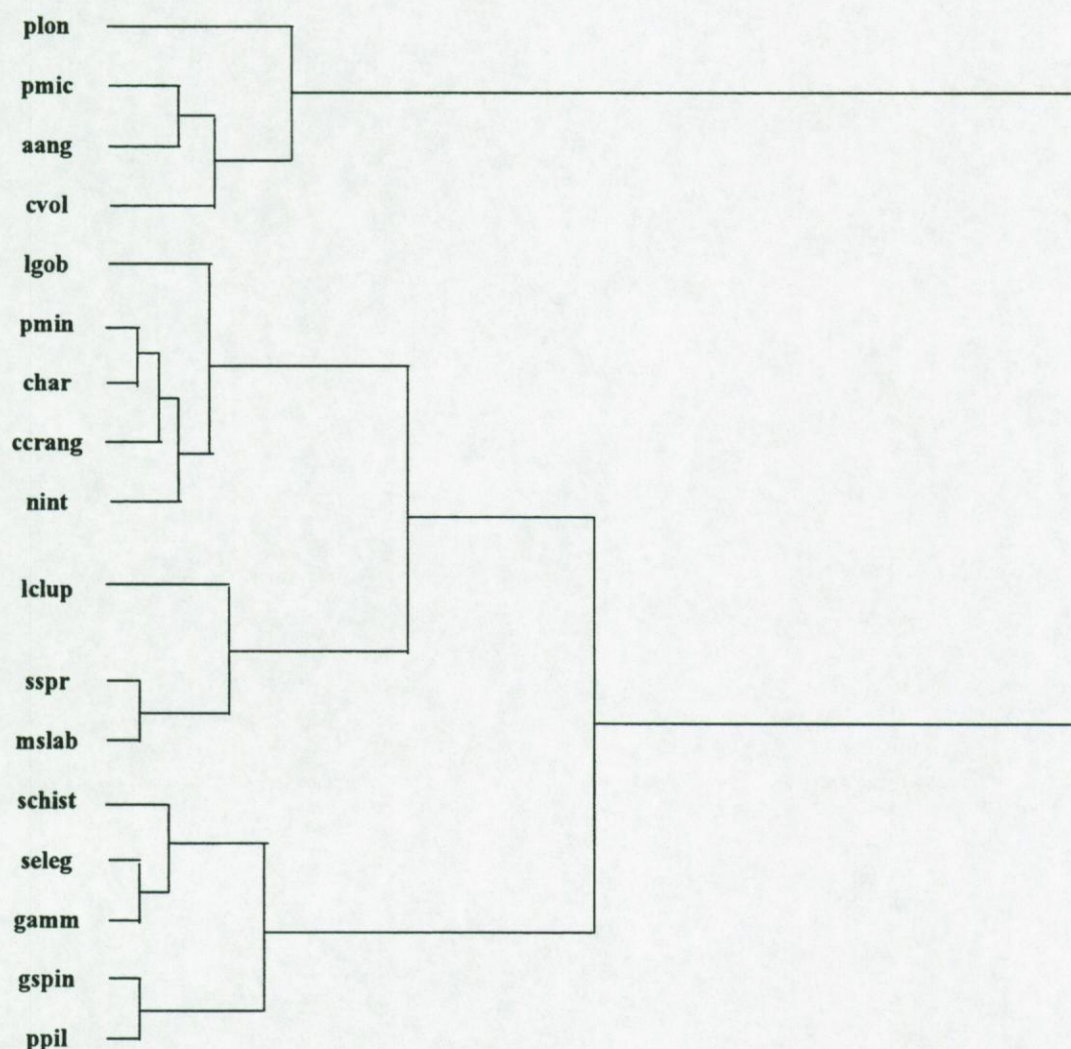


Figure V.9. Classification ascendante hiérarchique réalisée sur la matrice de densités des principales espèces échantillonnées par le traîneau (suprabenthos, macrozooplancton et necton) en 1996. Codes des espèces dans le tableau V.V.

Le deuxième ensemble (GII), le plus important (8 espèces), regroupe les poissons pélagiques comme les clupéidés *Clupea harengus*, *Sprattus sprattus* ainsi que leurs larves mais également les larves de gobiidés et *Pomatoschistus minutus*. Ce groupe est également composé des espèces principales de mysidacés *Neomysis integer* et *Mesopodopsis slabberi*. Le décapode *Crangon crangon* est également présent dans ce groupe. Enfin, le troisième ensemble (GIII) est essentiellement composé d'espèces à forte affinité marine comme les mysidacés du genre *Schistomysis* et *Gastrosaccus spinifer*, les amphipodes gammaridés, le chaetognathe *Sagitta elegans* et le cténaire *Pleurobrachia pileus*.

Tableau V.III. Liste et codes des espèces utilisées dans les différentes analyses statistiques (AFC, ACC).

Espèces	Codes
<i>Pleurobrachia pileus</i>	ppil
<i>Corophium volutator</i>	cvol
Gammaridés	gamm
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	gspe
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	mslab
<i>Neomysis integer</i>	nint
<i>Schistomysis</i> spp.	schist
<i>Crangon crangon</i>	ccrang
<i>Palaemon longirostris</i>	plon
<i>Sagitta elegans</i>	seleg
<i>Anguilla anguilla</i>	aang
<i>Clupea harengus</i>	char
<i>Pomatoschistus microps</i>	pmic
<i>Pomatoschistus minutus</i>	pmin
<i>Sprattus sprattus</i>	sspr
Larves de clupéidéss	lclup
Larves de gobiidés	lgob

En conclusion, l'analyse d'ordination révèle la présence de trois groupes d'espèces (suprabenthos, macrozooplancton et necton additionnés) et trois groupes de situations annuelles dans l'estuaire de la Seine depuis sa partie marine jusqu'aux eaux douces du fleuve

mettant en évidence le gradient halin de l'estuaire. Au niveau spatial, le premier groupe identifié (GI) et traduisant la zone oligohaline de l'estuaire est composé des deux espèces dominantes de la zone amont de l'estuaire (*Palaemon longirostris* et *Pomatoschistus microps*) et de deux espèces régulièrement récoltées dans cette zone (zone oligohaline) traduisant leur pénétration très amont dans l'estuaire. Cette pénétration dans l'estuaire amont de l'anguille (*Anguilla anguilla*), observée également par Mees (1994) dans la Gironde, reflète ses migrations vers les eaux douces. En revanche, la présence de l'amphipode *Corophium volutator* (bien que prélevé régulièrement dans les stations amont de l'estuaire) reste difficile à interpréter.

Le deuxième groupe (GII) se compose des espèces qui présentent au cours de l'année des déplacements dans l'estuaire et dont la localisation préférentielle s'observe dans la partie mésohaline de l'estuaire comme les différents poissons pélagiques et les décapodes qui pénètrent en estuaire pour s'y reproduire et s'y nourrir.

Le troisième, et dernier, ensemble regroupe les espèces marines échantillonnées au cours de l'année dans la partie aval de l'estuaire, correspondant à la zone polyhaline, où sont observées les plus fortes salinités. Toutes ces espèces sont communes dans la baie de Seine notamment à la station F (débouché en mer de l'estuaire) également étudiée en 1996 (Mouny *et al.*, 1997).

V.2.B.2.b. Evolution annuelle de la composition quantitative

Tout au long de l'année, deux mysidacés dominent le suprabenthos, *Neomysis integer* qui représente de 9,4 % (novembre 1996) à 82,1 % (décembre 1996) de la taxocenose suprabenthique et *Mesopodopsis slabberi* qui représente au maximum 29 % de cette communauté (mars) (Tableau V.IV.).

Tableau V.IV. Evolution annuelle de la composition en pourcentage du suprabenthos, du necton, du macrozooplancton et des principales espèces suprabenthiques en estuaire de Seine au cours de l'année 1996 (moyennes des stations de chaque radiale). - : % < 0,1.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Mysidacés												
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	0,3	1,6	29,0	22,6	9,3	15,6	15,7	14,1	0,5	-	0,3	3,9
<i>Neomysis integer</i>	66,1	18,9	26,3	44,4	48,8	65,9	82,1	68,6	86,1	66,7	9,4	44,8
Décapodes												
<i>Crangon crangon</i>	-	1,4	0,6	0,2	0,3	0,8	0,2	0,8	1,1	0,9	1,0	0,7
<i>Palaemon longirostris</i>	33,0	28,9	12,0	10,6	1,4	1,4	0,1	12,9	8,2	25,4	58,8	21,3
Poissons												
<i>Pomatoschistus microps</i>	0,5	19,6	5,1	3,5	1,0	0,1	0,2	0,2	2,4	5,6	14,6	10,5
<i>Pomatoschistus minutus</i>	-	5,2	0,5	0,2	-	-	0,6	0,7	1,6	1,2	1,3	1,2
Suprabenthos	99,5	98,1	93,3	87,5	76,7	77,5	98,5	98,7	99,0	99,3	97,4	97,5
Macrozooplancton	-	0,3	6,4	12,5	23,2	22,4	1,4	1,2	0,9	0,6	2,3	1,8
Necton	0,5	1,6	0,3	-	0,1	-	0,1	0,1	0,1	-	0,3	0,7

Les décapodes et les poissons sont peu représentatifs du suprabenthos de l'estuaire au cours de l'année. Seulement 1,4 %, au maximum, de la communauté est composée de *Crangon crangon* (février) ; *Palaemon longirostris* représente de 0,1 % (juillet) à 58,8 % (novembre) du suprabenthos. De même, les deux gobiidés principaux échantillonnés dans l'estuaire ne composent que faiblement le suprabenthos au cours du cycle annuel (maximum de 19,6 % pour *Pomatoschistus microps* et de 5,2 % pour *P. minutus* en février). Lorsque l'on inclut toutes les espèces échantillonnées par le traîneau (en terme de densité) et que celles-ci sont séparées suivant leur appartenance au suprabenthos, macrozooplancton et necton, on s'aperçoit que le suprabenthos est très majoritaire (de 76,7 à 99,5 % de la densité totale) tout au long de l'année (Tableau V.IV.). En revanche, le macrozooplancton et le necton ne représentent respectivement qu'au maximum 23,2 % (mai : dominance du cténaire *Pleurobrachia pileus*) et 1,6 % (février) de la densité totale échantillonnée par le traîneau.

En résumé, le mysidacé *Neomysis integer* domine nettement la communauté suprabenthique tout au long de l'année excepté en février et novembre où le décapode *Palaemon longirostris* devient dominant dans la communauté. Une co-dominance des deux mysidacés principaux (*Neomysis integer* et *Mesopodopsis slabberi*) est également observée dans l'estuaire en mars. De plus, les espèces suprabenthiques dominent largement dans l'estuaire de la Seine (en terme de densités) tout au long de l'année. Toutefois, le macrozooplancton se fait plus représentatif au printemps (mai et juin) avec la présence et la pénétration dans la partie aval de l'estuaire du cténaire *Pleurobrachia pileus* (Wang *et al.*, 1995).

V.2.B.2.c. Evolution annuelle des abondances

Les évolutions annuelles des abondances totales (moyennes de toutes les stations, des principales espèces suprabenthiques ainsi que les larves de gobiidés, le cténaire *Pleurobrachia*

pileus et le chaetognathe *Sagitta elegans* sont données pour le suivi annuel de 1996 dans la figure V.10.

La densité totale (intégrant toutes les espèces échantillonnées par le traîneau) présente des valeurs maximales estivales (juin, juillet et août) comprises entre 29200 et 30300 ind.100 m⁻³. Le reste de l'année est caractérisé par des densités totales beaucoup plus faibles ne dépassant pas 450 ind.100 m⁻³. La figure V.11. présente l'évolution longitudinale de la densité totale (faune démersale) le long du gradient de salinité au cours de 1996. La faune démersale montre un maximum d'abondance dans la zone de salinité de fond comprise entre 15,0 et 10,0 P.S.U. (incluse dans la zone mésohaline) lors de huit mois de l'année (mars à juillet et de septembre à décembre). Deux mois de l'année (février et août) sont caractérisés par des abondances maximales dans la zone oligohaline (salinités inférieures à 8,0 P.S.U.) ; les deux autres mois présentent, quand à eux, deux pics de fortes densités de la faune démersale : janvier avec de fortes abondances en zone polyhaline et mésohaline, mars avec les valeurs maximales enregistrées en zone mésohaline et oligohaline. L'évolution annuelle de la densité totale est sous l'influence directe du mysidacé *Neomysis integer* dont les abondances sont maximales lors de cette même période estivale (de l'ordre de 26000 ind.100 m⁻³), densités ensuite relativement faibles au cours de l'année (inférieures à 400 ind.100 m⁻³). Le deuxième mysidacé important de l'estuaire de la Seine, *Mesopodopsis slabberi*, présente ses fortes abondances uniquement en juillet avec 4000 ind.100 m⁻³ après une augmentation progressive au cours du printemps. Le reste de l'année se caractérise par de faibles densités de *Mesopodopsis slabberi* (densités minimales inférieures à 8 ind.100 m⁻³).

Deux périodes de fortes abondances du décapode *Crangon crangon* sont observées, au cours de l'année, dans l'estuaire de la Seine (Figure V.10.) au printemps (155 ind.100 m⁻³ en mai) et en fin d'été (80 ind.100 m⁻³ en août et septembre).

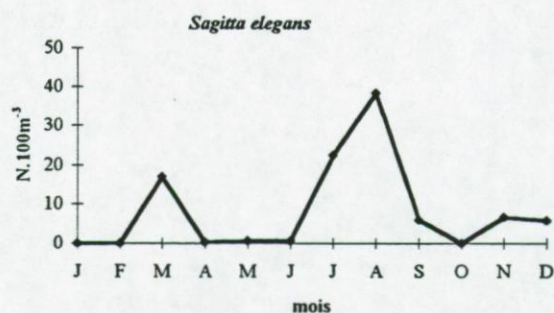
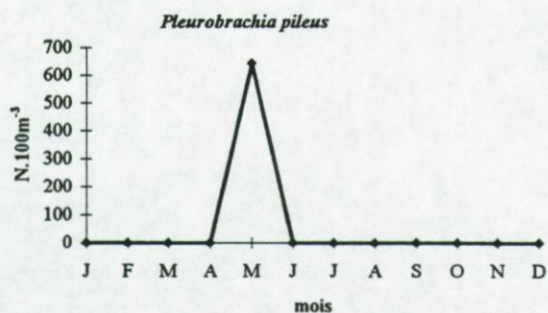
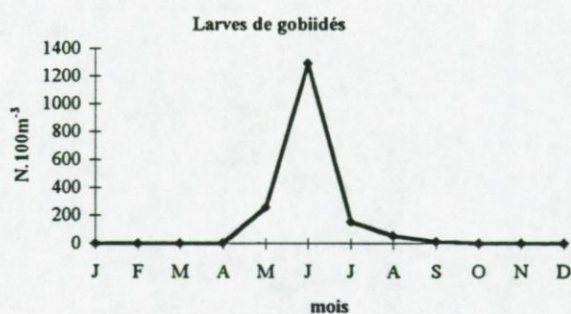
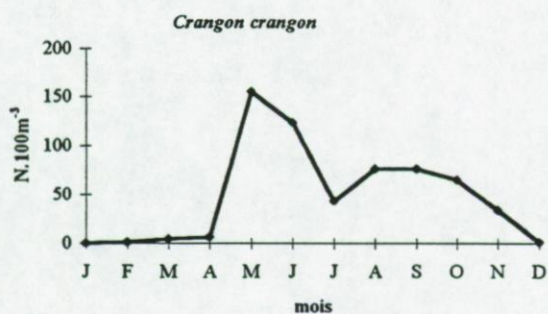
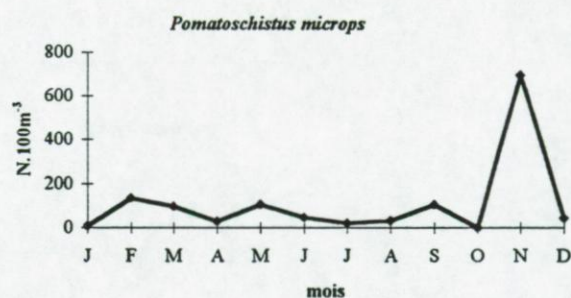
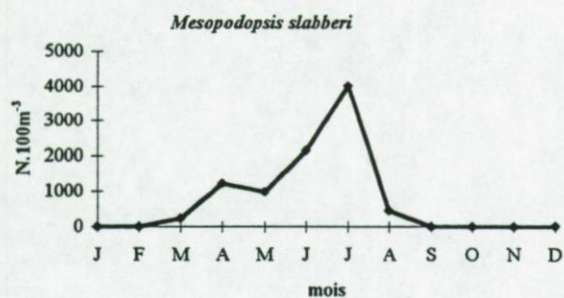
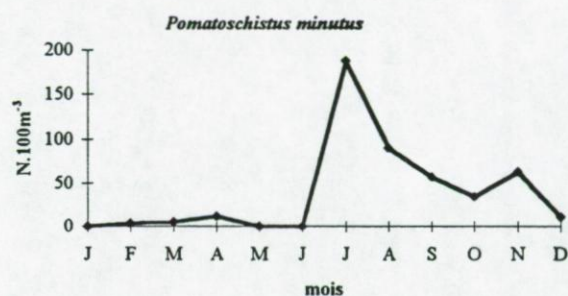
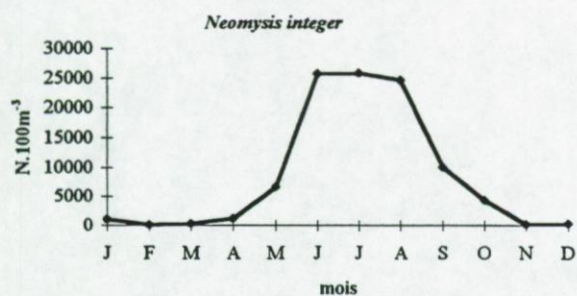
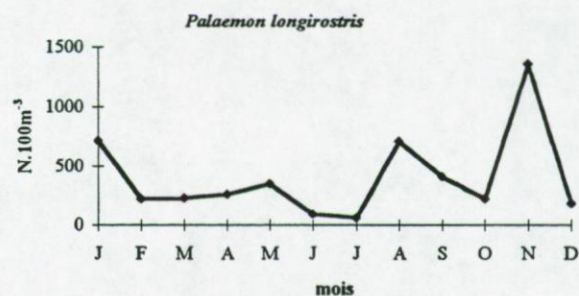
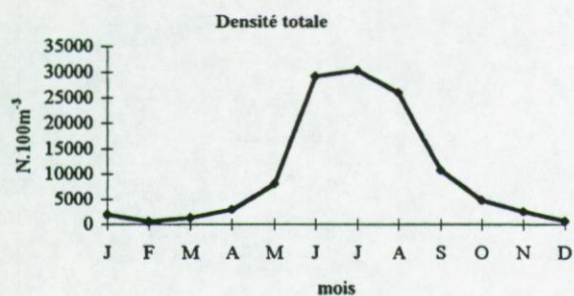


Figure Y.10. Evolution annuelle de la densité totale et des principales espèces (N.100m⁻³) échantillonnées par le traîneau au cours de l'année 1996 en estuaire de Seine.

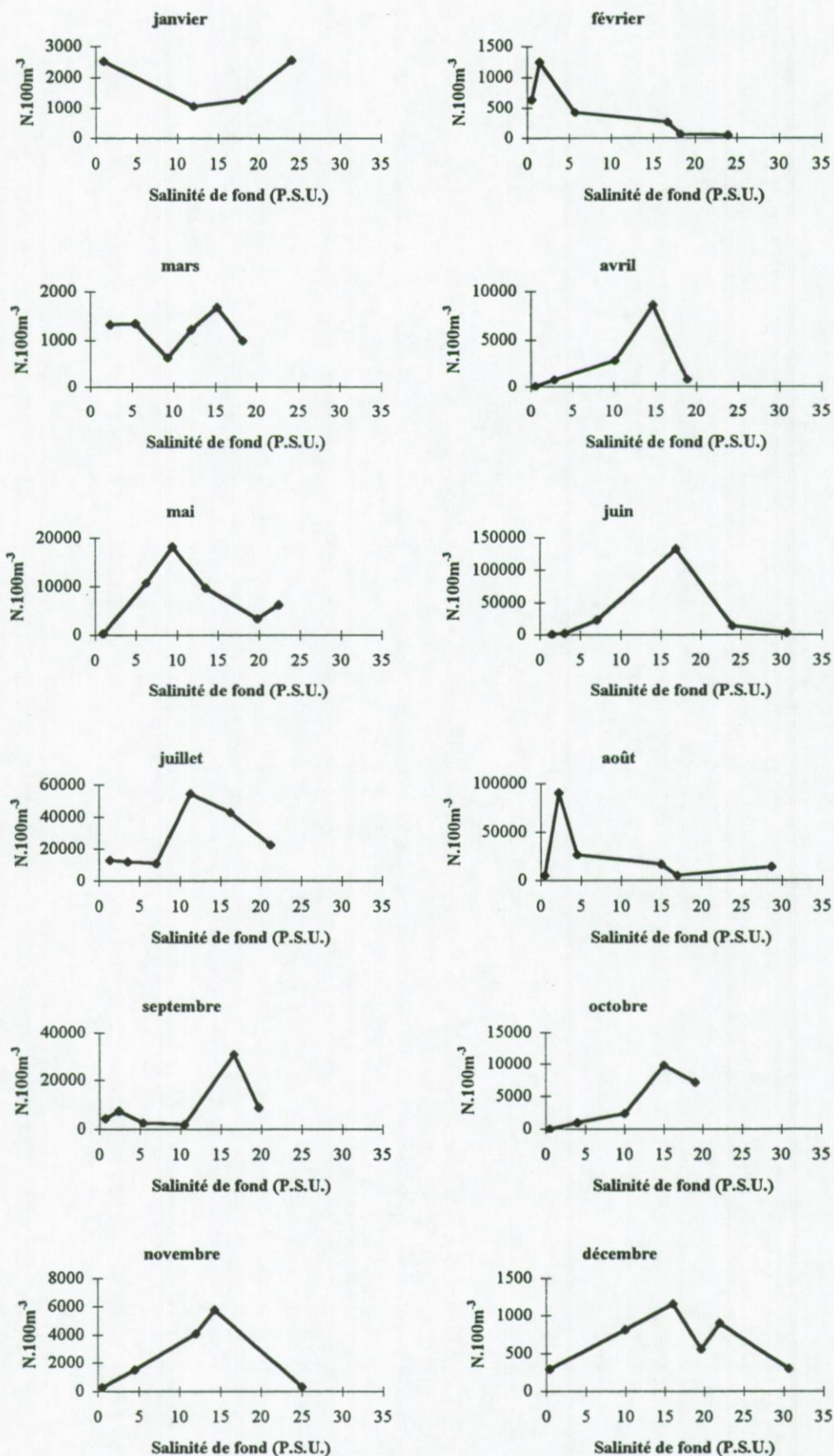


Figure V.11. Evolution annuelle de la densité totale (N. 100 m⁻³) de la faune démersale le long du gradient de salinité lors de l'année 1996.

En revanche, *Palaemon longirostris* montre une évolution annuelle de ces densités plus variables. De fortes abondances sont enregistrées en janvier (720 ind.100 m⁻³), puis en mai (350 ind.100 m⁻³) et en août (710 ind.100 m⁻³) et enfin un maximum en novembre de l'ordre de 1360 ind.100 m⁻³.

Chez les gobiidés, *Pomatoschistus microps* présente également des fluctuations de densité entre des minima voisins de zéro et des fortes abondances comprises entre 100 et 130 ind.100 m⁻³ en février, mai et septembre avec un seul pic de fortes abondances en novembre avec 700 ind.100 m⁻³ (Figure V.10.). *Pomatoschistus minutus*, ainsi que les larves de gobiidés, présentent un seul pic annuel de fortes abondances enregistré en juillet (190 ind.100m⁻³) pour *P. minutus* et en juin (1290 ind.100m⁻³) pour les larves ; le reste de l'année étant caractérisé par de faibles abondances aussi bien pour *P. minutus* (densités de l'ordre de 10 ind.100m⁻³) que pour les larves de gobiidés (densités minimales inférieures à 15 ind.100m⁻³).

Les espèces suprabenthiques présentent en général leurs plus fortes abondances dans l'estuaire de la Seine pendant la période de fin de printemps et d'été comme le mysidacé *Neomysis integer* qui présente ces plus fortes abondances dans l'estuaire pendant l'été (juin, juillet et août). Toutefois, le décapode *Palaemon longirostris* ainsi que le gobiidé *Pomatoschistus microps* sont abondamment prélevés en novembre. Ceci peut être lié à l'hydrodynamisme du fleuve au cours de 1996. En effet, les faibles débits enregistrés pendant l'année ont permis à ces deux espèces euryhalines de remonter très en amont dans l'estuaire, l'augmentation des débits en début d'hiver ayant induit un transport vers l'aval des deux espèces. De plus, il faut noter que les évolutions annuelles chaotiques des abondances de ces deux espèces en estuaire de Seine ont également été observées dans la Loire (Marchand, 1981) pour *Palaemon longirostris* et dans l'estuaire de l'Ythan (Healey, 1972) pour *P. microps*. Il est vraisemblable que ces schémas d'évolution annuelle soient la résultante d'une synergie

entre les paramètres physico-chimiques de l'estuaire (température, débits fluviaux) et les paramètres trophiques impliquant des migrations aval-amont et amont-aval dans l'estuaire comme le souligne Marchand (1981) en estuaire de Loire.

V.2.C. Evolution pluriannuelle

Tableau V.V. Comparaison pluriannuelle des abondances totales, suprabenthiques et des principales espèces suprabenthiques ($N.100m^{-3}$) en février 1995 et 1996, mai 1994 et 1996, septembre 1995 et 1996 en estuaire de Seine.

	février		mai		septembre	
	1995	1996	1994	1996	1995	1996
Densité totale	382	454	4707	8167	5772	9448
Densité totale suprabenthique	320	446	4463	7109	5734	9367
Mysidacés						
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	0	1	99	874	10	38
<i>Neomysis integer</i>	275	68	3463	4466	5435	8592
Décapodes						
<i>Crangon crangon</i>	6	1	220	165	34	101
<i>Palaemon longirostris</i>	18	224	27	232	108	408
Gobiidés						
<i>Pomatoschistus microps</i>	0	133	626	99	54	104
<i>Pomatoschistus minutus</i>	17	3	8	0	23	116

En février, les densités totales et suprabenthiques sont du même ordre de grandeur lors de la campagne réalisée en 1996 (densité totale : $454 \text{ ind.}100 \text{ m}^{-3}$ et densité suprabenthique : $446 \text{ ind.}100 \text{ m}^{-3}$) et en 1995 où les valeurs de densités totales et suprabenthiques sont respectivement de 382 et $320 \text{ ind.}100 \text{ m}^{-3}$ (Tableau V.V.). Cependant, *Neomysis integer* et *Pomatoschistus minutus* présentent des densités plus fortes en 1995 qu'en 1996 tandis que *Mesopodopsis slabberi* et *Crangon crangon* sont quasi absents de l'estuaire aussi bien en 1995 qu'en 1996. Les deux espèces caractéristiques de l'estuaire amont, *Palaemon longirostris* et *Pomatoschistus microps*, présentent des densités nettement plus fortes en 1996. Lors des campagnes printanières (mai), les densités totales et suprabenthiques sont presque deux fois

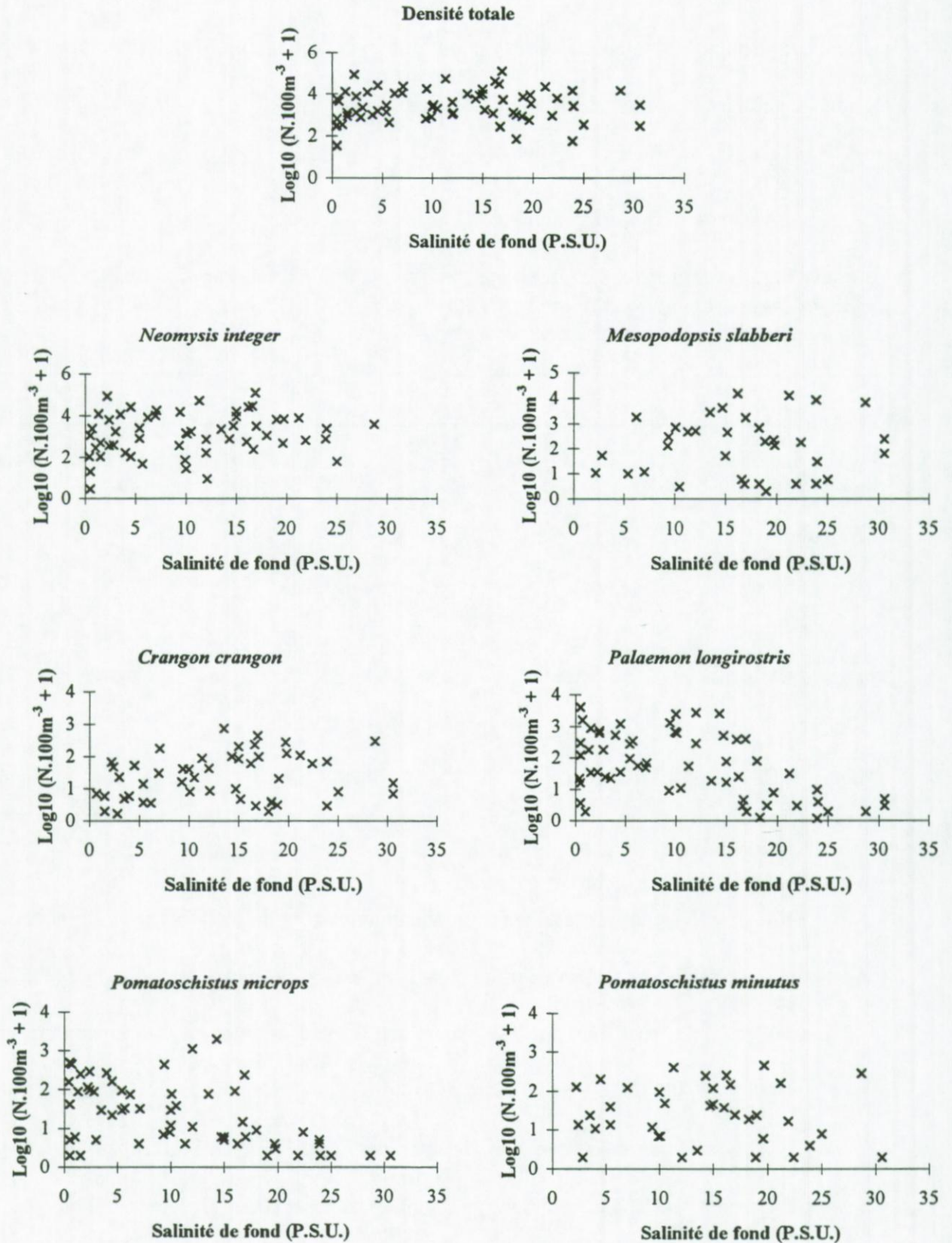


Figure V.12. Structure longitudinale de la communauté suprabenthique et des principales espèces la composant le long du gradient de salinité en 1996.

plus élevées en 1996 qu'en 1994. Cette même tendance est également observée pour la plupart des espèces suprabenthiques étudiées mise à part pour le décapode *Crangon crangon* et le gobiidé *Pomatoschistus microps* dont les densités sont plus importantes en mai 1994 qu'en 1996. Pour septembre, aussi bien pour les densités totales et suprabenthiques que pour les différentes espèces étudiées, les plus fortes valeurs sont enregistrées lors de la campagne réalisée en 1996 où elles sont le plus souvent proche du double de celles estimées en 1995 (Tableau V.V.).

En résumé, la communauté suprabenthique présente des fluctuations, en terme d'abondance, au cours du temps. Ces fluctuations sont difficilement interprétables avec les seules données acquises sur trois ans. Toutefois, l'évolution pluriannuelle de la communauté suprabenthique de l'estuaire de la Seine doit être corrélée avec les éventuelles modifications des paramètres du milieu (débit, température notamment) qui induisent soit un comportement différent des principales espèces soit une fluctuation dans la réussite de leurs recrutements. Un suivi à long terme de l'estuaire permettrait de mettre en évidence cette éventuelle dérive de l'écosystème sous l'impact des actions anthropiques régionales (aménagement) ou planétaires (effet de serre).

V.3. Structure de la communauté suprabenthique et relation avec les paramètres environnementaux

V.3.A. Structure de la communauté

La densité totale présente une répartition longitudinale vaste le long du gradient de salinité (Figure V.12.). Les fortes abondances sont aussi bien observées dans la zone

oligohaline (salinité de fond comprise entre 0,0 et 8,0 P.S.U.) que dans la zone mésohaline (salinité de fond comprise entre 8,0 et 25,0 P.S.U.). Le mysidacé *Neomysis integer*, dont les densités au cours de l'année influencent directement les densités totales observées, présente la même structure longitudinale avec une forte présence dans les eaux douces (partie amont) jusqu'aux eaux de salinités de fond de l'ordre de 25,0 P.S.U. *Mesopodopsis slabberi*, *Crangon crangon* et *Pomatoschistus minutus* présentent les mêmes structures longitudinales.

En effet, ces trois espèces sont observées dans les eaux de salinités de fond comprises entre 0,0 et 25,0 P.S.U. avec toutefois de plus fortes abondances dans la zone mésohaline ($8,0 < S < 25,0$ P.S.U.). En revanche, les deux espèces *Palaemon longirostris* et *Pomatoschistus microps* sont plutôt localisées dans la partie amont de l'estuaire où elles présentent notamment leurs plus fortes densités dans les eaux de salinité de fond inférieure à 15,0 P.S.U. (Figure V.12.).

Ainsi il existe, pour les principales espèces suprabenthique de l'estuaire de la Seine, trois schémas de structure longitudinale. i) Les espèces d'affinité marine (*Mesopodopsis slabberi*, *Crangon crangon* et *Pomatoschistus minutus*) sont abondantes dans la partie moyenne de l'estuaire (salinité de fond entre 8,0 et 25,0 P.S.U.). ii) Les deux espèces caractéristiques de la zone amont (*Palaemon longirostris* et *P. microps*) ne pénètrent quasiment pas dans la partie la plus salée de l'estuaire tandis que iii) le mysidacé *Neomysis integer*, qui est une espèce euryhaline, colonise tout l'estuaire.

On peut également conclure qu'il existe, d'après les différents résultats obtenus sur les répartitions des espèces suprabenthiques en estuaire de Seine, une seule communauté suprabenthique typiquement estuarienne composée du mysidacé *Neomysis integer*, du décapode *Palaemon longirostris* et du gobiidé *Pomatoschistus microps*. Ces trois espèces sont

une constante dans tous les prélèvements effectués en estuaire de Seine au cours des campagnes réalisées pour ce travail.

En estuaire de Seine, les principales espèces suprabenthiques sont signalées sur tout le gradient longitudinal de salinité. Seul le décapode *Palaemon longirostris* présente une aire de répartition particulière en Seine puisque celui-ci, contrairement aux autres grands estuaires nord européens, est rencontré des eaux marines (30,0 P.S.U. de salinité de fond) aux eaux douces du fleuve (Tableau V.VI).

Tableau V.VI. Distribution estivale (août) des principales espèces suprabenthiques dans les quatre grands estuaires nord européens (Ems et Escaut (Pays-Bas) ; Seine et Gironde (France) le long du gradient de salinité de fond (P.S.U.).

	Ems Mees (1994)	Escaut Mees (1994)	Seine Présente étude	Gironde Mees (1994)
<i>Neomysis integer</i>	25-1	21-8	30-0	18-0
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	30-0	30-10	30-2	30-0
<i>Crangon crangon</i>	30-0	30-0	30-2	30-0
<i>Palaemon longirostris</i>	8-0	-	30-0	8-0
<i>Pomatoschistus microps</i>	27-1	27-10	30-0	18-0

Ces aires de répartitions des différentes espèces ainsi que la variabilité de celles-ci dans différents estuaires peuvent être corrélées avec les paramètres du milieu (salinité, turbidité et oxygène dissous notamment) dont l'impact n'est pas forcément le même dans les différents estuaires.

V.3.B. Relation paramètres environnementaux et structure de la communauté

Afin étudier le rôle des principaux facteurs (salinité, turbidité et oxygène dissous) sur la répartition des principales espèces suprabenthiques en estuaire de Seine, une analyse canonique

des correspondances a été effectuée ainsi que des relations de corrélation entre ces paramètres et les abondances des différentes espèces étudiées (Mysidacés, décapodes et gobiidés).

V.3.B.1. Analyse canonique

Des Analyses Canoniques des Correspondances (ACC) ont été réalisées sur quatre matrices de données différentes (suprabenthos total : 17 espèces ; mysidacés : 5 espèces ; décapodes : 3 espèces et gobiidés : 2 espèces). Seules les stations où tous les paramètres retenus pour les analyses sont enregistrés ont été prises en compte soit 53 stations (cf. Chapitre I : Matériel et Méthode).

L'ACC effectuée sur la communauté suprabenthique totale montre que les différents paramètres environnementaux pris en compte dans cette analyse n'expliquent que 10 % de la variance de la matrice. La décomposition de cette variance expliquée par les facteurs du milieu fait apparaître que la salinité de fond représente 6,2 % de celle-ci alors que la turbidité de fond et l'oxygène dissous de fond ne représentent respectivement que 2,1 et 1,7 % (Figure V.13.) ; la salinité de fond est le seul facteur significatif (test de Monte Carlo, $P \leq 0,05$).

Pour la matrice Mysidacés (*Anchialina agilis*, *Gastrosaccus spinifer*, *Mesopodopsis slabberi* et *Neomysis integer*), les trois facteurs environnementaux étudiés expliquent 25,8 % de la variance de la matrice décomposée en 18,8 % pour la salinité de fond (statistiquement significatif par le test de Monte carlo à $P \leq 0,05$), 5,8 % pour l'oxygène dissous de fond et 1,2 % pour la turbidité de fond (ces deux derniers facteurs n'étant pas significatifs) (Figure V.13.).

Chez les décapodes (*Carcinus maenas*, *Crangon crangon* et *Palaemon longirostris*), 41,3 % de la variance est expliquée par les trois facteurs étudiés du milieu. Les deux paramètres environnementaux statistiquement significatifs sont la salinité de fond et la turbidité de fond qui expliquent respectivement 26,8 et 13,2 % de la variance (test de Monte Carlo,

$P \leq 0,05$) ; l'oxygène dissous de fond ne représente que 1,3 % de cette variance (non significatif pour $P \leq 0,05$).

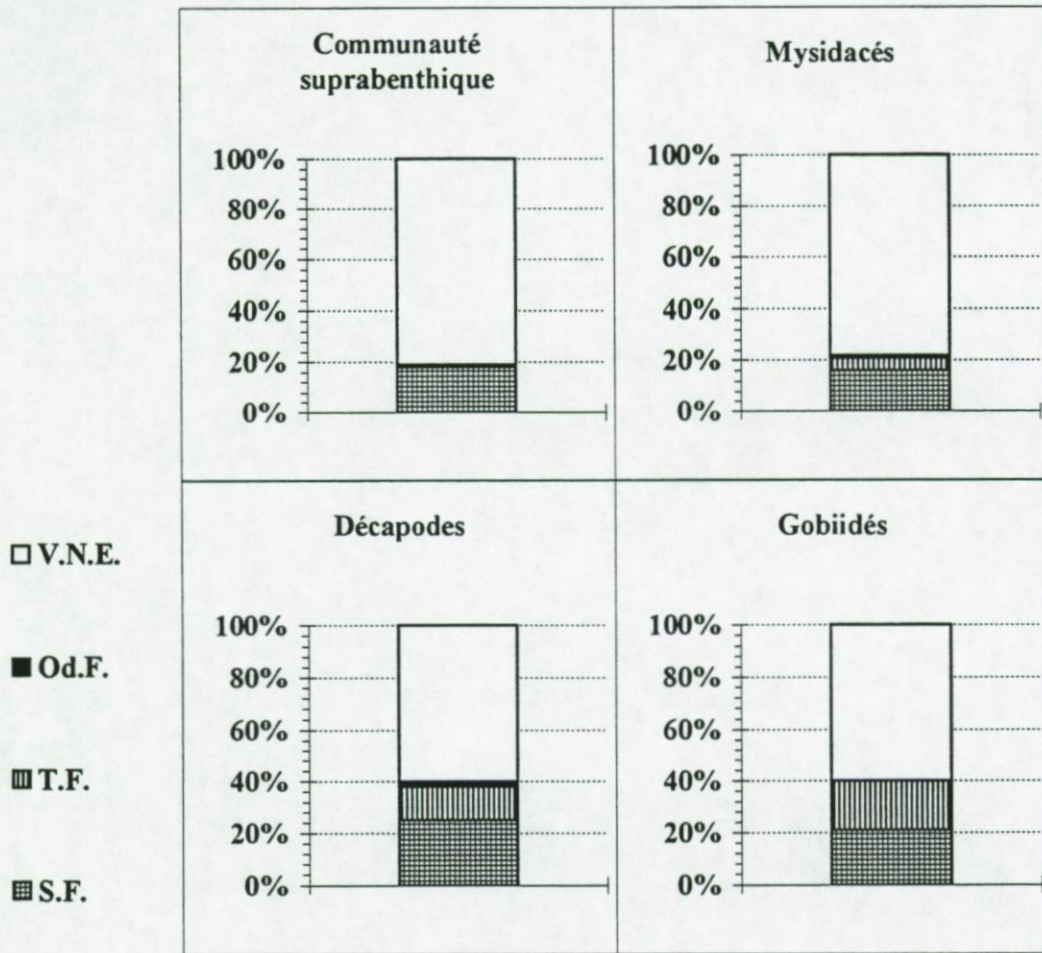


Figure V.13. Représentations graphiques (en pourcentage) des Analyses Canoniques des Correspondances réalisées sur différentes matrices de données (suprabenthos total, mysidacés, décapodes et gobiidés) avec trois paramètres environnementaux. S.F. : Salinité de fond ; T.F. : Turbidité de fond ; Od.F. : Oxygène dissous de fond et V.N.E. : Variance non expliquée.

Enfin, pour les gobiidés (*Pomatoschistus microps* et *P. minutus*), les deux mêmes facteurs environnementaux que pour les décapodes sont statistiquement significatifs. Ainsi, la salinité de fond et la turbidité de fond représentent 27,1 et 24,5 % de la variance. L'oxygène dissous de fond ne représente que 0,2 % de cette variance soit un total de 51,7 % de la variance de la matrice gobiidé expliquée par ces trois paramètres du milieu (Figure V. 13.).

Afin de voir plus précisément les relations existantes entre les trois paramètres importants du milieu : salinité de fond, turbidité de fond et oxygène dissous de fond, des relations de corrélation ont été établies entre ces différents facteurs et les principales espèces composant la communauté suprabenthique de l'estuaire de la Seine.

V.3.B.2. Salinité de fond

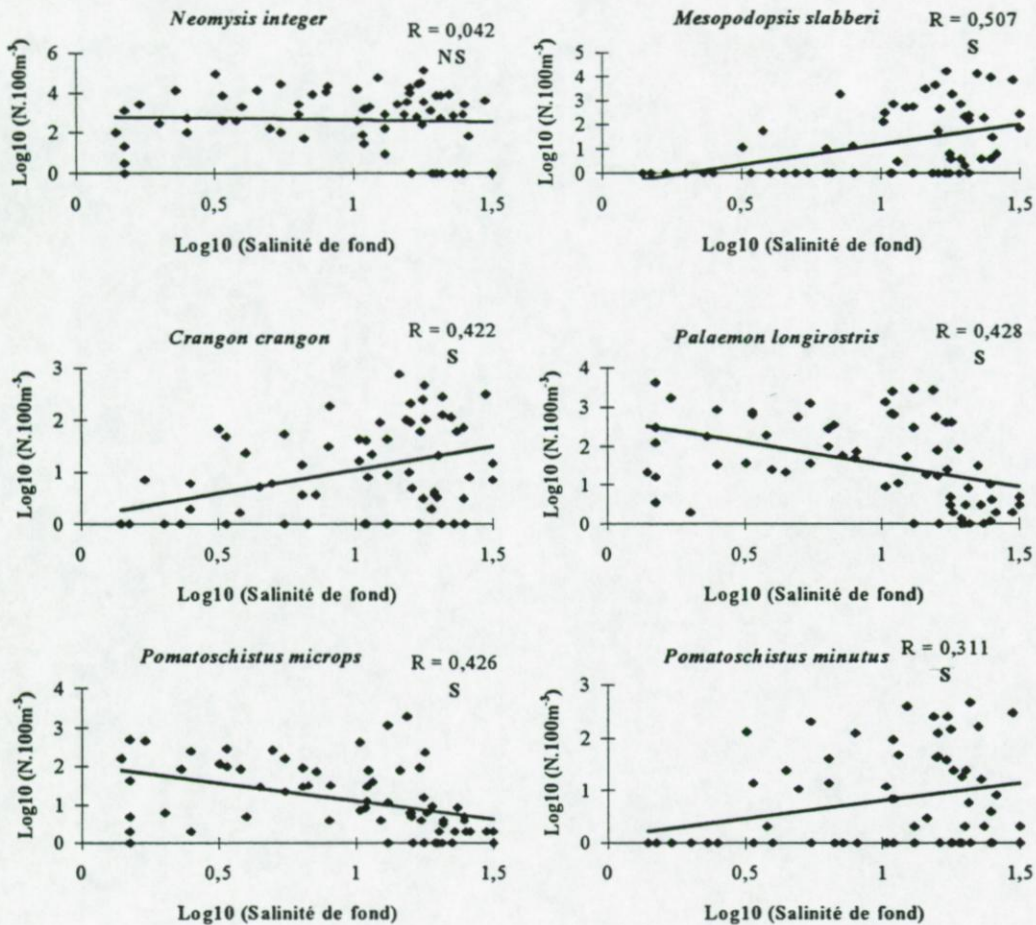


Figure V.14. Représentation graphique des relations de corrélation entre les abondances des principales espèces suprabenthiques (mysidacés *Neomysis integer* et *Mesopodopsis slabberi* ; décapodes : *Crangon crangon* et *Palaemon longirostris* ; gobiidés : *Pomatoschistus microps* et *P. minutus*) et la salinité de fond (P.S.U.) en estuaire de Seine. S : corrélation significative et NS : corrélation non significative (test t, seuil 0,05).

Le mysidacé *Neomysis integer* est la seule espèce suprabenthique à ne pas présenter de corrélation statistiquement significative avec la salinité. En revanche, *Pomatoschistus microps*

et *Palaemon longirostris* présentent une corrélation significative entre l'augmentation des abondances et la diminution de la salinité de fond (Figure V.14.).

Le décapode *Crangon crangon*, le mysidacé *Mesopodopsis slabberi* et le poisson *P. minutus* montrent également une corrélation significative avec la salinité de fond (Test t, seuil 5 %) mais contrairement aux deux espèces citées précédemment, on observe une augmentation des abondances avec l'augmentation de la salinité de fond.

V.3.B.3. Turbidité de fond

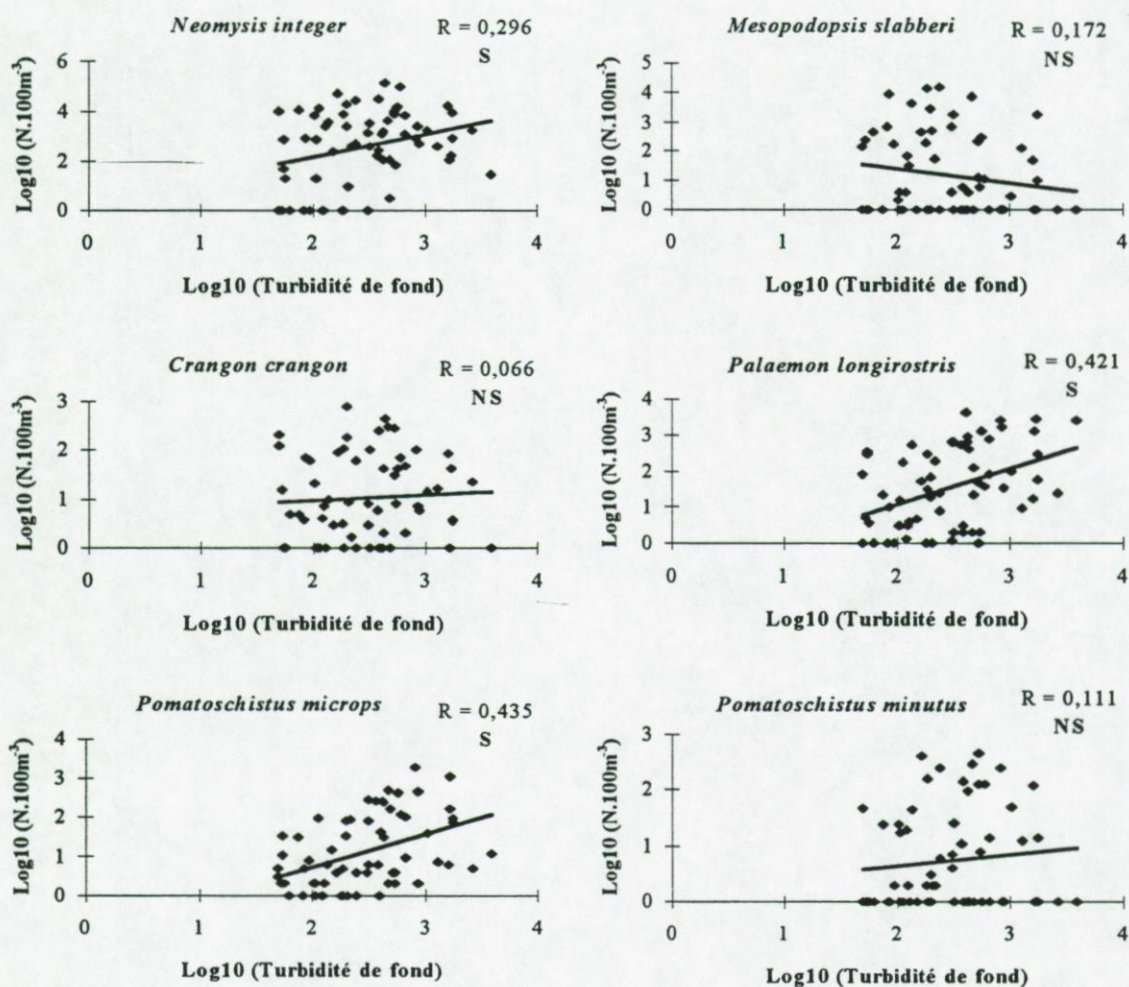


Figure V.15. Représentation graphique des relations de corrélation entre les abondances des principales espèces suprabenthiques (mysidacés *Neomysis integer* et *Mesopodopsis slabberi* ; décapodes : *Crangon crangon* et *Palaemon longirostris* ; gobiidés : *Pomatoschistus microps* et *P. minutus*) et la turbidité de fond (mg.l^{-1}) en estuaire de Seine. S : corrélation significative et NS : corrélation non significative (test t, seuil 0,05).

En ce qui concerne la turbidité de fond (Figure V.15.), les trois espèces communes de la partie aval de l'estuaire (*Crangon crangon*, *Mesopodopsis slabberi* et *Pomatoschistus minutus*) ne présentent pas de relations significatives avec ce paramètre (test t, seuil 0,05) alors que celles-ci deviennent statistiquement significatives pour les espèces abondantes de la partie mésohaline et oligohaline de l'estuaire (*Palaemon longirostris*, *Neomysis integer* et *P. microps*).

V.3.B.4. Oxygène dissous de fond

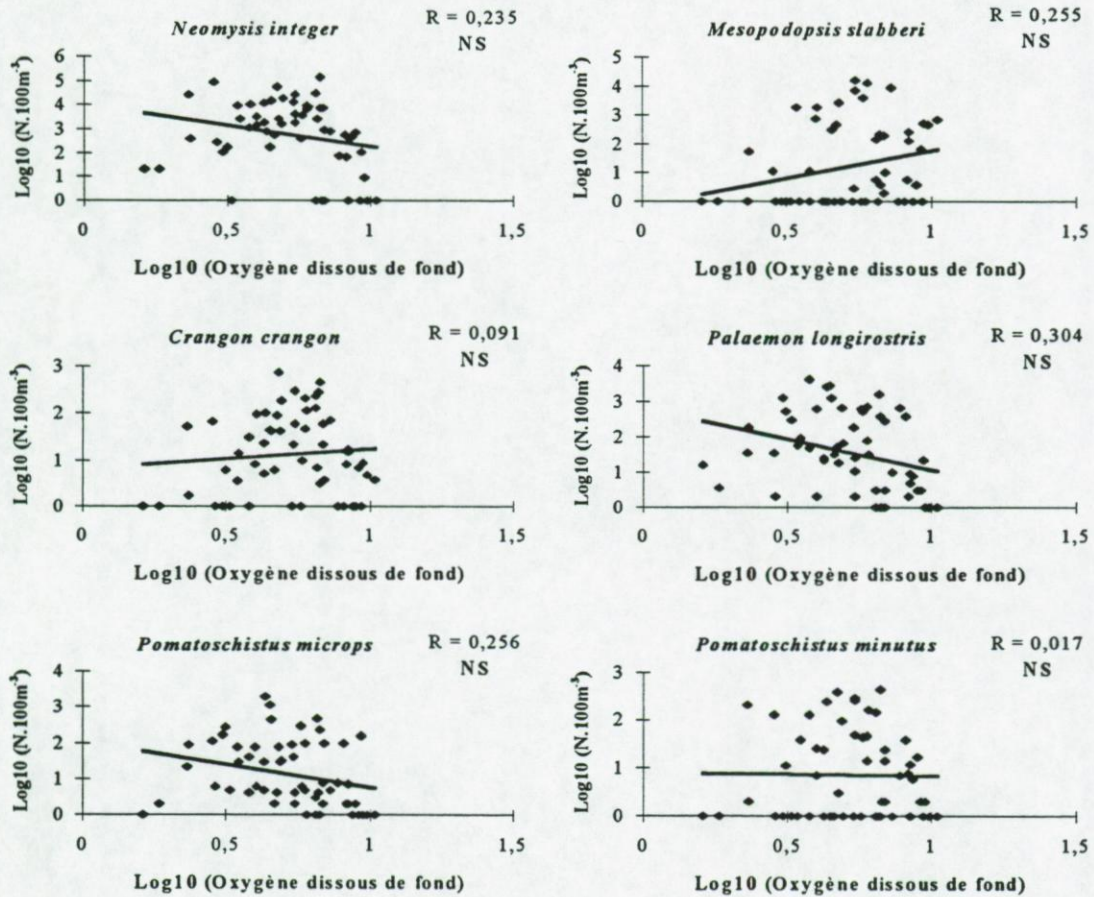


Figure V.16. Représentation graphique des relations de corrélation entre les abondances des principales espèces suprabenthiques (mysidacés *Neomysis integer* et *Mesopodopsis slabberi* ; décapodes : *Crangon crangon* et *Palaemon longirostris* ; gobiidés : *Pomatoschistus microps* et *P. minutus*) et l'oxygène dissous de fond (mg.l^{-1}) en estuaire de Seine. S : corrélation significative et NS : corrélation non significative (test t, seuil 0,05).

Quelque soit l'espèce étudiée (mysidacés *N. integer* et *M. slabberi*, décapodes *C. crangon* et *P. longirostris*, gobiidés *P. microps* et *P. minutus*), aucune relation statistiquement significative n'a été observée au cours de l'année 1996 (tests t, seuil 5%) (Figure V.16.).

En conclusion, il semble que la structure longitudinale des espèces suprabenthiques en estuaire de Seine soit directement liée au gradient de salinité de fond et en deuxième lieu à la turbidité de fond notamment pour les décapodes et les poissons gobiidés. Le gradient de salinité est également prépondérant dans la structure longitudinale du suprabenthos dans l'estuaire de l'Escaut (Mees, 1992, 1994). Le gradient d'oxygène dissous de fond est le deuxième facteur environnemental important dans l'Escaut où celui-ci est beaucoup plus marqué que le gradient de turbidité de fond. Les corrélations positives entre les abondances des espèces d'affinité marine (*Mesopodopsis slabberi*, *Crangon crangon* et *Pomatoschistus minutus*) et la salinité de fond ainsi que les corrélations négatives entre ce même paramètre et les densités des espèces typiquement estuariennes (*Palaemon longirostris* et *Pomatoschistus microps*) mettent en évidence les augmentations (pour les espèces marines) ou diminution (pour les espèces estuariennes) d'abondance avec l'augmentation de salinité de fond. Le cas de *Neomysis integer* (aucune corrélation observée avec la salinité de fond) reflète quand à lui sa faculté à occuper tout le gradient halin de l'estuaire de la Seine. En revanche, bien que la turbidité de fond soit un facteur important dans la structuration de la communauté suprabenthique, il semblerait que ce paramètre n'ait une influence forte que sur les espèces estuariennes comme le décapode *Palaemon longirostris*, le gobiidé *Pomatoschistus microps* et le mysidacé *Neomysis integer* (localisation dans la zone de forte turbidité). En revanche, les espèces marines, localisées généralement dans la zone aval, moins turbide, ne présentent pas de corrélation nette avec cette turbidité de fond. Contrairement aux observations de Mees (1994) dans l'Escaut, le gradient d'oxygène dissous influence peu la répartition spatiale du

suprabenthos de la Seine ceci étant sans doute dû au fait que le gradient d'oxygène dissous de fond est beaucoup moins marqué dans la zone étudiée en estuaire de Seine que dans l'estuaire de l'Escaut (en effet, le déficit en oxygène en estuaire de Seine est localisé dans une zone beaucoup plus amont que la zone étudiée ici).

V.4. Dynamique des principales espèces suprabenthiques

La dynamique du mysidacé *Neomysis integer*, du décapode *Palaemon longirostris* et des gobiidés *Pomatoschistus microps* et *P. minutus* a été étudiée à partir des prélèvements mensuels réalisés en 1996 en intégrant pour chaque campagne toutes les stations des radiales afin d'avoir une représentation de la dynamique de ces espèces sur tout le gradient de salinité.

V.4.A. Le mysidacé *Neomysis integer*

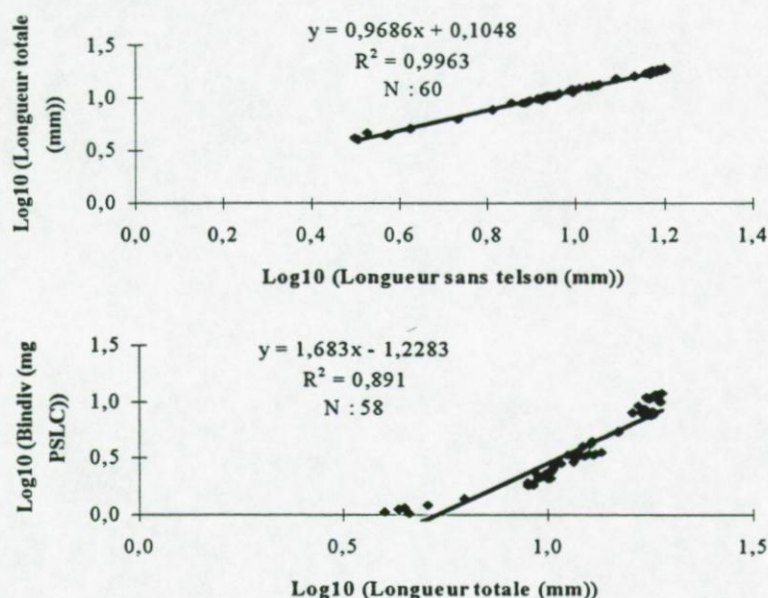


Figure V.17. Relations d'allométrie entre d'une part la longueur sans telson (mm) et la longueur totale du corps (mm) et d'autre part la longueur totale du corps (mm) et la biomasse individuelle (mg Poids Sec Libre de Cendres) du mysidacé *Neomysis integer*. N : nombre d'individus mesurés.

Deux relations d'allométrie entre d'une part la longueur du corps sans telson et la longueur totale du corps et d'autre part la longueur totale du corps et la biomasse individuelle du mysidacé ont été calculées. La relation taille/poids a ensuite été utilisée pour le calcul des biomasses totales de la population de *Neomysis integer* (Figure V.17.).

Au cours de l'année, la densité et la biomasse suivent la même évolution avec les plus fortes valeurs observées en été de l'ordre de 25000 ind.100 m⁻³ et de 18 g PSLC.100 m⁻³ alors que l'on observe les plus faibles valeurs en hiver (68 ind.100 m⁻³ pour la densité et 0,19 g PSLC.100 m⁻³ pour la biomasse en février) (Figure V.18.).

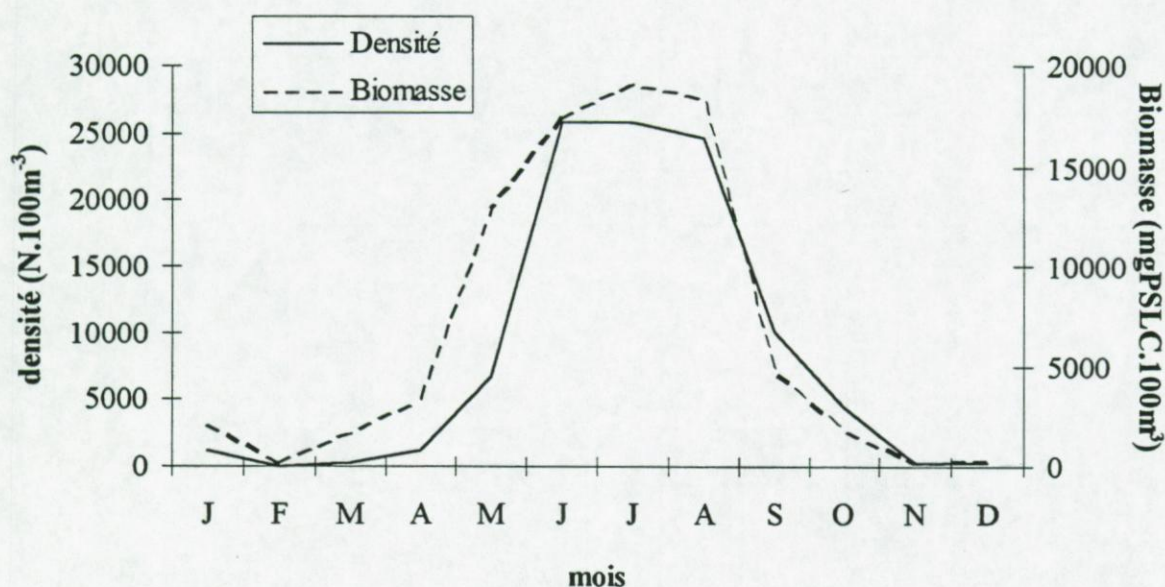


Figure V.18. Evolution annuelle de la densité (N.100 m⁻³) et de la biomasse totale (mg Poids Sec Libre de Cendres.100 m⁻³) du mysidacé *Neomysis integer* en estuaire de Seine au cours de l'année 1996.

Ces variations saisonnières de la biomasse sont à mettre en parallèle avec les variations saisonnières de la composition de la population de *Neomysis integer* (Figure V.18.). En effet, la présence plus importante de juvéniles, qui représentent entre 75 et 94 % de la population, et la raréfaction des adultes en automne sont la cause de la présence de biomasses plus faibles par rapport aux densités. Lors des premiers mois de l'année, les juvéniles sont moins présents dans

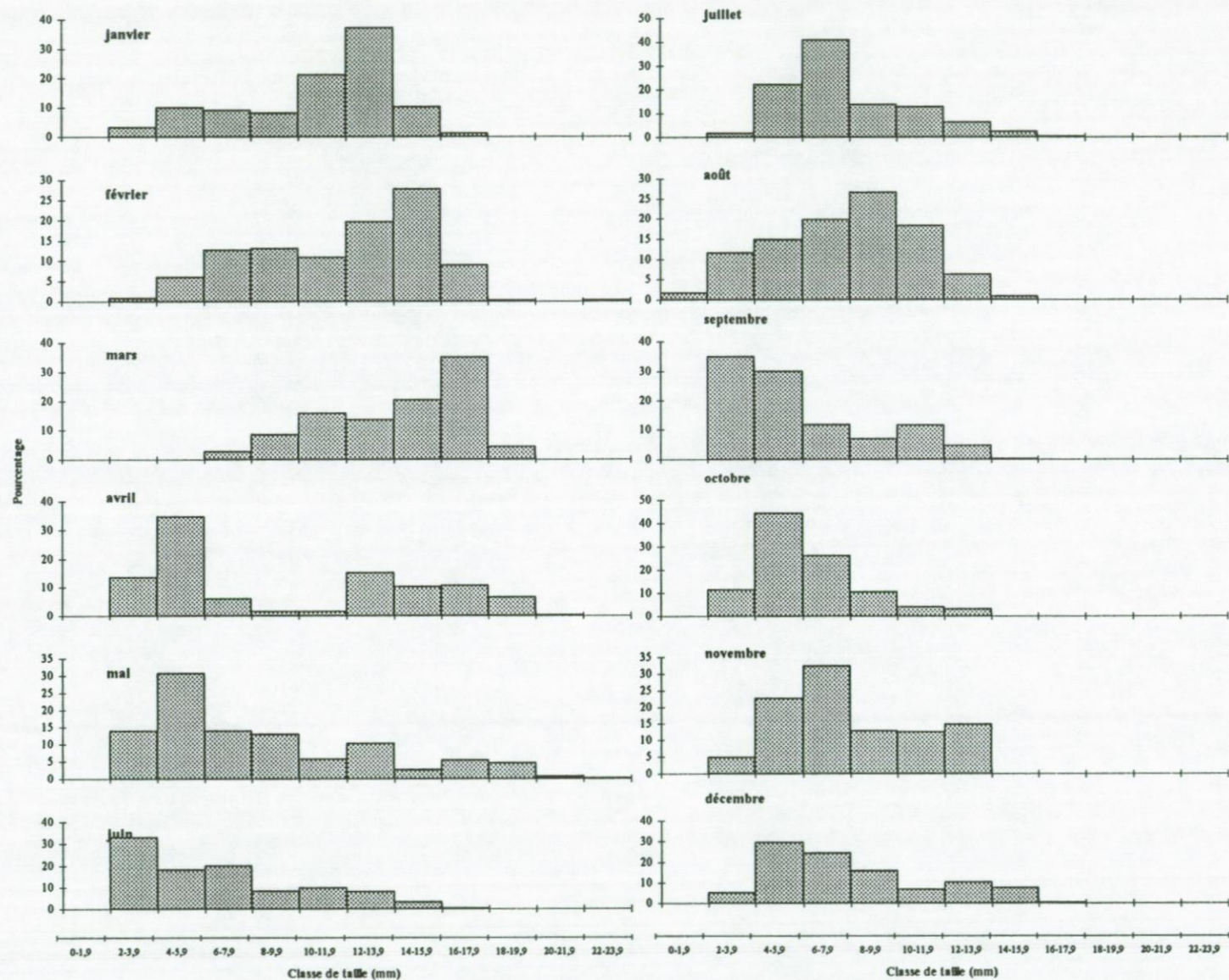


Figure V.20. Evolution des histogrammes de taille du mysidacé *Neomysis integer* au cours de l'année 1996.

la population et ne représentent plus alors que 26 % (mars) à 40 % (janvier) des individus (Figure V.19.).

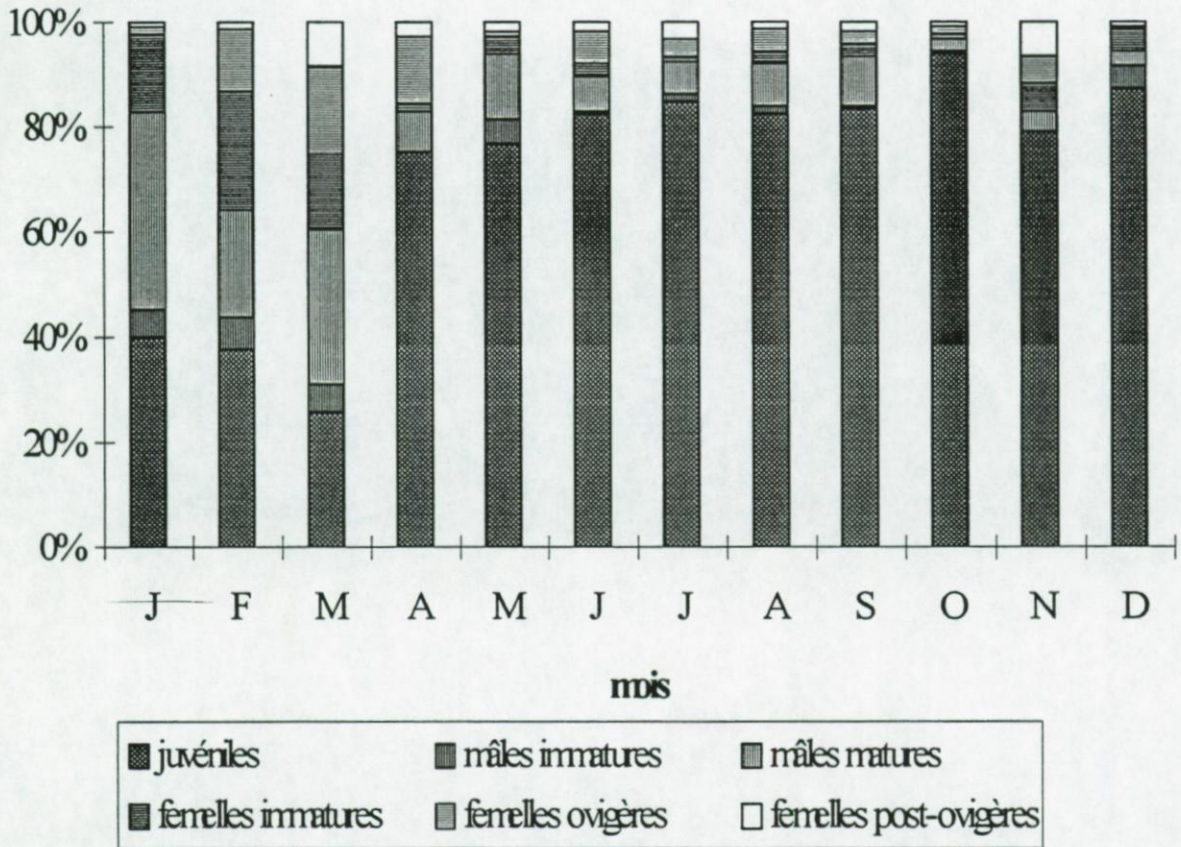


Figure V.19. Evolution annuelle de la composition de la population de *Neomysis integer* (en %).

L'examen de l'évolution annuelle des histogrammes de taille de *Neomysis integer*, montre des histogrammes plurimodaux et l'existence de cinq cohortes (Figure V.20.). Les deux premières cohortes, correspondant aux individus de la classe 1995 venant de passer l'hiver. Les trois autres cohortes identifiées en 1996 apparaissent respectivement en avril (C1 1996), en juin (C2 1996) et en septembre (C3 1996). Ces cohortes sont aisément observées lors de ces périodes grâce à l'apport de juvéniles caractérisés par la présence de petites classes de taille dans les histogrammes. De plus, on remarque la mortalité progressive de janvier à mai des individus de grande taille de la classe 1995 (Figure V.20.).

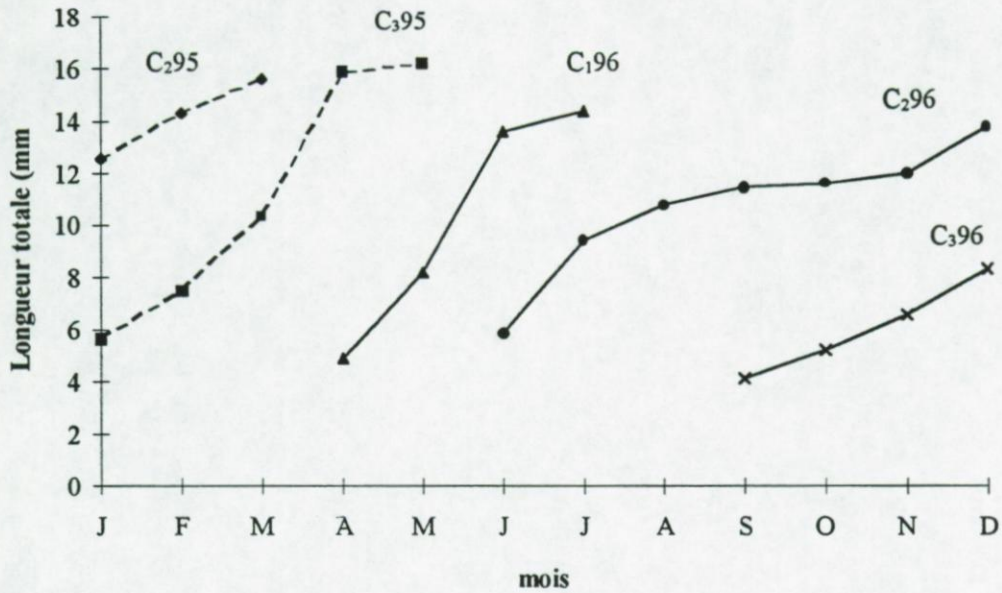


Figure V.21. Représentation graphique des différentes cohortes du mysidacé *Neomysis integer* observées au cours de l'année 1996 en estuaire de Seine.

La représentation graphique de la longueur totale des individus permet de visualiser avec précision les différentes cohortes et de suivre leur croissance (Figure V.21.). Les deux cohortes de l'année 1995 ainsi que les deux dernières cohortes de 1996 présentent une longévité importante qui dure de 9 à 11 mois alors que la première cohorte de 1996 (C1 1996), à la faveur d'une croissance rapide, a une longévité relativement courte de l'ordre de trois mois.

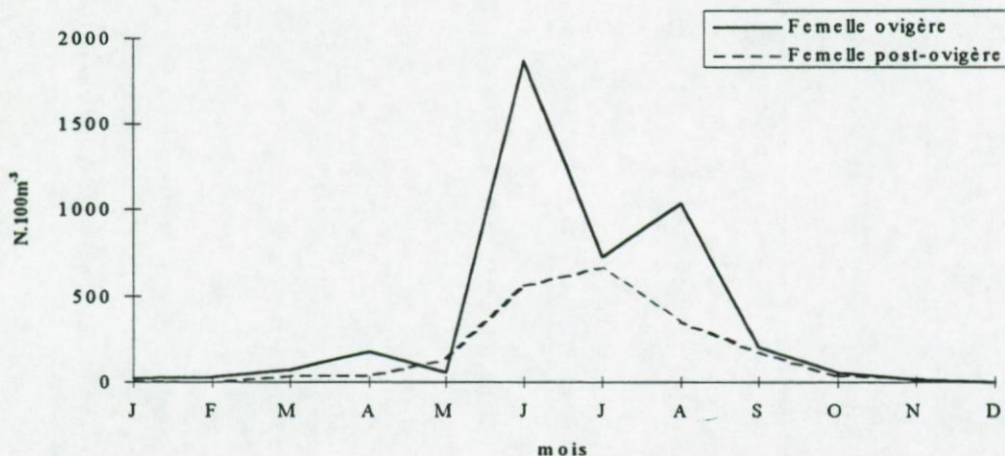


Figure V.22. Evolution annuelle des densités ($N.100m^{-3}$) des femelles ovigères et post-ovigères du mysidacé *Neomysis integer* en estuaire de Seine au cours de l'année 1996.

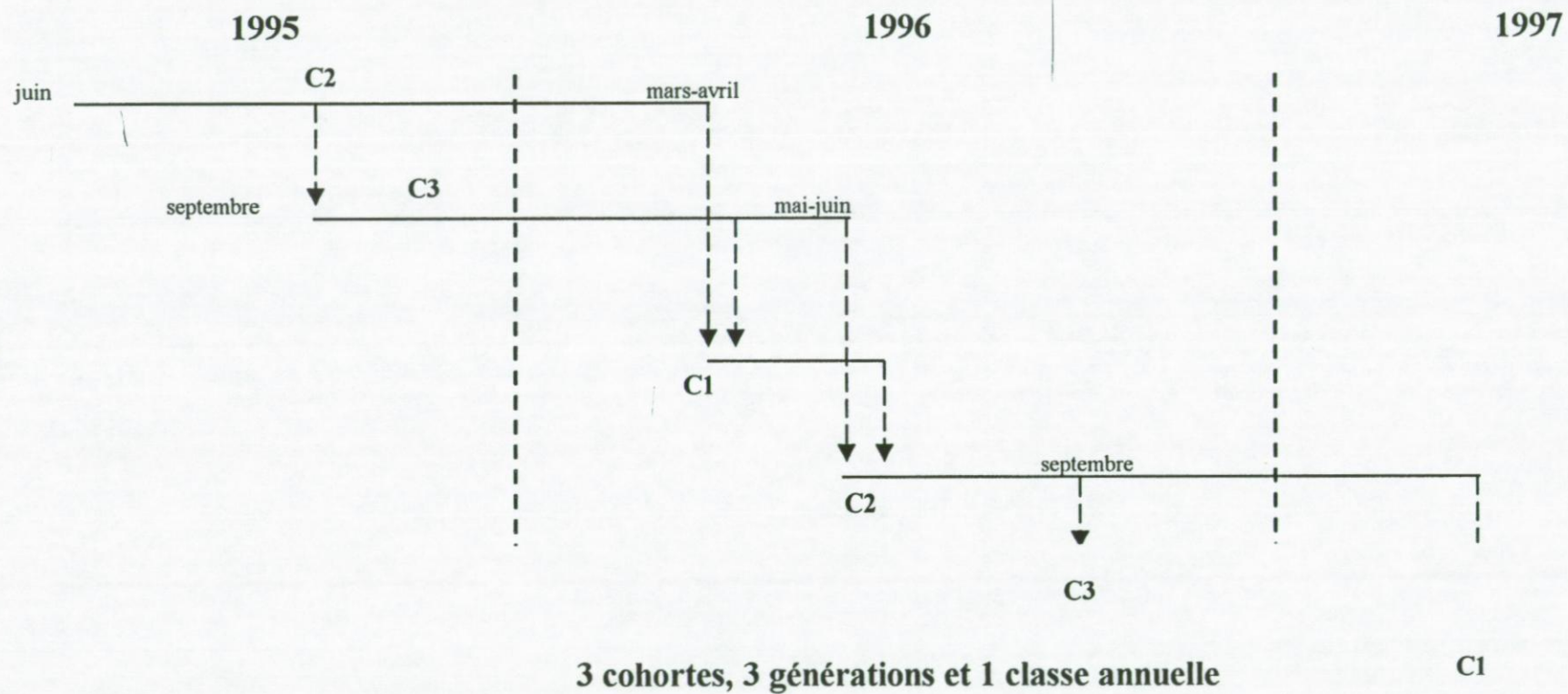


Figure V.23. Représentation synthétique de la dynamique annuelle du mysidacé *Neomysis integer* en estuaire de Seine. C : cohorte

Au cours de l'année 1996, Il existe trois périodes de présence de femelles ovigères (Figure V.22.). Les deux premiers pics d'avril ($175 \text{ ind.}100 \text{ m}^{-3}$) et de juin ($1870 \text{ ind.}100 \text{ m}^{-3}$) donnent naissance aux deux premières périodes de recrutement citées ci-dessus ; les femelles ovigères prélevées en avril appartiennent à la population de 1995 (C_2 et C_3), celles observées en juin sont originaires de la première cohorte de 1996 (C_1). Le troisième pic de fortes densités en femelles ovigères, composées de jeunes individus provenant de la deuxième cohorte de 1996 (C_2), est localisé en août soit un mois avant l'apparition de la dernière cohorte C_3 1996 observée en septembre. De plus, on remarque que les femelles post-ovigères présentent leurs plus fortes abondances pendant la période estivale (juin et juillet de $560 \text{ ind.}100 \text{ m}^{-3}$ et $670 \text{ ind.}100 \text{ m}^{-3}$).

En résumé, cinq cohortes du mysidacé *Neomysis integer* sont identifiées lors du suivi annuel de 1996. La première et la deuxième cohorte correspondent à la classe de 1995 et sont à l'origine du recrutement printanier en 1996 ; ces deux cohortes (C_2 1995 et C_3 1995) donnent naissance à la première cohorte de 1996 (C_1 1996) (Figure V.23.).

Cette première cohorte de 1996 ainsi que la dernière cohorte de 1995 (C_3 1995) sont à l'origine de l'apparition de la deuxième cohorte de 1996 (C_2 1996) qui elle même donnera naissance à la troisième cohorte de 1996 (C_3 1996). En fait, les trois cohortes de 1996, représentent trois phases de recrutement de *Neomysis integer* qui se caractérise donc par trois générations au cours de l'année avec un recrutement en avril, juin et septembre. Ce dernier recrutement donne naissance aux individus qui seront à l'origine du recrutement printanier de l'année suivante. Vorstman (1951) dans l'IJsselmeer, Mauchline (1971a) sur les côtes ouest écossaises, Borghouts (1978) dans le lac Veere (Pays-Bas), Bremer & Vijverberg (1982) dans les lacs du Frisian (Pays-bas), Parker & West (1979) sur les côtes ouest de l'Irlande et Mees (1994) dans l'Escaut ont également mis en évidence trois générations annuelles du mysidacé

Neomysis integer. En revanche, deux générations par an sont observées dans l'estuaire de l'Ythan (Astthorsson & Ralph, 1984), dans les estuaires du Eider-Ring (Kinne, 1955) mais aussi en mer Baltique (Kinne, 1955 ; Wiktor, 1961 ; Jansen *et al.*, 1980 ; Rudstam *et al.*, 1986). De plus, comme dans l'Escaut (Mees, 1994), *Neomysis integer* ne semble pas se reproduire pendant la période hivernale (faible proportion de femelles ovigères) ; la phase de reproduction réapparaît au printemps dès l'augmentation de température de l'eau à partir des individus matures ayant hivernés.

Enfin les calculs de production du mysidacé *Neomysis integer* donnent une valeur pour l'année 1996 de $0,78 \text{ g.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$; cette valeur est du même ordre de grandeur que ce que mesure Rudstam *et al.* (1986) pour *Mysis mixta*, en mer Baltique, avec une production annuelle variant suivant la localisation entre $0,3$ et $0,6 \text{ g.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$. En revanche, la production annuelle en estuaire de Seine est légèrement plus forte que celle estimée par Mees (1994) pour la population de l'estuaire de l'Escaut (Mees, 1994) où le mysidacé présente une production maximale de $0,5 \text{ g.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$; toutefois, il est important de souligner que la méthodologie utilisée par Mees (1994) sous estime la production car les stades très jeunes ne sont pas pris en compte, ceux-ci n'étant pas prélevés par les filets de mailles de 1mm.

V.4.B. Les gobiidés *Pomatoschistus minutus* et *P. microps*

Les relations d'allométrie entre la longueur totale du corps (en mm) et la biomasse individuelle (exprimée en mg de Poids Sec Libre de Cendres) ont été établies à partir des mesures effectuées sur des lots d'individus de *Pomatoschistus minutus* et *P. microps* récoltés en 1996 (Figure V.24.). Ces deux relations ont été utilisées afin de calculer les biomasses totales des deux populations de gobiidés en estuaire de Seine.

Pour *P. microps*, l'évolution de la biomasse est similaire à celle de la densité avec toutefois de fortes biomasses enregistrées en mai pour des densités relativement faibles sans doute dû à la récolte de gros spécimens (forte biomasse individuelle) (Figure V.25.).

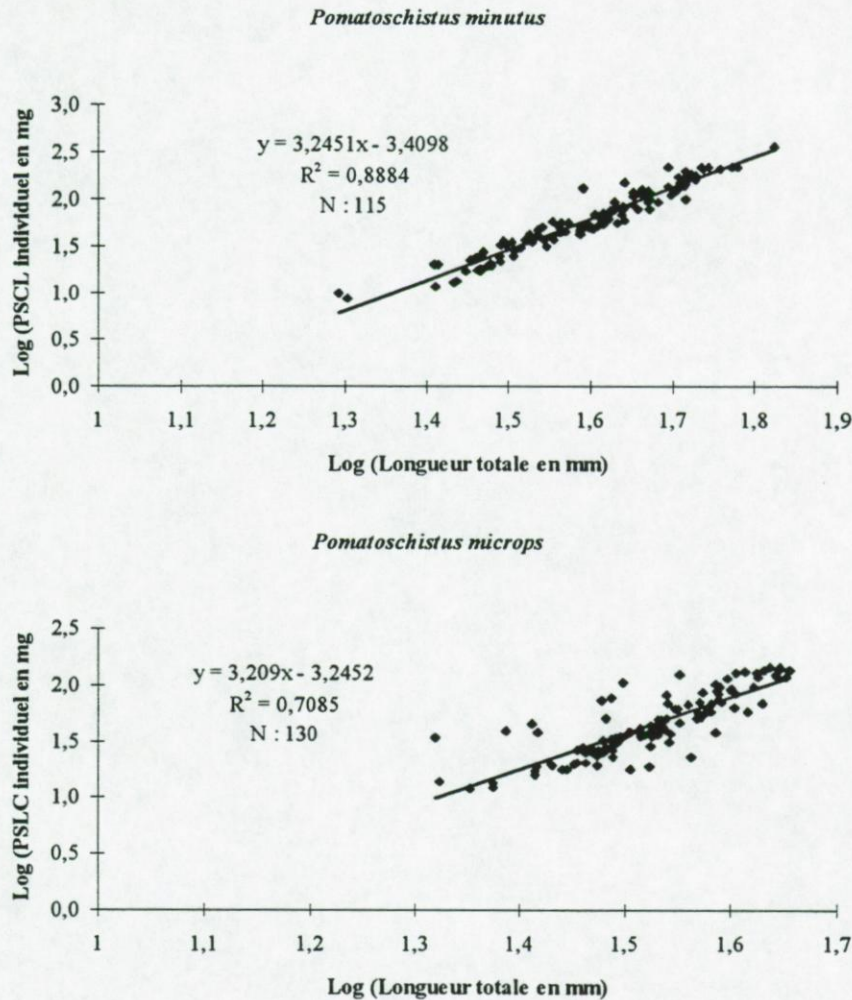


Figure V.24. Relations d'allométrie entre la longueur totale du corps (mm) et la biomasse individuelle (mg Poids Sec Libre de Cendres) des gobiidés *Pomatoschistus minutus* et *P. microps*. N : nombre d'individus mesurés.

En revanche, pour *P. minutus*, l'évolution de la biomasse diffère sensiblement de celle des abondances. Le pic de biomasse observé en avril alors que la densité est relativement faible met en évidence la présence d'individus de grande taille, le même phénomène étant observé au cours de l'automne et du début de l'hiver. En juillet, les fortes densités et les biomasses plus

faibles traduisant l'effet du recrutement avec la présence d'individus de biomasse peu élevée (juvéniles) dans la population de *P. minutus*.

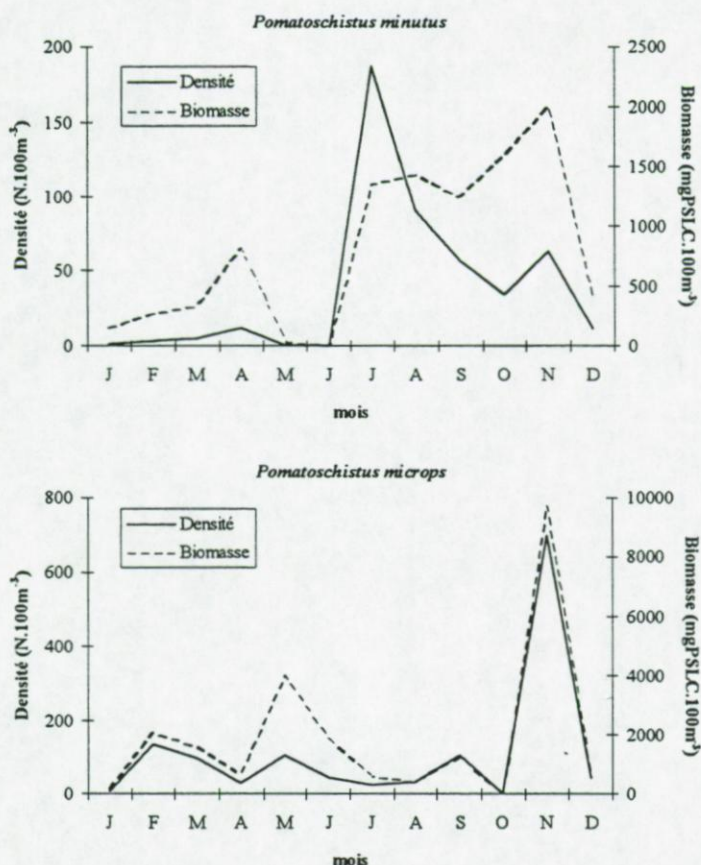


Figure V.25. Evolution annuelle de la densité (N.100 m⁻³) et de la biomasse totale (mg Poids Sec Libre de Cendres.100 m⁻³) des gobiidés *Pomatoschistus minutus* et *P. microps* en estuaire de Seine au cours de l'année 1996.

Afin de mettre en évidence de façon plus précise la ou les périodes de recrutement des deux gobiidés en estuaire de Seine, l'évolution annuelle de la structure de taille des deux populations a été étudiée (Figure V26.A.B.). Les individus de 1995 de *P. minutus* et *P. microps* (C 1995) sont observés respectivement jusqu'en novembre et en juillet 1996. Ces deux classes d'âge sont à l'origine du recrutement principal des gobiidés observé de mai à juillet. Une deuxième phase de reproduction des individus de 1995 est également mise en évidence en août et en septembre avec l'apparition de larves qui ne sont toutefois plus observées dans la population de gobiidés après septembre.

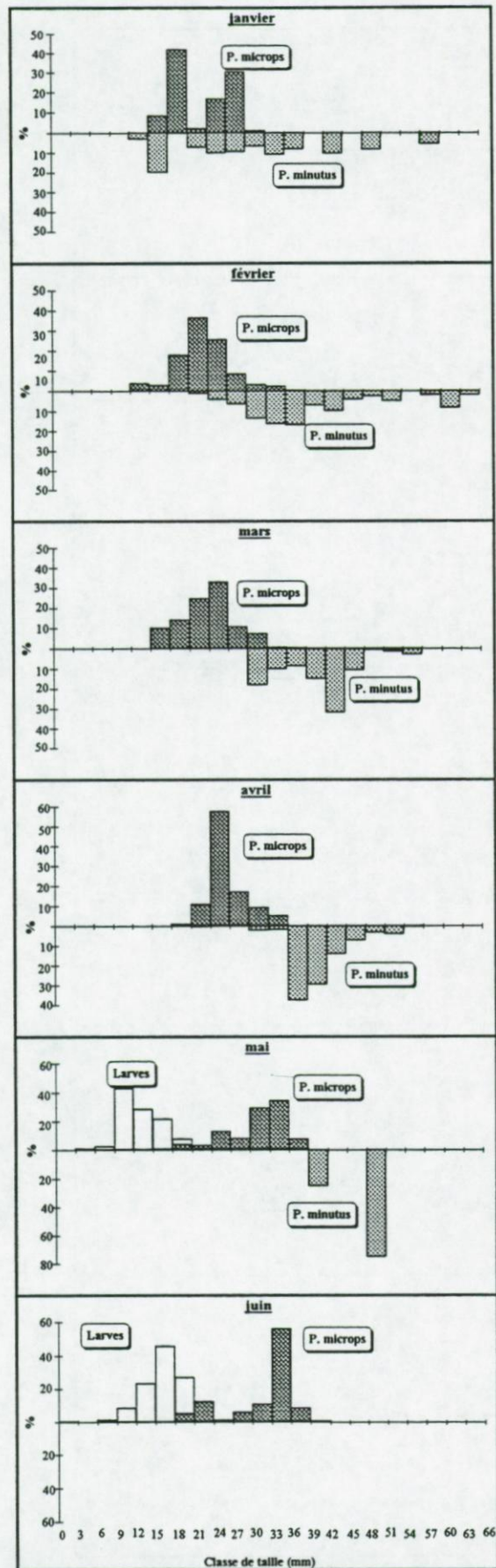


Figure V.26A. Evolution des histogrammes de taille des gobiidés *Pomatoschistus microps* et *P. minutus* ainsi que de leurs larves au cours de l'année 1996 (janvier à juin).

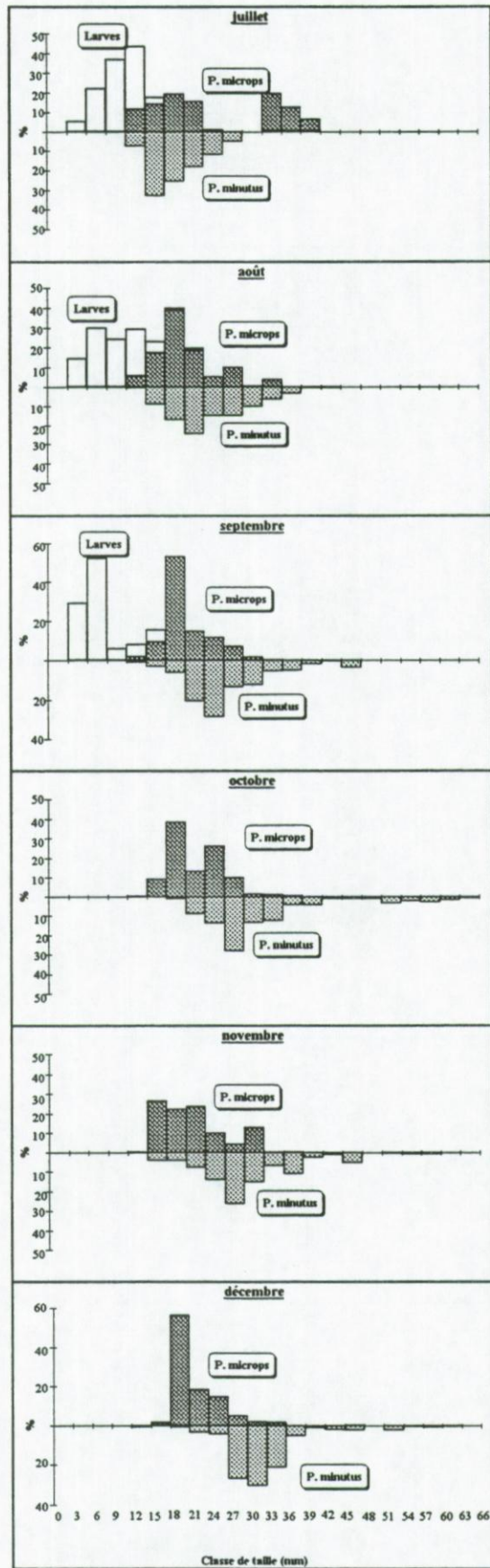


Figure V.26B. Evolution des histogrammes de taille des gobiidés *Pomatoschistus microps* et *P. minutus* ainsi que de leurs larves au cours de l'année 1996 (juillet à décembre).

En résumé, les populations des gobiidés principaux en estuaire de Seine présentent deux cohortes au cours de l'année : la première cohorte observée correspond à la population de poissons de l'année précédente, la deuxième cohorte correspond, quand à elle, au recrutement annuel de ces gobiidés. La période de reproduction est étalée de mai à septembre avec un recrutement principale surtout de mai à juillet. Cette même période de reproduction a été mise en évidence par Miller (1964) sur les côtes de l'île de Man ; Healey (1972) observant, quand à lui dans l'estuaire de l'Ythan, une période de reproduction plus courte située au printemps (de mars à mai).

La figure V.27. récapitule le cycle de vie des deux gobiidés en estuaire de Seine. Ainsi, *P. microps* et *P. minutus* présentent un recrutement estival. Les juvéniles, observés en septembre, disparaissent rapidement de la population de gobiidés dès octobre. Cette disparition peut être due à un non-échantillonnage de ces juvéniles qui peuvent avoir quitté l'estuaire pour retourner dans la zone aval. La difficulté d'identification des larves et juvéniles de gobiidés ne permet pas de conclure de façon définitive quant à l'origine et au devenir de ces juvéniles pouvant être des larves de *P. minutus*, de *P. microps* ou d'un autre gobiidé de la baie de Seine dont la phase adulte ne serait pas présente en estuaire.

Il convient enfin de noter que les faibles abondances des gobiidés enregistrées en 1996 n'ont pas permis d'estimer les productions annuelles.

V.4.C. Le décapode *Palaemon longirostris*

Différentes relations d'allométrie ont été tracées pour la population du décapode *Palaemon longirostris* à partir d'individus récoltés en 1996 (Figure V.28.).

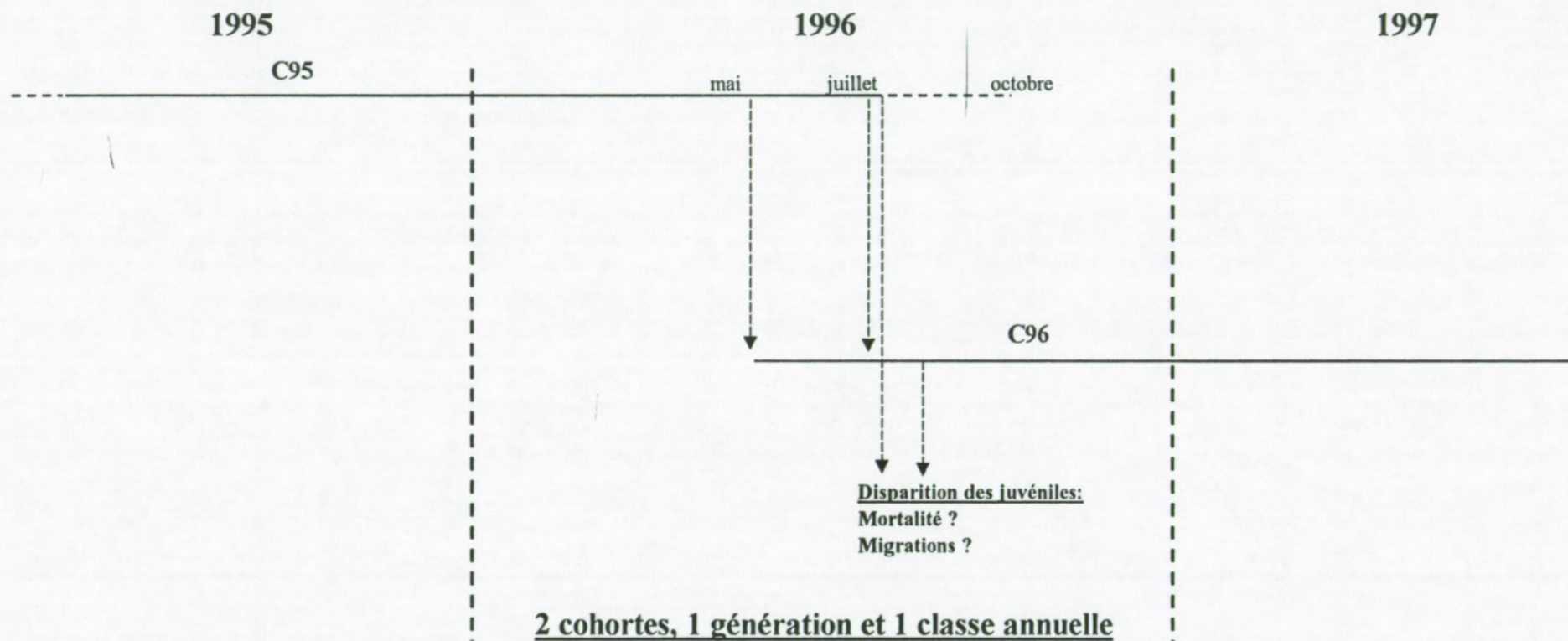


Figure V.27. Représentation synthétique de la dynamique annuelle des gobiidés *Pomatoschistus microps* et *P. minutus* en estuaire de Seine. C : cohorte

Les femelles étant sensiblement plus grandes et plus grosses que les mâles (Marchand, 1981), la séparation des deux sexes a été effectuée pour les mesures afin d'obtenir des relations plus précises. Les deux types de relations (estimation de la longueur totale du corps en fonction de la longueur céphalothoracique et de la biomasse individuelle en fonction de la longueur totale du corps) ont été utilisées pour l'étude de la dynamique du décapode.

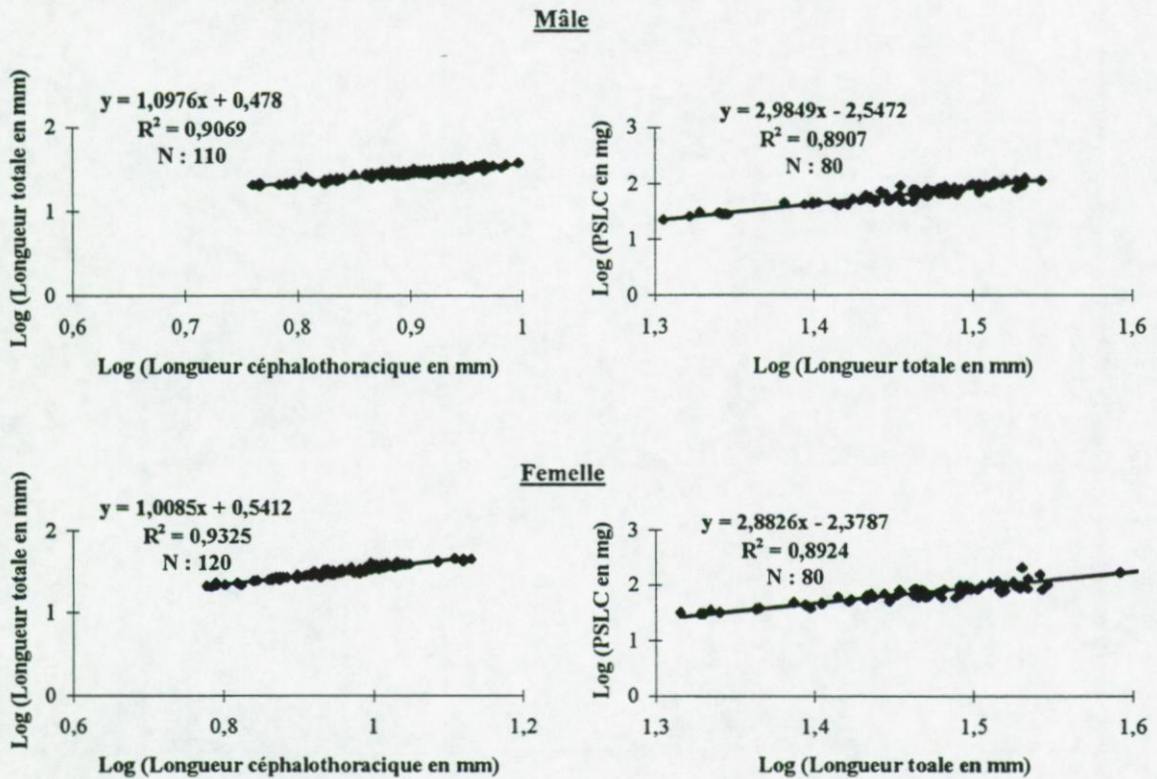


Figure V.28. Relations d'allométrie entre la longueur céphalothoracique (en mm) et la longueur totale du corps (mm), de la biomasse individuelle (mg Poids Sec Libre de Cendres) et de la longueur totale du corps (en mm) chez les mâles et les femelles du décapode *Palaemon longirostris*. N : nombre d'individus mesurés.

En 1996, deux cohortes peuvent être distinguées (Figure V.29.). La première classe d'âge 1995, est observée en début d'année et peut être identifiée jusqu'en octobre (maximum de taille de 45 mm) ; elle présente, dès le mois d'août, un déclin important. Cette classe 1995 est à l'origine du recrutement estival (août) mis en évidence par l'apparition de jeunes stades de *Palaemon longirostris* dans la population (taille comprise entre 3 et 25 mm). Les deux groupes

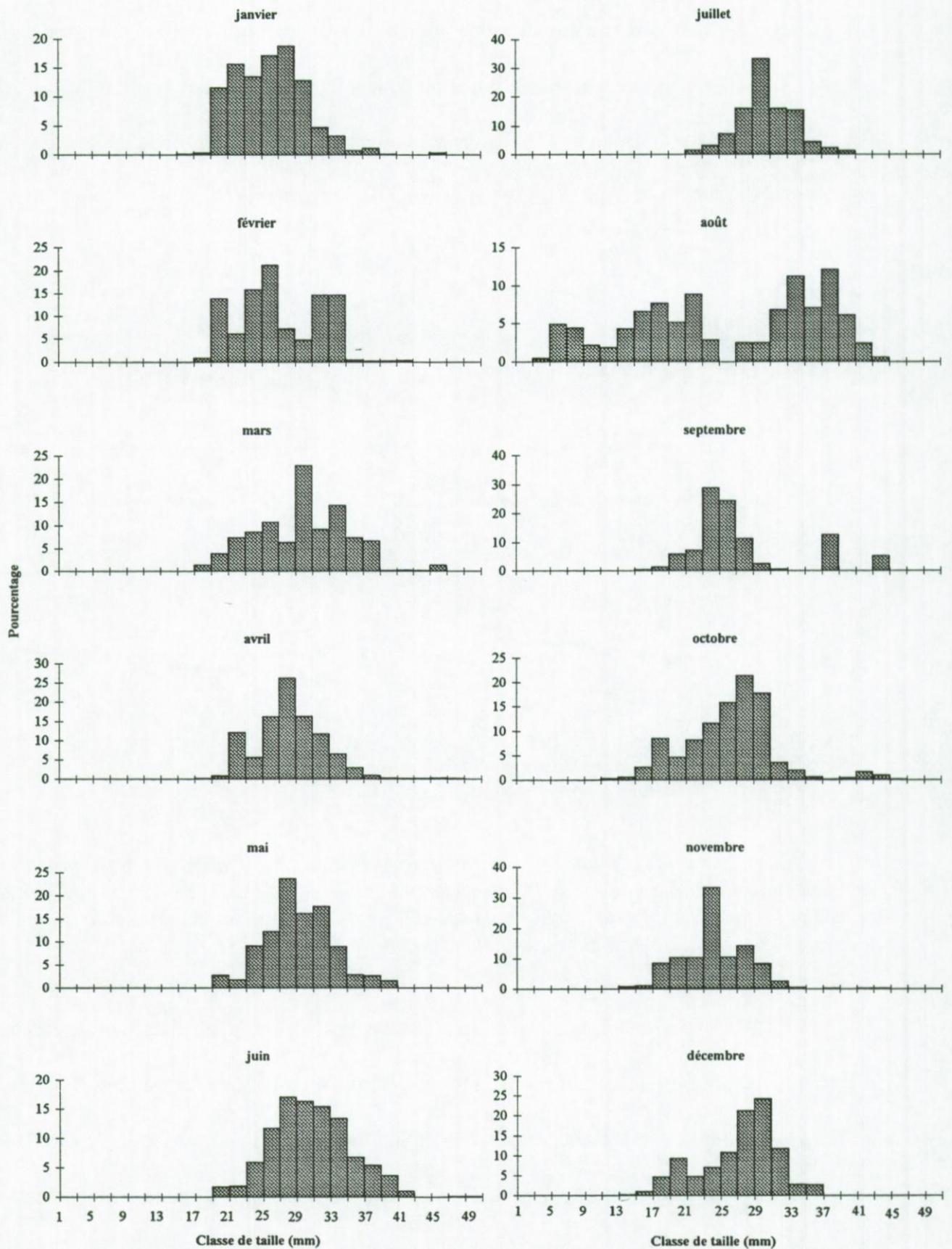


Figure V.29. Evolution des histogrammes de taille du décapode *Palaemon longirotris* au cours de l'année 1996.

de taille généralement observés mettent en évidence les populations de mâles et de femelles, les mâles étant plus petits que les femelles.

Ce recrutement estival est également mis en évidence lorsque l'on suit l'évolution annuelle du pourcentage de femelles ovigères dans la population du décapode (Tableau V.VII.).

Tableau V.VII. Evolution annuelle du pourcentage de femelles ovigères dans la population de femelles du décapode Palaemon longirostris en 1996.

mois	Pourcentage de femelles ovigères
janvier	0
février	0
mars	0
avril	0,2
mai	2,2
juin	27,5
juillet	57,0
août	0
septembre	0
octobre	0
novembre	0
décembre	0

Des femelles ovigères sont observées dans la population à partir de mai (2,2 % de la population totale) avec une forte dominance en juin (27,5 %) et juillet (57,0 %) pour disparaître totalement de la population à partir d'août.

Le décapode *Palaemon longirostris* présente une production nette de $1,5 \text{ g.m}^{-3}.\text{an}^{-1}$ pour 1996.

Après la période de recrutement (Figure V.30.), les individus de la classe annuelle précédente tendent à disparaître de l'estuaire soit par mortalité soit par migration dans des zones non échantillonnées. L'absence ou la faible importance des très jeunes stades (larves et post-larves) de *Palaemon longirostris*, identifiés uniquement en juillet et en août, dans les prélèvements aussi bien au traîneau qu'au filet WP2, est difficile à expliquer. De nombreuses

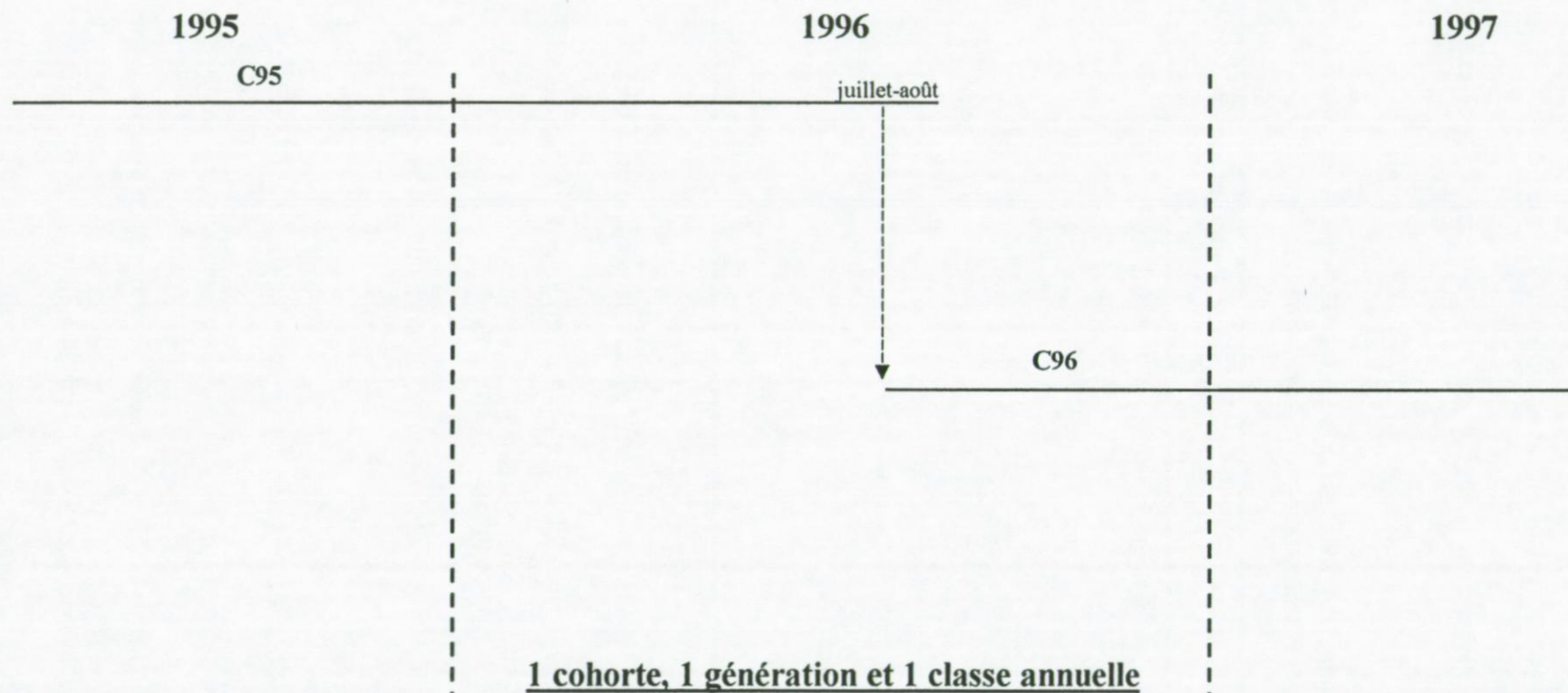


Figure V.30. Représentation synthétique de la dynamique annuelle du décapode *Palaemon longirostris* en estuaire de Seine. C : cohorte

auteurs ont également souligné cette faible capture de très jeunes stades lors de leurs prélèvements. Certains suggèrent la localisation de ces stades au niveau des rives et des chenaux, où les contraintes de courant sont beaucoup moins fortes (Sorbe, 1983 en estuaire de Gironde), dans la partie la plus amont des estuaires [Figueras, 1987 dans l'estuaire de Vigo (Espagne)] .

D'autres suggèrent enfin une éclosion des œufs synchronisée avec les périodes de jusant afin de maximiser l'exportation des larves vers la partie aval de l'estuaire favorable au développement des jeunes stades (Fincham & Furlong, 1984). Ces différentes hypothèses sont difficilement vérifiables en estuaire de Seine avec les données disponibles, une étude plus précise de la dynamique de *Palaemon longirostris* pendant la période recrutement, avec des échantillonnages spécifiques (pompage, filet WP2 de maille de 63 microns), permettrait sans doute de trancher entre ces différentes hypothèses.

Conclusion

Bien que la faune démersale de l'estuaire de la Seine ne présente pas de grandes différences tant qualitatives que quantitatives avec les autres systèmes estuariens européens, celle-ci se singularise cependant par de très fortes abondances du mysidacé *Neomysis integer* et du décapode *Palaemon longirostris* notamment au printemps.

La communauté démersale de l'estuaire de la Seine est composée d'espèces marines comme *Mesopodopsis slabberi*, *Crangon crangon* et *Pomatoschistus minutus* présentes en zone polyhaline et mésohaline (salinité de fond supérieure à 8,0 P.S.U.). Les espèces typiquement estuariennes (*Neomysis integer*, *Palaemon longirostris* et *Pomatoschistus microps*) sont inféodées à la zone amont de l'estuaire (zone oligohaline), seul le mysidacé *N. integer* présente une répartition plus vaste, colonisant tout l'estuaire de la zone oligohaline à la

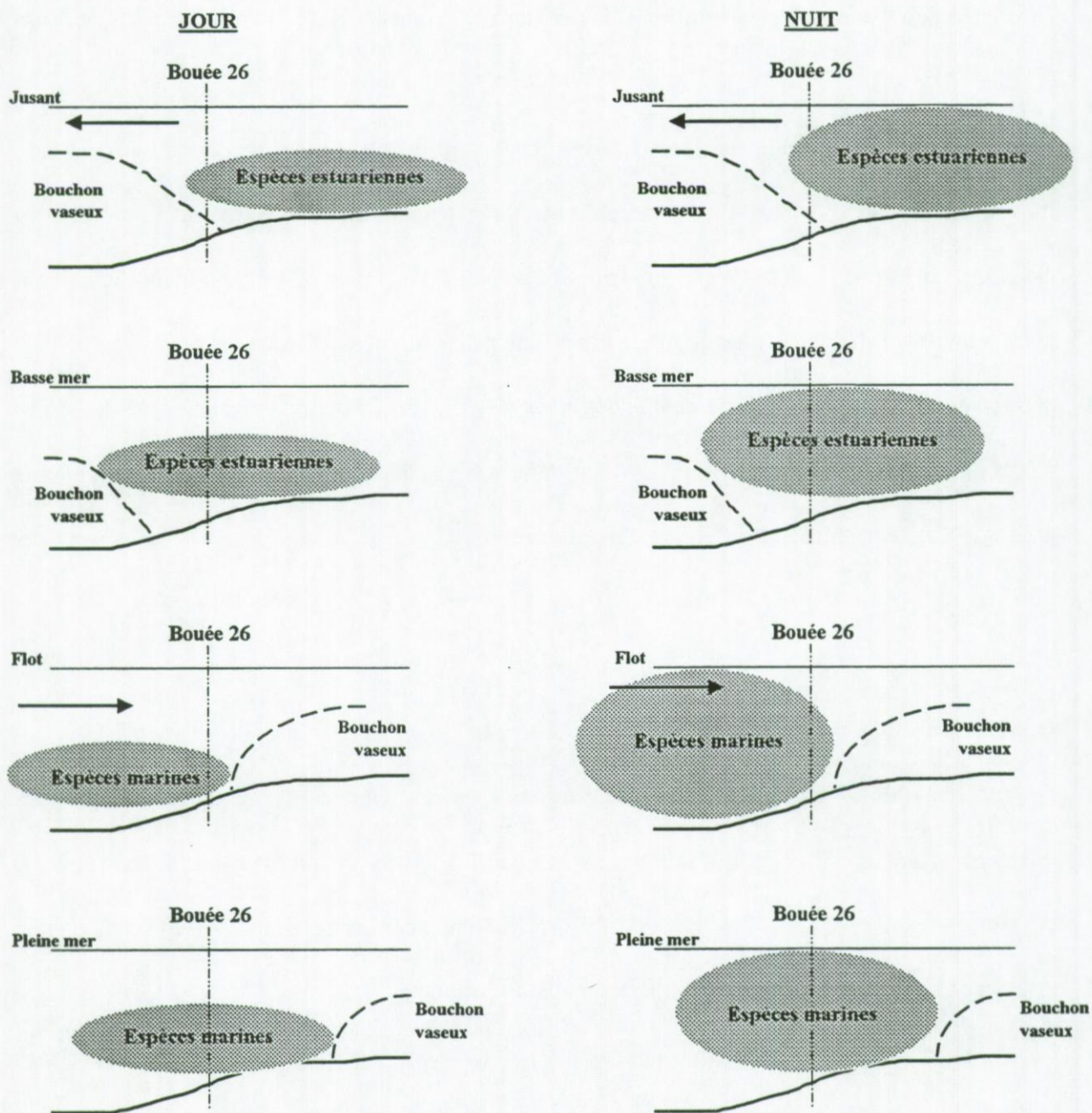


Figure V.31. Schéma récapitulatif de l'évolution spatio-temporelle journalière de la communauté suprabenthique à la station Bouée 26 (Pont de Normandie). Les flèches indiquent le sens préférentiel du courant.

zone mésohaline. Du fait des fortes abondances de ces trois espèces estuariennes, la zone oligohaline est la zone de plus forte densité de la faune démersale dans l'estuaire de la Seine.

La répartition des espèces démersales en estuaire de Seine est principalement liée au gradient de salinité. La turbidité ne semble jouer qu'un rôle sur la répartition des espèces estuariennes de la zone amont qui vivent au niveau de la zone de maximum de turbidité. Ces espèces estuariennes trouvent, au niveau du bouchon vaseux, une zone favorable riche en matière organique et où se concentre une grande quantité de proies (copépodes notamment) qui assurent ainsi un réseau trophique très productif. De plus, cette forte turbidité offre un refuge pour les espèces suprabenthiques comme les mysidacés soumis à la prédation à vue des poissons (gobiidés, bar...). Les espèces marines, quant à elles, se positionnent généralement en aval du bouchon vaseux. Ces espèces marines pénètrent dans la partie interne de l'estuaire (zone mésohaline) au printemps et en été ; elles vivent alors dans des conditions favorables au développement des juvéniles qui trouvent ainsi dans l'estuaire des sources nutritionnelles abondantes (grande densité de copépodes). Les espèces typiquement estuariennes présentent elles aussi une période estivale de reproduction. Au cours de l'année, cinq cohortes dont trois annuelles du mysidacé *N. integer* sont signalées tandis que deux cohortes et une classe annuelle sont observée pour *Palaemon longirostris* et *Pomatoschistus microps*.

Lors d'un cycle journalier, les espèces démersales présentent des évolutions en relation avec les rythmes tidaux et nycthéméraux (Figure V.31). D'une part, ces espèces colonisent toute la colonne d'eau la nuit et reviennent vers le fond le jour. D'autre part, les espèces marines sont présentes à la station Pont de Normandie (Bouée 26) au moment des pleines mers alors que les espèces de la zone amont de l'estuaire n'apparaissent, à cette station, qu'au moment des périodes de basses mers. De plus, les pics d'abondance de ces différentes espèces, enregistrés au cours d'un cycle journalier à la station Pont de Normandie, sont dus au passage

du centre de masse des populations suprabenthiques de la zone salée lors du flot et de la pleine mer et de la zone oligohaline de l'estuaire lors du jusant et de la basse mer.

Chapitre VI

Le réseau trophique de l'estuaire de la Seine

Une étude des régimes alimentaires des gobiidés *Pomatoschistus microps* et *P. minutus* ainsi que du décapode *Palaemon longirostris* a été effectuée afin de connaître la ressource de ces trois espèces et afin d'établir un réseau trophique simple dans la zone oligohaline de l'estuaire de la Seine comprenant ce niveau d'intégration de l'écosystème.

Pour cela, des analyses de contenus stomacaux des trois espèces ont été faites à partir des prélèvements mensuels de 1996 dans le but de mettre en évidence d'éventuels modifications de leurs régimes alimentaires en fonction des saisons. D'autre part, les contenus stomacaux des deux gobiidés récoltés pendant le cycle de 24 heures de septembre 1995 ont également fait l'objet d'une étude afin de voir s'il existe, chez les deux espèces de poissons, un rythme nutritionnel journalier. Enfin, une étude des contenus stomacaux en fonction de la taille des individus, réalisée uniquement pour les gobiidés dont l'analyse du bol alimentaire est plus aisée que chez le décapode, a permis d'évaluer les différences de nutrition des *Pomatoschistus* en fonction de leur taille.

L'étude du régime alimentaire du copépode *Eurytemora affinis*, par examen des contenus des tractus digestifs, n'a pas été réalisée dans ce travail principalement à cause de la méthodologie spécifique à employer pour appréhender l'analyse du bol alimentaire des copépodes. Toutefois, grâce aux travaux réalisés (HPLC, analyses biochimiques) par le laboratoire ELICO (Université de Lille 1 et Université du Littoral), des premiers résultats sur le régime alimentaire de ce copépode en estuaire de Seine ont pu être fournis (Beghin *et al.*, 1998 ; Cotonec *et al.*, 1998).

Afin de compléter au mieux le réseau trophique établi en estuaire de Seine, le régime alimentaire du mysidacé *Neomysis integer* et du décapode *Crangon crangon* ont été extraits à partir de différents travaux réalisés dans d'autres systèmes estuariens.

VI.1. Régime alimentaire des gobiidés *Pomatoschistus microps* et *P. minutus*

VI.1.A. Variation journalière du régime alimentaire

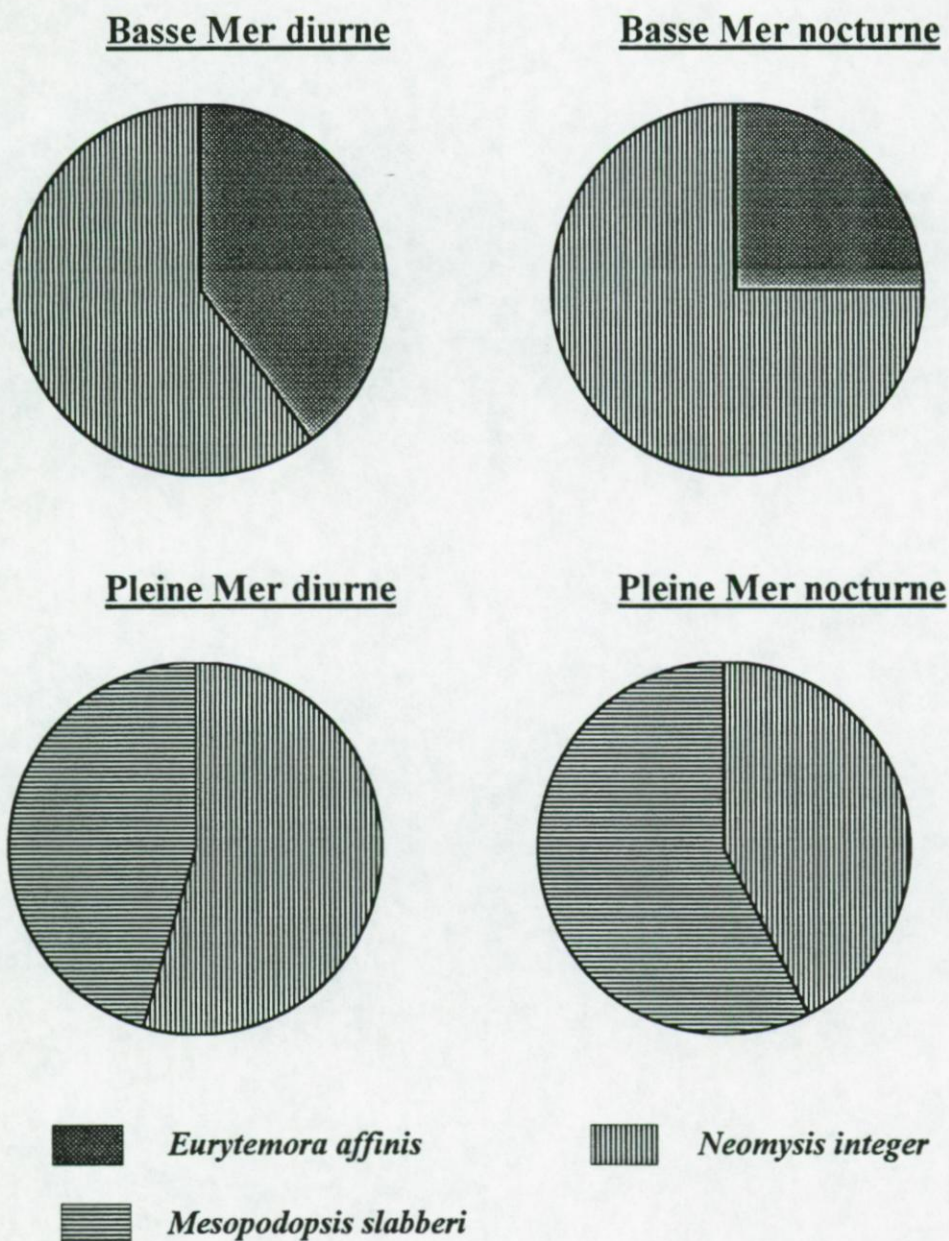


Figure VI.1. Evolution journalière (en pourcentage de proies) du régime alimentaire du gobiidé *Pomatoschistus microps*, récolté au moment des pleines mers et des basses mers diurnes et nocturnes lors du suivi de 24h de septembre 1995.

Lors des basse mers diurnes et nocturnes, *Pomatoschistus microps* se nourrit uniquement du mysidacé *Neomysis integer* (Cn : 60 à 75 %) et du copépode *Eurytemora*

affinis (Cn variant entre 25 et 40 %) (Figure VI.1.). En revanche, pendant les périodes de pleine mers, ce gobiidé montre un régime alimentaire différent avec disparition du copépode du bol alimentaire qui est alors remplacé par le deuxième mysidacé dominant de l'estuaire de la Seine, *Mesopodopsis slabberi*.

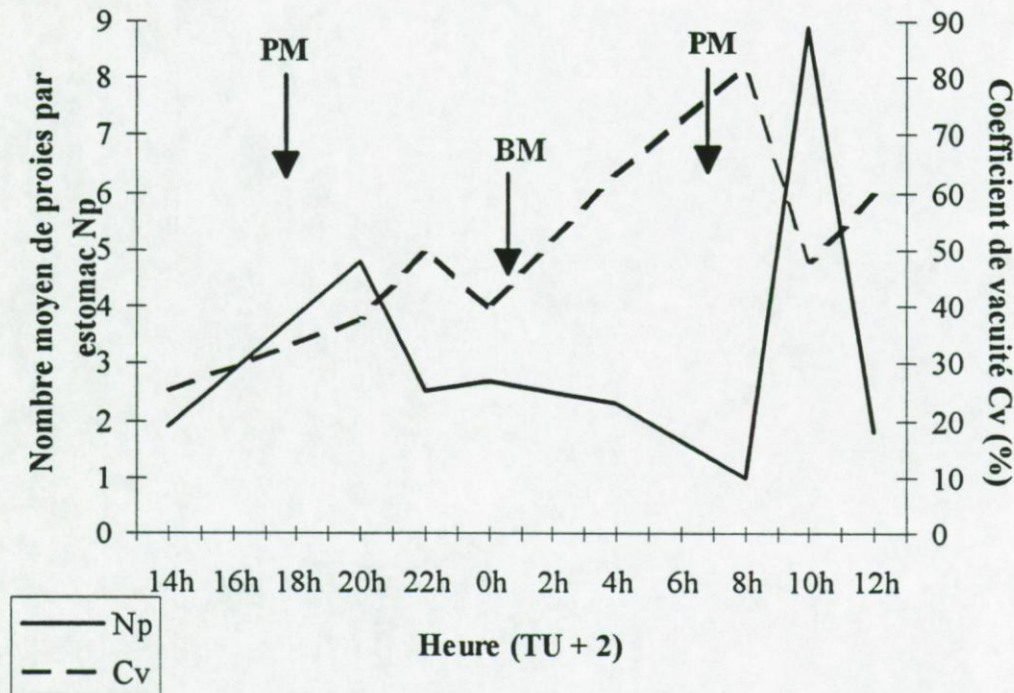


Figure VI.2. Evolution journalière du nombre moyen de proies ingérées N_p et du coefficient de vacuité C_v (%) chez le gobiidé *Pomatoschistus microps* à la station Pont de Normandie lors de la campagne de septembre 1995. PM : pleine mer ; BM : basse mer

Au cours du suivi journalier (Figure VI.2.), l'évolution du nombre moyen de proies ingérées et le coefficient de vacuité est inverse. On observe ainsi une décroissance de N_p et une augmentation de C_v au cours de la nuit. D'autre part, les valeurs du nombre moyen de proies par estomac sont maximales lors des périodes de jusant (4,8 et 8,9 proies pour les deux périodes de jusant observées pendant le cycle) alors que le coefficient de vacuité présente des valeurs minimales pendant ces mêmes périodes. En revanche, les valeurs minimales de N_p (1 proie ingérée en moyenne) et les valeurs maximales de C_v (81.8 %) sont observées en fin de période de pleine mer nocturne.

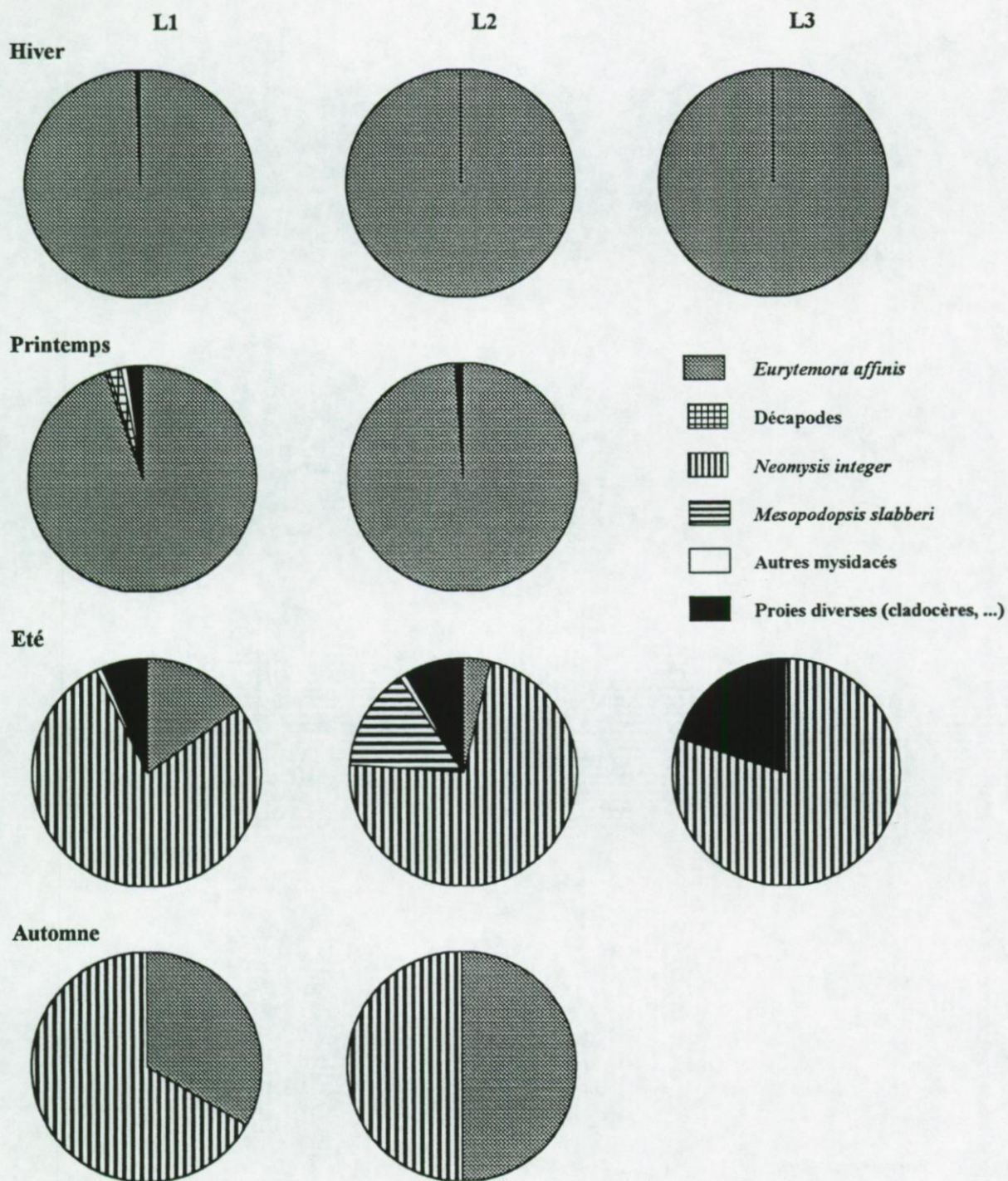


Figure VI.3. Evolution saisonnière du régime alimentaire du gobiidé *Pomatoschistus microps* en fonction de la taille des poissons, au cours de l'année 1996. L1 : longueur totale < 30 mm ; L2 : 30mm < longueur totale < 39 mm et L3 : longueur totale > 39 mm.

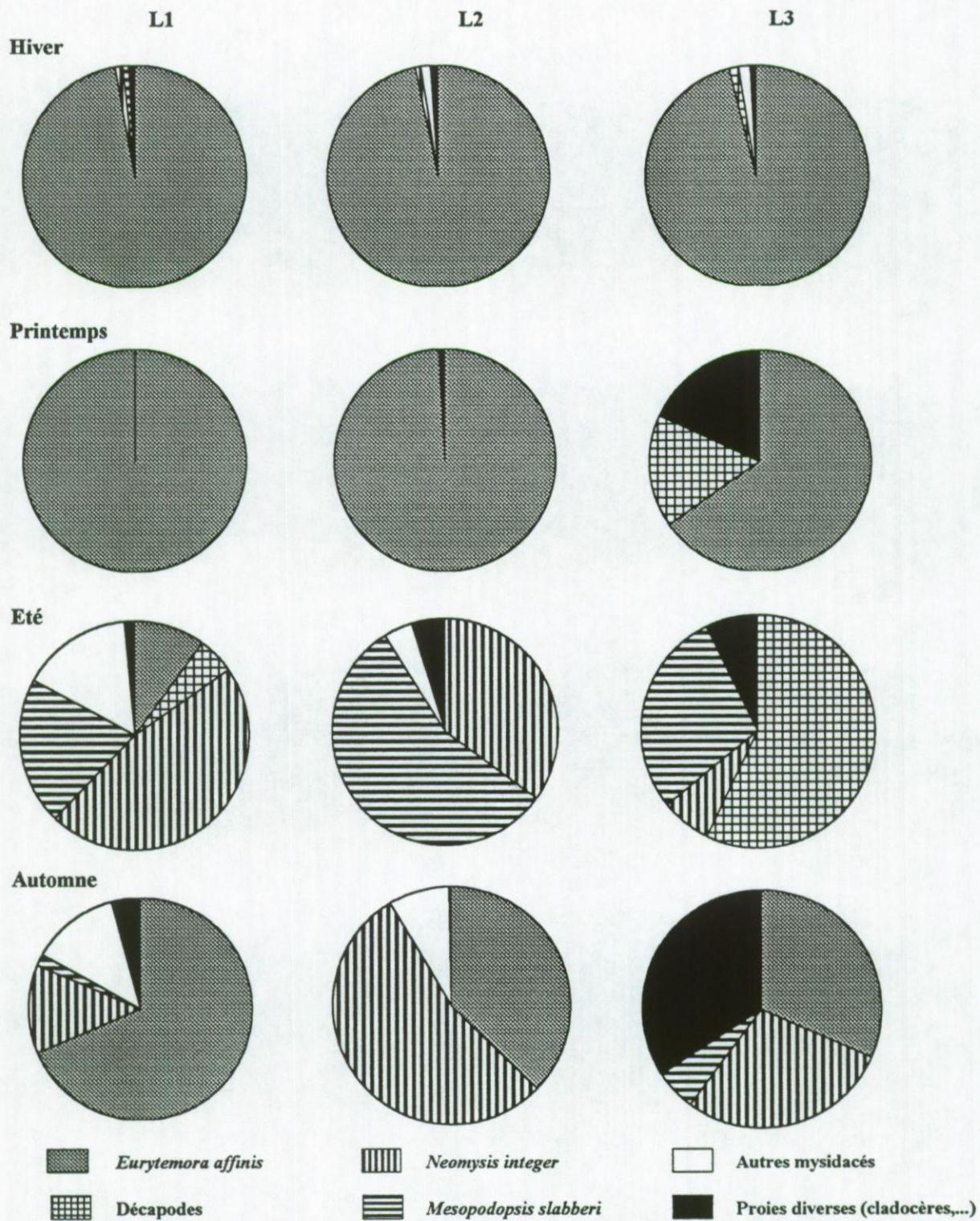


Figure VI.4. Evolution saisonnière du régime alimentaire du gobiidé *Pomatoschistus minutus* en fonction de la taille des poissons, au cours de l'année 1996. L1 : longueur totale < 30 mm ; L2 : 30mm < longueur totale < 39 mm et L3 : longueur totale > 39 mm.

En résumé, *P. microps* présente un rythme nutritionnel en fonction du cycle tidal mais également en fonction du cycle jour/nuit avec des proies différentes entre les basses mers et les pleines mers mais également avec une activité nutritionnelle plus importante de jour lors des périodes de jusant. Deux hypothèses peuvent être émises pour expliquer cette variation du régime alimentaire en fonction des marées. D'une part le gobiidé suivrait une masse d'eau précise sans la quitter, se nourrissant ainsi des proies inféodées à cette masse d'eau (eau salée dominée par les deux mysidacés, eau dessalée dominée par *Neomysis integer* et le copépode *Eurytemora affinis*). Deuxième hypothèse, *P. microps* resterait toujours dans la même zone géographique et se nourrirait des différentes proies passant dans sa zone de localisation avec les différentes masses d'eau. Les données de distribution de ce gobiidé en estuaire de Seine et les études réalisées sur les variations tidales du régime alimentaire de l'éperlan arc-en-ciel *Osmerus mordax* par Dauvin & Dodson (1990) en estuaire du Saint Laurent semblent conforter la première hypothèse. D'autre part, les poissons prélevés dans les masses d'eau salée semblent moins se nourrir (taux de vacuité élevé autour des pleines mers) sans doute à cause de la plus grande difficulté de capture des proies constituées essentiellement de mysidacés dont la mobilité est plus importante que celle des copépodes.

VI.1.B. Variation annuelle et avec la taille du régime alimentaire

Au cours de l'année, *Pomatoschistus microps* montre un régime alimentaire peu diversifié en hiver et au printemps et ce quelque soit la taille des poissons (Figure VI.3.). En effet, pendant cette période de l'année, *P. microps* se nourrit essentiellement du copépode *Eurytemora affinis* qui représente de 94,6 % (au printemps) à 100 % (en hiver) du bol alimentaire du poisson. En automne, le régime alimentaire est composé des deux espèces abondantes de l'estuaire de la Seine, le mysidacé *Neomysis integer* (Cn de l'ordre 66 %) et le copépode *Eurytemora affinis* (Cn variant entre 33 à 50 %). En revanche, lors de la période

estivale, le régime alimentaire de *P. microps* se diversifie (apparition de proies secondaires comme *Mesopodopsis slabberi*), *Eurytemora affinis* n'étant plus la proie majoritaire du gobiidé. De plus, il faut noter que le régime alimentaire du gobiidé *P. microps* ne semble pas varier avec la taille des individus : les mêmes schémas décrits ci-dessus sont observés pour les trois classes de taille étudiées.

Au cours des saisons, le nombre de proies ingérées ainsi que le coefficient de vacuité pour les deux principales classes de taille de *P. microps* ont été calculés (Tableau VI.I.). Quelque soit la taille des individus le nombre de proies diminue du printemps, où les valeurs sont maximales (8,3 et 20,3 proies pour L1 et L2) à l'automne caractérisé par des valeurs minimales (Np entre 2,0 et 2,6). Ce nombre de proies ingérées augmente ensuite en hiver et présente des valeurs doubles par rapport à l'automne. Le coefficient de vacuité montre la même évolution saisonnière avec des valeurs minimales observées au printemps (27,6 % pour L1 et 22,1 % pour L2) et maximales enregistrées en automne (77,9 % pour L1 et 66,2 % pour L2).

D'autre part, il faut remarquer que le nombre de proies ingérées est toujours plus important chez les individus de la classe de taille L2, ceci est à mettre en relation avec une capacité nutritionnelle plus importante chez les poissons dont la taille est plus grande. L'évolution saisonnière de ces deux paramètres n'a pas été étudiée pour les individus de la classe de taille L3, ceux-ci n'étant observés que durant deux mois en juillet et en décembre.

P. minutus présente sensiblement les mêmes schémas d'évolution de son régime alimentaire (Figure VI.4.). En hiver et au printemps, ce gobiidé base sa nutrition essentiellement sur le copépode *Eurytemora affinis* qui représente alors de 65,2 à 100 % des proies. En revanche, en été et en automne, le régime alimentaire de *P. minutus* est plus

diversifié avec notamment une plus grande importance des mysidacés. *Neomysis integer* est la proie principale pendant la période estivale, présentant un Cn variant de 35 et 57 %, *Mesopodopsis slabberi* ainsi que les décapodes (surtout caractérisés par des larves et des juvéniles de crangonidés) deviennent plus abondantes dans le bol alimentaire du poisson. Cette diversité accrue du régime alimentaire est également observée en automne avec notamment la réapparition du copépode *Eurytemora affinis* dans celui-ci. D'autre part et contrairement à *P. microps*, *P. minutus* présente des variations de son régime alimentaire en fonction de la taille des individus avec un régime alimentaire plus diversifié chez les individus de grande taille (taille supérieure à 39 mm) se nourrissant beaucoup plus de décapodes et de larves de poissons.

Tableau VI.I. Evolution saisonnière du nombre moyen de proies Np et du coefficient de vacuité Cv dans deux classes de taille différentes du gobiidé Pomatoschistus microps (L1 : < 30 mm ; L2 : 30-39 mm). Hiver : décembre, janvier, février ; printemps : mars, avril, mai ; été : juin, juillet, août ; automne : septembre, octobre, novembre. La classe de taille L3 n'est pas présentée ici du fait de la faible représentativité des individus au cours de l'année (présence en juillet et en décembre)

	Classe de taille L1		Classe de taille L2	
	Np	Cv	Np	Cv
Printemps	8,3	27,6	20,3	22,1
Eté	1,7	62,8	2,7	42,0
Automne	2,6	77,9	2,0	66,2
Hiver	5,8	57,2	7,1	52,1

Le coefficient de vacuité présente une évolution saisonnière marquée (Tableau VI.II.). Les valeurs minimales, quelque soit la taille des individus, sont enregistrées au printemps (0, 8,4 et 18,1 % respectivement pour les classes de taille L1, L2 et L3). Ce pourcentage de vacuité augmente au cours de l'été et de l'automne où les valeurs sont maximales (comprises entre 59,4 % pour L2 et 78,9 % pour L1), celui-ci diminuant ensuite pendant l'hiver. En

revanche, le nombre de proies ne présente pas d'évolution saisonnière marquée (Tableau VI.II.). Toutefois, les fortes valeurs sont enregistrées au printemps et en hiver pour les classes de tailles L2 et L3 (14,9 et 16,6 proies pour L2 ; 20,9 et 15,5 proies pour L3) et en automne et en hiver pour les individus de la classe de taille L1 (de l'ordre de 4 proies, ce nombre de proie étant toujours plus fort chez les individus de la classe L3 (individus les plus grands).

TableauVI.II. Evolution saisonnière du nombre moyen de proies Np et du coefficient de vacuité Cv dans trois classes de taille différentes du gobiidé Pomatoschistus minutus (L1 : < 30 mm ; L2 : 30-39 mm ; L3 : > 39 mm). Hiver : décembre, janvier, février ; printemps : mars, avril, mai ; été : juin, juillet, août ; automne : septembre, octobre, novembre.

	Classe de taille L1		Classe de taille L2		Classe de taille L3	
	Np	Cv	Np	Cv	Np	Cv
Printemps	2,0	0,0	14,9	8,4	20,9	18,1
Été	1,3	55,0	2,1	32,3	1,8	42,9
Automne	3,8	78,9	3,1	59,4	2,7	65,1
Hiver	3,9	29,2	16,6	24,4	15,5	25,7

En conclusion, il semble qu'il y ait, aussi bien pour *Pomatoschistus microps* que pour *P. minutus*, un cycle saisonnier de nutrition. Le régime alimentaire est peu diversifié en hiver et au printemps lorsque seul le copépode *Eurytemora affinis* est la proie la plus disponible (espèce la plus abondante en estuaire de Seine en hiver et au printemps par rapport aux autres proies potentielles). Comme dans l'estuaire de l'Ythan (Healey, 1972), l'été et l'automne se caractérisent par un régime alimentaire des gobiidés plus diversifié, corrélé avec la présence en plus grande quantité de diverses proies dans l'estuaire comme les mysidacés *Neomysis integer* et *Mesopodopsis slabberi* présentant leurs abondances maximales durant cette période. Enfin, le régime alimentaire plus diversifié, observé chez les individus de grande taille de *P. minutus*, peut suggérer que ces individus de grande taille ont des possibilités de déplacements amont-aval dans l'estuaire. En effet, ceux-ci auraient un choix de proies plus grand lorsqu'ils

se trouvent dans la partie aval de l'estuaire (présence de nombreuses larves de décapodes et de poissons) contrairement aux individus de moindre taille dont seules les proies communes dans la partie chenalisée de l'estuaire seraient accessibles (*Eurytemora affinis*, *Mesopodopsis slabberi* et *Neomysis integer*). D'autre part, un rythme saisonnier de nutrition est observé chez les deux gobiidés avec une activité importante au printemps (période de densité maximales des principales proies) et en hiver. Cette activité nutritionnelle est plus faible en été et en automne, les fortes valeurs du coefficient de vacuité enregistrées au cours de ces deux saisons peuvent être liées à une diminution de l'activité nutritionnelle pendant la période estivale de recrutement ; les femelles gravides ne se nourriraient plus du fait de la forte compression de l'estomac par les ovaires matures. Enfin, il faut également remarquer que le nombre moyen de proies ingérées varie en fonction de la taille des individus. Les plus grands individus (classe de taille L2 pour *P. microps* et L3 pour *P. minutus*) se nourrissent plus que les individus plus petits d'une part du fait du volume stomacal plus faible chez ces derniers et d'autre part du fait de besoins nutritionnels plus importants chez les poissons de grande taille.

De plus, il convient de remarquer que le régime alimentaire de ces deux gobiidés est exclusivement basé sur des espèces pélagiques (copépodes) ou suprabenthiques (décapodes et mysidacés) contrairement à ce qui a pu être observé pour ces espèces dans d'autres systèmes estuariens ou côtiers. Dans l'estuaire de l'Ythan (Healey, 1972), le régime alimentaire de *Pomatoschistus microps* est plus diversifié et basé essentiellement sur le maillon benthique avec une part importante des amphipodes du genre *Corophium* lesquelles vont représenter plus de 50 % du régime alimentaire de *Pomatoschistus microps*. D'autres espèces benthiques, appartenant notamment aux annélides et aux bivalves, font également partie du régime alimentaire de ce gobiidé dans cet estuaire. Cette même diversité du régime alimentaire est observée chez *P. minutus* par Hamerlynck & Cattrijsse (1994) sur les côtes belges avec une part importante du maillon benthique.

Pomatoschistus microps est un très grand prédateur du mésozooplancton dans l'estuaire de la Seine. Son régime alimentaire est très différent de celui établi dans d'autres milieux de caractéristiques environnementales différentes : dans l'estuaire de la Seine son alimentation est assurée presque exclusivement par les copépodes du genre *Eurytemora* alors que dans d'autres estuaires ou zones côtières, les proies sont à la fois benthiques et pélagiques. Par conséquent, Il semble que cette espèce adapte son régime en fonction de la disponibilité des proies.

VI.2. Régime alimentaire du décapode *Palaemon longirostris*

Seules deux classes de taille (L2 : 20-29 mm) et L3 (>29 mm) ont fait l'objet d'une étude, les individus de taille inférieure à 20 mm (L1) n'ont pas été récoltés en abondance suffisante pour pouvoir calculer des indices représentatifs (Nombre moyen de proies par estomac Np et coefficient de vacuité Cv) (Figure VI.5.).

En hiver, le régime alimentaire des individus de la classe de taille L2 est essentiellement composé de décapodes (larves et juvéniles de crangonidés notamment) qui représentant 87,5 % des proies de *Palaemon longirostris* alors que les individus de grande taille (L3 , > 29 mm) ont un régime plus diversifié, les mysidacés représentant 66,6 % des proies (*Neomysis integer* : 33,3 %) et les décapodes ne représentant plus que 33,3 % des proies.

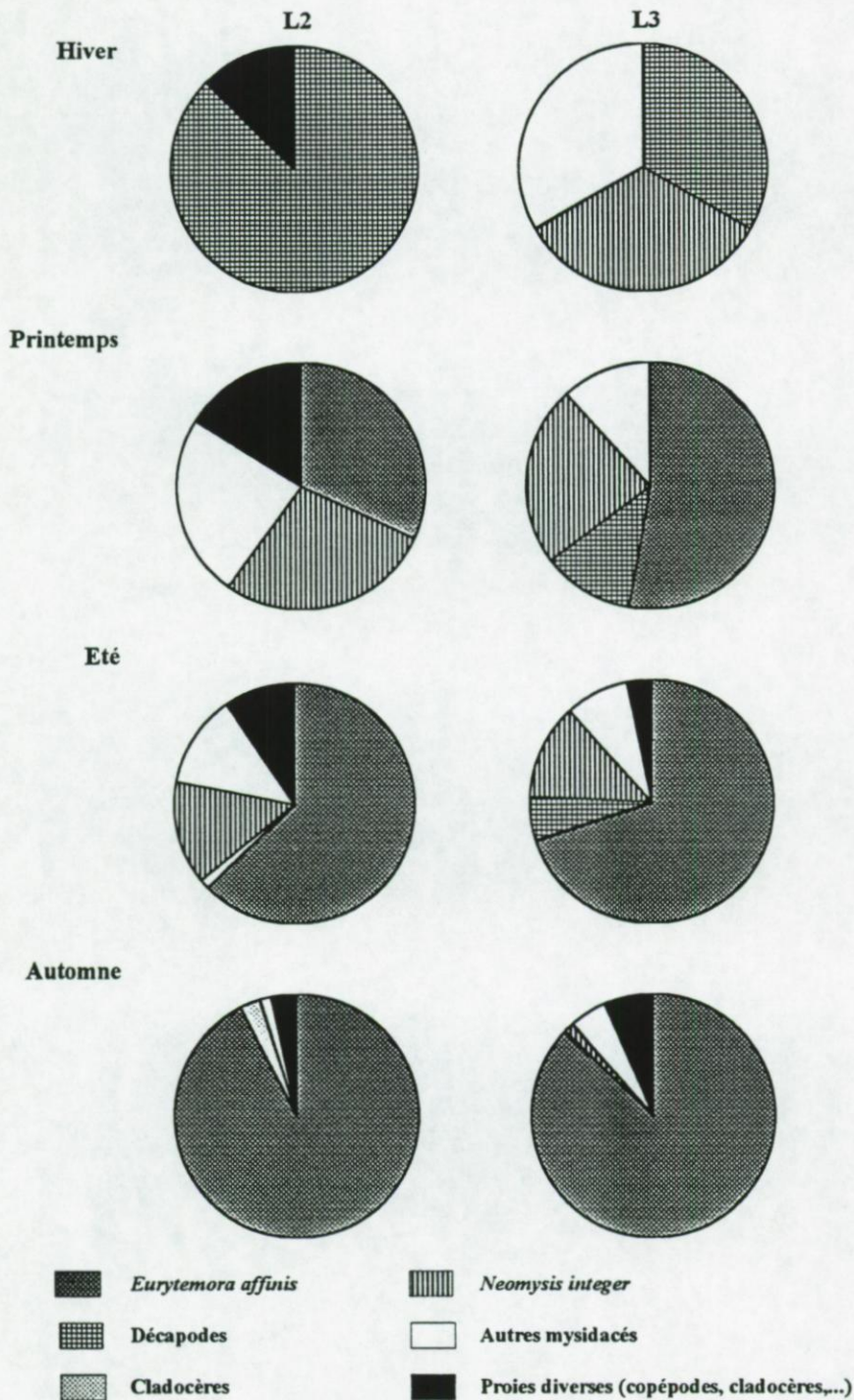


Figure VI.5. Evolution saisonnière du régime alimentaire du décapode *Palaemon longirostris* en fonction de la taille des crevettes au cours de l'année 1996. L1 : longueur totale < 20 mm ; L2 : 20mm < longueur totale < 29 mm et L3 : longueur totale > 29 mm.

Dès le printemps, le régime alimentaire de *Palaemon longirostris* (L2 et L3) se modifie avec une part de plus en plus importante du copépode *Eurytemora affinis* du printemps à l'automne ; le rapport en nombre Cn du copépode présente des valeurs évoluant

de 30,8 % (printemps) à 92,4 % (automne) pour les individus de la classe L2 et de 52,9 % (printemps) à 87,1 % (automne) pour les individus plus grands de la classe de taille L3. Cette dominance du copépode dans le bol alimentaire de *Palaemon longirostris*, à partir du printemps, s'accompagne d'une décroissance de la part des mysidacés (de 50 % à 1,4 % pour L2 et de 34,3 % à 7,4 % pour L3) et des décapodes notamment pour la classe L3 (de 11,8 % à 0 % en automne) dans son régime alimentaire.

Le coefficient de vacuité et le nombre moyen de proies ingérées présentent des fluctuations similaires au cours des saisons (Tableau VI.III.) pour les deux classes de taille étudiées (L2 et L3) ; la classe de taille L1 n'est pas présentée car le peu d'individus de cette classe prélevés au cours de l'année 1996 ne permettent pas d'étudier l'évolution saisonnière des deux indices.

Le coefficient de vacuité diminue du printemps à l'automne mais reste toujours important avec des valeurs supérieures à 60 % ; ce coefficient de vacuité redevient ensuite beaucoup plus fort en hiver où il présente ces valeurs saisonnières maximales (83,4 % pour L2 et 81,3 % pour L3). Le nombre moyen de proies ingérées présente une évolution saisonnière inverse avec une augmentation progressive au cours des trois premières saisons du cycle annuel (printemps, été et automne) sans toutefois dépasser 4 proies en moyenne dans les estomacs aussi bien pour les individus de la classe de taille L2 que ceux de la classe de taille L3. En hiver, le nombre moyen de proies est très faible de l'ordre de 0,2 proies.

En résumé, *Palaemon longirostris* présente un rythme saisonnier de nutrition corrélé avec l'évolution des abondances du copépode majoritaire de l'estuaire de la Seine, *Eurytemora affinis* ; la dominance de ce copépode dans le régime alimentaire de *Palaemon longirostris* étant observée pendant les période de fortes densités du copépode.

Tableau VI.III. Evolution saisonnière du nombre moyen de proies N_p et du coefficient de vacuité C_v dans deux classes de tailles différentes du décapode *Palaemon longirostris* (L2 : 20-29 mm ; L3 > 29 mm). Hiver : décembre, janvier, février ; printemps : mars, avril, mai ; été : juin, juillet, août ; automne : septembre, octobre, novembre. La classe de taille L1 (< 20 mm) n'est pas présentée ici du fait de la faible représentativité des individus au cours de l'année (présence en juillet et en décembre)

	Classe de taille L2		Classe de taille L3	
	N_p	C_v	N_p	C_v
Printemps	0,9	81,8	1,1	79,2
Eté	2,0	70,2	1,5	66,3
Automne	3,5	65,3	2,3	57,1
Hiver	0,2	83,4	0,2	81,3

D'autre part, il apparaît que le régime alimentaire est différent l'hiver en fonction de la taille des individus peut être en relation avec une mobilité accrue des individus de grande taille. De plus, d'après les évolutions saisonnières du nombre moyen de proies et du taux de vacuité, *Palaemon longirostris* semble se nourrir plus en période estivale et automnale corroborée par un taux de vacuité le plus faible à cette période (taux restant tout de même très élevé supérieur à 60 %) ; aucune différence d'activité nutritionnelle ne semble apparaître au cours des saisons en fonction de la taille des individus.

Il faut tout de même souligner que l'analyse des contenus des chambres gastriques des *Palaemon longirostris* est délicate du fait du degré important de dégradation des proies par mastication. De plus, l'analyse par binoculaire de ces contenus ne permet pas d'identifier la nature de la matière dégradée par les pièces buccales du décapode. Des analyses chimiques complémentaires des contenus stomacaux de *Palaemon longirostris* ont permis d'étudier de façon plus précise le régime alimentaire de ce décapode (Beghin *et al.*, 1996).

En Gironde, les copépodes ne présentent qu'une part négligeable du régime alimentaire des crevettes (Sorbe, 1983) de même qu'en Loire (Marchand, 1981) (Tableau

VI.IV.) ; les mysidacés *Neomysis integer* (F : 68,7 % en Gironde) et *Mesopodopsis slabberi* (F : 22,9 % en Gironde) sont, dans ces deux estuaires, les proies préférentielles de *Palaemon longirostris*. De plus, il est à noter une part non négligeable du maillon benthique (F : 22,8 % ; annélides principalement) dans le régime alimentaire de *Palaemon longirostris* en estuaire de la Loire (Marchand, 1981) par rapport à l'estuaire de la Gironde (F : 2,1 %) et à l'estuaire de la Seine où il n'y a pas de proies benthiques dans le régime alimentaire de *Palaemon longirostris*.

Tableau VI.IV. Comparaison des fréquences des copépodes (%), des mysidacés, des proies benthiques et des détritits dans les contenus gastriques du décapode *Palaemon longirostris* dans les trois estuaires français majeurs. Gironde : Sorbe (1983) ; Loire : Marchand (1981) ; Seine : présente étude.

	Gironde	Loire	Seine
Copépodes	5,0	5,7	42,2
Mysidacés	68,7	22,9	18,1
Proies benthiques	2,1	22,8	-
Détritits	42,1	67,3	92,1

Les concentrations de détritits dans les chambres gastriques sont nettement plus élevées que celles trouvées par Sorbe en Gironde [F(débris+vase) : 42,1 %, en moyenne sur l'année]. Dans l'estuaire de la Loire, la moyenne annuelle de la fréquence de ces détritits ne dépasse pas 67,3 % (Marchand, 1981). Le taux élevé des détritits (F : de 80 à 100 %) en Seine pendant le mois de février peut être lié à la forte abondance de détritits dans la masse d'eau à cette époque. Il est probable que ces détritits aient surtout un rôle mécanique dans la digestion des aliments par broyage comme l'a suggéré Marchand (1981).

En résumé, *Palaemon longirostris* possède un régime alimentaire à tendance carnivore et adapte son régime alimentaire en fonction de l'abondance des proies : copépodes dans l'estuaire de Seine, mysidacés et annélides pour la Loire (Marchand, 1981).

VI.3. Réseau trophique de l'estuaire de la Seine en zone oligohaline

A partir des résultats sur les régimes alimentaires des deux gobiidés du genre *Pomatoschistus* et du décapode *Palaemon longirostris* et en s'appuyant sur des données de la bibliographie concernant l'alimentation des espèces qui n'ont pas fait l'objet d'études particulières dans ce travail, un réseau trophique a été établi dans la zone estuarienne oligohaline située entre le Pont de Normandie (limite aval) et le Pont de Tancarville (limite amont). Les trois espèces suprabenthiques étudiées, *Palaemon longirostris*, *Pomatoschistus microps* et *P. minutus*, présentent donc dans cette zone de l'estuaire un régime alimentaire basé sur des organismes pélagiques avec une prédominance du copépode *Eurytemora affinis*. Ce réseau trophique exclusivement pélagique est également une des particularités de la partie chenalisée de l'estuaire de la Seine qui se singularise des autres estuaires comme la Loire, la Gironde ou l'Escaut où la part du macrozoobenthos dans le réseau trophique peut être importante. Ceci est sans doute dû au dragage continu de cette partie de l'estuaire limitant fortement la colonisation du milieu par le benthos. Plus en aval, dans la zone d'embouchure et dans les deux fosses nord et sud de l'estuaire, les peuplements macrozoobenthiques intertidaux et subtidaux sont très riches (Desprez, 1981 ; Elkaim *et al.*, 1982 ; Mouny *et al.*, 1998) à l'inverse de la communauté pélagique. L'alimentation des maillons supérieurs du réseau trophique est dans ces conditions différente de celle rencontrée plus en aval comme le souligne Bessineton *et al.* (1998) pour les flets (*Platichthys flesus*) et les bars (*Dicentrarchus*

labrax) dont le régime alimentaire présente une composante benthique importante (benthos intertidal et subtidal) avec notamment des annélides (*Pectinaria koreni*, *Lanice conchilega*, *Nephtys* spp. ou encore *Owenia fusiformis*) et des bivalves (*Macoma balthica*, *Abra alba*). Ces deux poissons montrent néanmoins un régime alimentaire à tendance pélagique lorsque ceux-ci sont localisés dans la zone oligohaline de l'estuaire.

L'analyse des contenus stomacaux d'*Eurytemora affinis* récoltés pendant la période printanière, basée sur la détermination et la quantification des composés lipidiques du bol alimentaire, a montré qu'une part importante du phytoplancton était ingérée par *Eurytemora affinis* du fait de la présence d'acides gras polyinsaturés d'origine phytoplanctonique dans les copépodes (Beghin *et al.*, 1998). En effet, d'après ces analyses, il apparaît qu'*Eurytemora affinis* se nourrit de diatomées et de chlorophycées voire de cyanophycées. En revanche, par cette approche méthodologique, aucun marqueur de particules détritiques d'origine terrigène ou fécale (acides gras et stérols) n'est mis en évidence indiquant que les copépodes ne se nourrissent probablement pas sur ce compartiment détritique.

En complément à ces analyses des marqueurs biochimiques, une analyse des marqueurs pigmentaires phytoplanctoniques a été réalisée (Cottonnec *et al.*, 1998). Ainsi, la comparaison des cortèges pigmentaires du pool nutritif et des copépodes a mis en évidence une sélectivité des particules phytoplanctoniques par les copépodes. Les jeunes stades d'*Eurytemora affinis* consomment préférentiellement des cryptophycées et des diatomophycées alors que les stades âgés se nourrissent plus de cyanobactéries et diatomophycées. De plus, ces analyses ont montré que les jeunes stades couvrent leurs besoins nutritionnels par le broutage du phytoplancton (régime herbivore préférentiel) tandis que ce phytoplancton ne peut supporter à lui seul les besoins des stades âgés. Afin de couvrir tous leurs besoins, ces stades âgés d'*Eurytemora affinis* se nourriraient sur un autre maillon

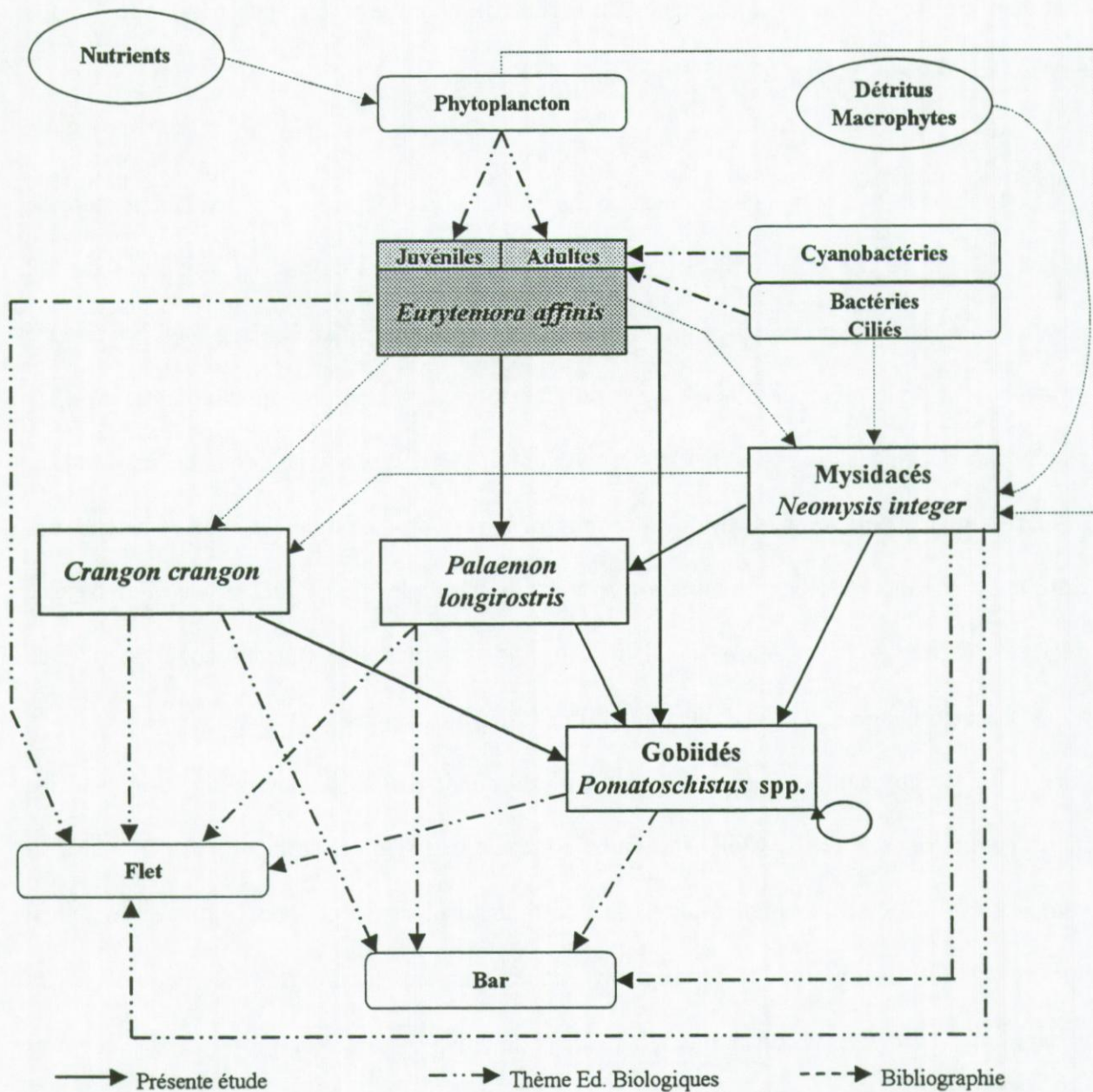


Figure VI.6. Schéma récapitulatif du réseau trophique pélagique de la partie oligohaline de l'estuaire de la Seine (entre le Pont de Normandie et le Pont de Tancarville) regroupant les données de la présente étude et des différents laboratoires associés au thème Edifices Biologiques du programme Seine Aval. [Cellule de Suivi du Littoral Haut Normand, UPRES A ELICO (Lille, Wimereux)].

notamment des bactéries hétérotrophes et des ciliés conférant à ces stades un régime alimentaire à tendance omnivore. Ces différents résultats rejoignent ceux de Gasparini (1997) qui a montré le rôle important du phytoplancton et de la boucle microbienne dans l'alimentation d'*Eurytemora affinis* en estuaire de Gironde. Ces deux entités sont plus ou moins importantes dans le régime alimentaire du copépode en fonction de la teneur en M.E.S. du milieu : fortes teneurs en M.E.S., régime alimentaire basé sur la boucle microbienne ; faibles teneurs en M.E.S., régime alimentaire basé sur la production phytoplanctonique.

Des compléments sur le régime alimentaire du décapode *Palaemon longirostris*, par analyse des marqueurs biochimiques, ont permis de compléter les analyses par binoculaire (Beghin *et al.*, 1998). Ainsi, le rapport C/N et la proportion de cholestérol, des contenus stomacaux des crevettes, proche de ceux du copépode *Eurytemora affinis* suggèrent que ces crevettes se nourrissent essentiellement de copépode, la présence de marqueurs phytoplanctoniques détectés étant liés au bol alimentaire des copépodes ingérés. Les crevettes ne semblent pas, en revanche, ingérer de particules détritiques d'origine terrigène, fécale ou algale.

En synthèse, la figure VI.6. présente un réseau trophique simplifié de la zone oligohaline de l'estuaire, élaboré à partir des travaux réalisés sur le réseau trophique par les différents laboratoires impliqués dans le thème Edifices Biologiques du programme Seine Aval. Celui-ci montre d'une part que le copépode majoritaire de l'estuaire de la Seine, *Eurytemora affinis*, est au centre du réseau ; les fortes abondances de ce copépode permettent de supporter les pressions de prédatons multiples dans l'estuaire notamment au printemps. L'importance de ce copépode dans le réseau trophique de cette zone de l'estuaire de la Seine, confère à ce réseau trophique une particularité par rapport aux autres grands estuaires nord-européens (Gironde et Loire par exemple) puisque celui-ci est totalement tributaire du pelagos

même pour des espèces de poissons aux préférences alimentaires benthiques comme les flets et les gobiidés notamment. Cette particularité est en fait une adaptation aux conditions environnementales et anthropiques qui ont conduit à une disparition du maillon benthique dans la zone étudiée et met également en évidence les facultés d'adaptation des espèces prédatrices (poissons, décapodes) de l'estuaire de la Seine afin d'utiliser au maximum les ressources disponibles.

L'établissement d'un tel réseau trophique est une étape importante dans la démarche scientifique du thème Edifices Biologiques du programme Seine Aval puisque celui-ci est indispensable à de nombreuses équipes étudiant, plus particulièrement, les taux de contaminations en PCB et en métaux dans les différents maillons biologiques de l'estuaire ainsi que le cheminement et les éventuelles bioaccumulations de ces contaminants dans le réseau trophique (Loizeau *et al.*, 1998 ; Miramand *et al.*, 1996).

Afin de comprendre de façon plus précise le fonctionnement de ce réseau trophique pélagique de l'estuaire de la Seine, il serait nécessaire maintenant d'étudier les régimes alimentaires des mysidacés et notamment de *Neomysis integer* en estuaire de Seine. De plus, des études sur les premiers maillons de ce réseau s'avèrent indispensables afin de quantifier notamment la part du phytoplancton et de la boucle microbienne dans un tel réseau trophique.

Conclusion générale

Depuis longtemps, les estuaires ont intrigué la communauté scientifique d'une part du fait de l'exubérante biomasse des populations estuariennes par rapport aux milieux marins proches et d'autre part à cause de la complexité physico-chimique de ces écosystèmes. Néanmoins, malgré cet engouement, seul le plancton pélagique a été longtemps l'unique maillon biologique étudié. Ainsi, les premières études sur la communauté estuarienne, sans tenir compte des premiers inventaires des faunes qui ont été à l'origine des principales descriptions du plancton estuarien (Poppe, 1880 ; Giesbrecht, 1881), apparaissent dès 1929 avec Percival qui dresse un catalogue des différentes connaissances acquises sur l'estuaire de la Tamar. Mais, les études intégrées sur les systèmes estuariens sont recensées dans les années 1960 en Amérique du nord (Cronin *et al.*, 1962 ; Heinle, 1966, 1969 ; Heron, 1967 ; Wilson *et al.*, 1966) et dans les années 1970 en Europe (de Pauw, 1973 ; Von Vaupel-Klein *et al.*, 1975 par exemple).

La faune démersale a été étudiée plus tardivement du fait la difficulté d'échantillonnage de ce maillon. L'utilisation de traîneaux a considérablement augmenté le nombre d'étude de la faune démersale aussi bien en milieu marin qu'en milieu estuarien. En Europe, les premières études sur la faune démersale estuarienne ont été réalisées par Sorbe (1983) en Gironde. D'autres grands estuaires européens ont été étudiés plus tard : l'estuaire de l'Escaut et de l'Ems aux Pays-Bas (Mees & Hamerlynck, 1992 ; Mees *et al.*, 1993, 1994, 1995 ; Mees, 1994).

Bien que les études des systèmes estuariens aient été de plus en plus nombreuses au cours des dernières années que ce soit pour les maillons pélagique ou suprabenthique, l'estuaire de la Seine n'avait fait l'objet, à ce jour, d'aucune étude spécifique de ces communautés.

De ce fait mon travail, exposé dans ce mémoire sur les communautés mésozooplanctoniques et suprabenthiques de l'estuaire de la Seine, donne un aperçu aussi

exhaustif que possible tant au niveau inventaire faunistique qu'au niveau étude écologique des espèces des deux communautés. De plus, les différents résultats exposés servent de base à d'autres études, réalisées dans le cadre du programme Seine Aval, comme sur les mécanismes et processus de contaminations par les PCB et les métaux (Miramand *et al.*, 1996 ; Loizeau *et al.*, 1998) dans le réseau trophique avec le suivi des bioaccumulations dans ce réseau. Pour ce faire, il était indispensable d'une part de connaître l'écologie et le comportement des principales espèces vivant dans l'estuaire de Seine et d'autre part d'établir un réseau trophique dans la zone étudiée.

Le premier objectif de mon travail était de faire un inventaire des espèces. Cet inventaire, réalisé à partir de 107 prélèvements par traîneau (soit 428 filets) et 580 prélèvements de plancton (par filet WP2 et bouteille Niskin), a abouti au recensement de 140 taxa ou espèces, collectés dans l'estuaire depuis 1993 (de la baie de Seine jusqu'aux eaux douces du fleuve), dont 57 appartenant au mésozooplancton et 73 au suprabenthos. Il aboutit à la reconnaissance d'une faune constituée dans la partie aval d'espèces d'origine marine (copépodes *Temora longicornis* et *Euterpina acutifrons*, mysidacés *Gastrosaccus spinifer* et *Schistomysis* spp., la crevette grise *Crangon crangon* et les poissons comme le gobiidé *Pomatoschistus minutus*, le bar *Dicentrarchus labrax* par exemple), et dans la partie amont d'espèces d'origine dulçaquicole (comme les cladocères *Bosmina* spp. et *Daphnia* spp., le copépode *Acartocyclops robustus* et le poisson *Gasterosteus aculeatus*) ; des espèces caractéristiques des zones estuariennes colonisent la partie moyenne de l'estuaire comme le mysidacé *Neomysis integer*, le décapode *Palaemon longirostris*, le gobiidé *Pomatoschistus microps* et le copépode *Eurytemora affinis*. Bien que de nombreuses similitudes entre la faune planctonique et démersale de l'estuaire de la Seine et les faunes des autres grands estuaires nord européens (Gironde, Loire, Escaut et Ems notamment) aient été mises en évidence

avec la présence d'espèces caractéristiques de tous ces systèmes estuariens comme le copépode calanoïde *Eurytemora affinis* pour la communauté mésozooplanctonique, le mysidacé *Neomysis integer*, le décapode *Palaemon longirostris* et le poisson *Pomatoschistus microps* pour la communauté suprabenthique, l'estuaire de la Seine se caractérise, par rapport à ces quatre estuaires majeurs de l'Europe du nord, par de très fortes abondances du copépode *Eurytemora affinis* et du décapode *Palaemon longirostris*.

En terme d'ichtyofaune, les recensements réalisés au cours de mon travail complétés avec l'inventaire effectué par le Cemagref et la Cellule du Suivi du Littoral Haut-Normand (Rochard *et al.*, 1997) ont montré plusieurs particularités de l'estuaire de la Seine par rapport à la Gironde. Ainsi il apparaît, dans la partie salée de l'estuaire de la Seine, une absence de poissons migrateurs d'origine marine comme le saumon, l'aloise et l'esturgeon. Ces espèces sont régulièrement observées en estuaire de Gironde. De même, par rapport à la Gironde, l'absence des subadultes de mullet caractérise l'estuaire de la Seine comme les faibles densités de poissons plats (soles, plies) enregistrées dans la partie chenalisée de l'estuaire de la Seine (entre le Pont de Normandie et le Pont de Tancarville). De plus, Rochard *et al.* (1997) soulignent que les densités de poissons en Seine sont particulièrement faibles aussi bien pour les espèces benthiques que pélagique.

L'appauvrissement de l'ichtyofaune en Seine pourrait être lié à la mauvaise qualité des eaux, au déficit en oxygène qui est connu comme un facteur limitant pour la pénétration en estuaire des espèces migratrices mais également à l'absence de proies spécifiques (peu de benthos en estuaire par exemple) aux poissons migrateurs. D'autre part, la raréfaction de la faune benthique liée aux dragages réguliers du chenal d'accès au port de Rouen sont sans doute responsables de la pauvreté en espèces de poissons necto-benthiques. Notons de plus que cette diminution des poissons en estuaire de Seine a eu un impact économique important pour la région

avec la disparition progressive des activités de pêches dans l'estuaire qui s'étendaient non seulement dans la partie saline de l'estuaire mais aussi dans la partie fluviale de l'estuaire.

Le deuxième objectif de ce travail a été de mettre en évidence les structures spatiales et temporelles des deux communautés étudiées : le mésozooplancton et le suprabenthos. Au niveau spatial, ces deux communautés de l'estuaire de la Seine présentent une structure longitudinale en fonction du gradient halin. La zone polyhaline (salinité de surface comprise entre 18,0 P.S.U. et 30,0 P.S.U.) est surtout dominée par les espèces marines vivant en baie de Seine comme les copépodes du genre *Acartia*, *Temora longicornis*, *Calanus* spp. et *Euterpina acutifrons*, l'appendiculaire *Oikopleura dioica* et les cladocères marins du genre *Evadne* mais également les mysidacés *Gastrosaccus spinifer*, *Mesopodopsis slabberi* et *Schistomysis* spp. et le décapode *Crangon crangon*. La zone oligohaline, caractérisant la partie amont de l'estuaire salé (salinité de surface inférieur à 5,0 P.S.U.), est dominée par seulement quatre espèces qui y présentent en général leur maximum d'abondance : le copépode *Eurytemora affinis*, le mysidacé *Neomysis integer*, le décapode *Palaemon longirostris* et le gobiidé *Pomatoschistus microps*. La zone de transition ou zone mésohaline, où les salinités de surfaces sont comprises entre 18,0 et 5,0 P.S.U., est caractérisée par les espèces présentent dans les zones soit aval soit amont dont l'aire de répartition est plus ou moins large. On y recense ainsi les mysidacés *Neomysis integer* et *Mesopodopsis slabberi* et le décapode *Crangon crangon*, ces deux dernières espèces étant abondantes dans cette zone surtout lors de leur période de recrutement en fin de printemps et début d'été ; ces espèces utilisant alors l'estuaire comme nurserie. D'autre part, les deux copépodes *Acartia* spp. et *Eurytemora affinis* sont également présents dans cette zone mais toujours avec une forte dominance d'*E. affinis*. La répartition spatiale des espèces en estuaire de

Seine a permis de mettre en évidence l'importance de la zone oligohaline dans le fonctionnement de cet écosystème. En effet, il apparaît que cette zone est, tout au long de l'année, la zone de plus fortes densités et biomasses des principales espèces vivant en estuaire de Seine.

Cette structuration spatiale des communautés mésozooplanctoniques et suprabenthiques en fonction du gradient de salinité est également mise en évidence lorsque l'on réalise un suivi de 24h dans la partie estuarienne soumise à l'influence des marées (Pont de Normandie, Bouée 26) ; les différentes espèces apparaissent à cette station à des moments précis du cycle de marée. Ainsi, les espèces localisées dans la zone polyhaline sont observées dans l'estuaire lors des périodes de flot et de pleine mer tandis que les espèces inféodées à la zone oligohaline sont recensées, au Pont de Normandie, lors des périodes de jusant et de basse mer.

Comme il a été souligné régulièrement dans ce mémoire, la salinité est le facteur environnemental prépondérant dans la structuration des communautés biologiques de l'estuaire de la Seine. Toutefois, l'influence de la turbidité et principalement la zone de maximum de turbidité (bouchon vaseux) joue un rôle secondaire non négligeable. En effet, il apparaît, d'après les différentes études réalisées sur le mésozooplancton et le suprabenthos, des relations entre la répartition des espèces et celle du bouchon vaseux dans l'estuaire. Il semblerait que ce bouchon de turbidité n'intervienne que de façon indirecte sur la répartition des espèces limitant la dispersion aval ou amont des différentes espèces. Les espèces marines, aussi bien planctoniques que suprabenthiques, se localisent toujours en aval de cette zone qui limite éventuellement leur progression vers l'amont alors que les espèces de la zone oligohaline de l'estuaire se trouvent généralement en amont du bouchon de turbidité. D'autre part, le positionnement du copépode *Eurytemora affinis* à proximité du bouchon vaseux (dans la partie amont) s'expliquerait par des

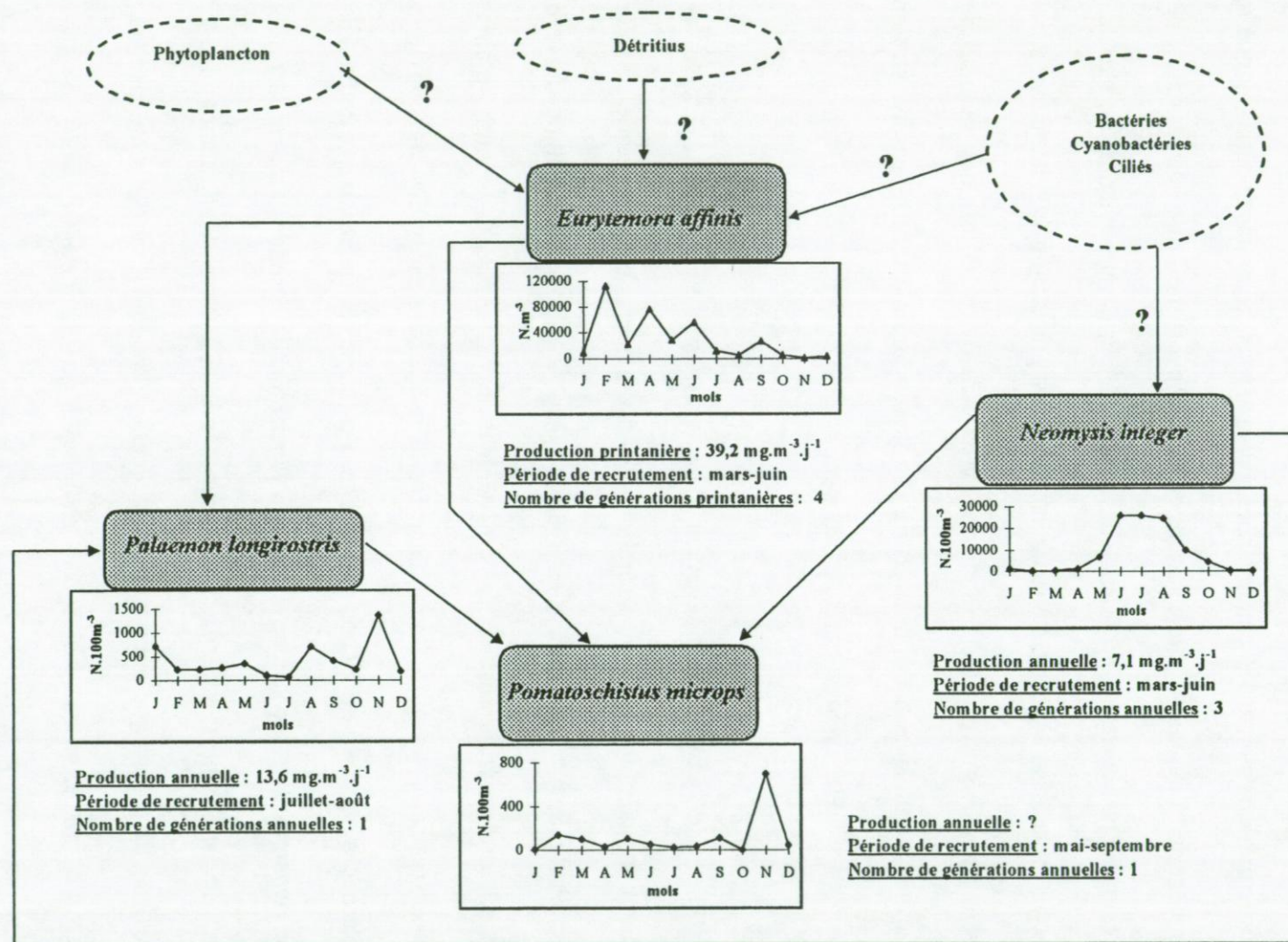


Figure VII.1. Schéma synthétique du fonctionnement de l'écosystème estuarien de la Seine au niveau de la zone oligohaline (salinité de surface inférieure à 5,0 P.S.U.) avec indications des principales caractéristiques démographiques des espèces suprabenthiques et mésozooplanctoniques dominantes dans cette zone (production printanière pour *E. affinis* et annuelle pour le suprabenthos, période de recrutement et nombre de générations durant cette période) ; présentation de l'évolution annuelle des abondances des différentes espèces au cours de l'année 1996.

mécanismes de rétention du copépode similaires à ceux des particules piégées dans ce bouchon. Enfin, il apparaît également que ce bouchon vaseux serait une zone favorable pour les espèces suprabenthiques estuariennes qui y trouveraient un stock important de matière organique et de nourriture (copépodes). En revanche, il ne semble pas y avoir d'influence directe de l'oxygène dissous sur la répartition des espèces mésozooplanctoniques et suprabenthiques. En fait, bien que l'estuaire de la Seine présente des niveaux d'oxygène dissous pouvant être relativement faibles notamment en zone amont (inférieur à 2 mg.l⁻¹), le gradient d'oxygène dissous n'a pas d'influence sur la répartition du suprabenthos et du mésozooplancton contrairement aux estuaires de la Gironde (Castel, 1984) et de l'Escaut (Mees, 1994) où celui-ci est nettement plus influant sur les répartitions des espèces. Ceci est dû au fait qu'en estuaire de Seine, le déficit en oxygène est temporaire dans la zone aval de l'estuaire et est lié généralement aux conditions de mortes eaux estivales alors que dans la Gironde et dans l'Escaut, celui semble plus permanent.

Le suivi annuel des deux communautés biologiques majeures de l'estuaire de la Seine (mésozooplancton et suprabenthos) a permis de mettre en évidence les périodes de recrutement des principales espèces vivant dans la zone oligohaline de l'estuaire de la Seine (Figure VII.1.). Ainsi, au printemps, cet écosystème est caractérisé par l'exubérante abondance du copépode *Eurytemora affinis* dont la période de recrutement commence en début de printemps avec l'augmentation des températures de l'eau (mars) et se poursuit jusqu'en juin au moment où les températures de l'eau deviennent limitantes pour ce copépode. Au cours de cette période printanière de recrutement et de maximum d'abondance, quatre générations successives sont observées. De même, en début de printemps, le premier recrutement du mysidacé *Neomysis integer* apparaît avec la reproduction des individus de la population hivernale de l'année

précédente. Au cours de la période de reproduction intense, observée de mars à septembre, trois générations sont mises en évidence ; cinq cohortes (deux de l'année précédente et trois de l'année) sont observées au cours du suivi annuel dans l'estuaire de la Seine. Contrairement à *Neomysis integer*, les deux autres espèces suprabenthiques majeures de l'estuaire de la Seine présentent une période de reproduction plus tardive. Les gobiidés du genre *Pomatoschistus* montrent une période de reproduction entre mai et septembre donnant lieu à deux recrutements ; le premier de ces recrutements apparaît en fin de printemps et début d'été (mai-juin) et est à l'origine de la seule génération observée au cours de l'année pour *P. microps*. Le deuxième recrutement de septembre est énigmatique car bien que les larves soient observées à cette période dans l'estuaire de la Seine, celles-ci disparaissent totalement de l'estuaire à partir du mois d'octobre. Cette disparition peut avoir plusieurs explications : soit il existe une très forte mortalité des larves issues du recrutement automnal ou soit ces larves ont réalisé une migration vers l'aval ou l'amont de la zone étudiée afin de trouver des conditions hivernales favorables ou soit enfin ces larves (difficiles à identifier) mettent en évidence le recrutement d'une autre espèce de gobiidé présente en baie de Seine (*Cristallogobius* spp., *Gobius niger*).

Le décapode *Palaemon longirostris* présente, quant à lui, une période relativement courte de recrutement puisque celle-ci ne dure que deux mois de juillet à août. De ce fait, et comme pour le gobiidé *P. microps*, une seule génération (une classe d'âge) est observée au cours du cycle annuel provenant du recrutement de la population de l'année précédente.

Le dernier objectif de ce travail était de fournir les premiers éléments d'un réseau trophique de la zone oligohaline. Les premiers résultats, obtenus sur les régimes alimentaires du décapode *Palaemon longirostris* et du gobiidé *Pomatoschistus microps*, ont montré une part importante du

copépode *Eurytemora affinis* dans leur régime. Ce copépode est, en fait, au centre de ce réseau trophique pélagique dans la zone oligohaline de l'estuaire de la Seine et peut à certaines périodes (notamment au printemps) constituer l'unique source de nourriture pour ces espèces suprabenthiques. La contribution du benthos est quasi inexistante dans cette zone estuarienne du fait du dragage incessant de la partie chenalisée empêchant toute colonisation au fond.

En conclusion, ce travail sur les communautés mésozooplanctonique et suprabenthique de l'estuaire de la Seine fournit les premiers éléments du fonctionnement de l'écosystème estuarien de la Seine. Cet écosystème, en zone oligohaline, est ainsi centré sur le copépode dominant *Eurytemora affinis* dont les fortes densités printanières (caractérisant l'estuaire de la Seine par rapport aux autres systèmes estuariens nord européens) supportent le développement printanier et estival des populations suprabenthiques comme celles de *Neomysis integer*, de *Palaemon longirostris* et de *P. microps*. La figure VII.1. synthétise les résultats majeurs sur le fonctionnement de cet écosystème estuarien de la Seine.

Enfin il convient de rappeler que l'une des questions posées au thème Edifices Biologiques était d'identifier des indicateurs, espèces cibles ou modifications morphologique ou biologique du compartiment vivant permettant de statuer sur l'état de santé de l'estuaire et suivre ultérieurement les changements de l'écosystème estuarien dans le cas de prise de mesures ayant pour but la restauration d'une meilleur qualité des eaux. D'après les résultats exposés dans ce mémoire il semble difficile de déterminer une espèce cible car les principales espèces présentes en estuaire de Seine sont des espèces robustes et résistantes à de fortes perturbations ; elles sont des espèces adaptées aux conditions fluctuantes de l'écosystème estuarien. Des voies d'investigation sont proposées en perspective notamment l'étude des indices comme le taux de fécondité ou les

modifications de la morphologie d'*E. affinis* ou de *Neomysis integer* (Castel & Feurtet, 1986, 1993 ; Mess, 1994) qui pourraient éventuellement apporter des réponses sur la qualité des eaux. De plus, il serait intéressant d'étudier le comportement des espèces de poissons marins qui présentent ou présentaient (poissons migrateurs) une écophase dans l'estuaire. Des modifications sur la pénétration de ces espèces en Seine comme par exemple un retour de certaines espèces de poissons pourraient signifier une amélioration de la qualité des eaux.

Perspectives

Aux vues des différents résultats acquis au cours de la première phase du Programme Seine-Aval, plusieurs études complémentaires apparaissent nécessaires pour comprendre de façon plus précise le fonctionnement de l'estuaire de la Seine.

1- Au cours des tous prochains mois, une modélisation de la répartition de la population du copépode *E. affinis* va être entreprise en collaboration avec Pierre le Hirr du laboratoire Ifremer DEL/EC-TP en utilisant le modèle SAM 3D afin d'étudier les mécanismes de rétention et de dispersion du copépode dans l'estuaire. D'autre part, une modélisation de la dynamique d'*E. affinis*, en collaboration avec Jean-Christophe Poggiale du C.O.M. (Université de Méditerranée) est en cours en utilisant le modèle dynamique d'Argentesi *et al.* (1974) et en y apportant des compléments notamment par l'introduction de plusieurs variables supplémentaires comme la température, l'évolution de la salinité le long de l'estuaire mais également l'évolution des différents stades de la population. Ces études apparaissent innovantes en terme d'écologie

estuarienne puisque quasiment aucune modélisation des espèces estuariennes intégrant la physique et la biologie ont été faites.

De plus, l'exploitation des cycles de 24h réalisés en février et septembre 1995 sera prochainement effectuée en collaboration avec le laboratoire de Géologie de l'Université de Rouen afin d'étudier le couplage biologie/sédimentologie (évolution journalière du bouchon vaseux).

2- Des suivis sur plusieurs cycles de marée (au moins 96 heures avec un prélèvement horaire) des communautés suprabenthique et mésozooplanctonique, avec discrétisation de la colonne d'eau (Dauvin *et al.*, 1998) permettront d'analyser le synchronisme entre les rythmes tidaux et nycthéméraux et les migrations journalières ou tidal des espèces estuariennes par l'utilisation de cross-corrélations. L'échantillonnage à différentes profondeurs permettra de renseigner sur la distribution verticale d'*E. affinis* dans la colonne d'eau.

3- Les dernières perspectives de ce travail concernent le réseau trophique établi dans la zone oligohaline. En effet, comme le montre la figure VII.1., des interrogations subsistent. Ainsi, il est nécessaire d'étudier le régime alimentaire du mysidacé *Neomysis integer* (par des techniques biochimiques principalement) et du décapode *Crangon crangon*. De plus, il est impératif d'étudier le compartiment phytoplanctonique et de quantifier la production primaire estuarienne afin de voir si celle-ci peut supporter les fortes productions du copépode *E. affinis*. Cette étude du phytoplancton de l'estuaire demandera l'application de techniques différentes par rapport à celles utilisées en milieu marin du fait de l'importante masse turbide présente en estuaire et qui est susceptible de perturber les mesures. Des études systématiques permettraient, de plus, de mettre en évidence l'origine de ce phytoplancton (origine marine ou fluviale), qui doit varier au cours du

cycle de marée dans la zone salée de l'estuaire (origine marine pendant le flot et fluviale pendant le jusant). Enfin, il sera important de quantifier la part des différentes sources nutritionnelles d'*E. affinis* (phytoplancton et boucle microbienne) afin de compléter le réseau trophique.

4- Il sera recherché d'identifier les bio-marqueurs ou les bio-indicateurs biologiques d'impact anthropique dans l'estuaire de la Seine. Du fait de la forte variabilité de cet écosystème, le nombre d'espèces autochtones présentes est généralement faible alors que les densités et biomasses peuvent être considérables. La recherche de bio-indicateurs d'impact anthropique peut se faire au travers de l'identification d'organismes cibles intéressants dont la présence ou l'absence sera le témoin d'une modification de l'écosystème (poissons migrateurs). Les modifications de la biologie des autochtones comme *Eurytemora affinis* peuvent aussi être utilisées comme bio-indicateur. Des modifications à court terme peuvent être observées : modification du métabolisme des individus. Des modifications à plus long terme, dues aux temps de génération courts du copépode ou du mysidacé *Neomysis integer*, peuvent aussi être recherchées : modification de la morphologie des individus.

5- Un suivi à long terme des populations planctoniques (*Eurytemora affinis* et *Neomysis integer*) serait intéressant car ces espèces peuvent servir d'indice des variations climatiques (alternance de périodes anticycloniques et cycloniques) corrélées avec des périodes de faibles/fortes précipitations et avec la localisation spatiale des communautés mésozooplanctoniques et suprabenthiques comme l'a observé Castel (1995) pour l'estuaire de la Gironde.

Références bibliographiques

- Aaser, F.H., Jeppesen, E. & Sondegaard, M., 1995.** Seasonal dynamics of the mysid *Neomysis integer* and its predation on the copepod *Eurytemora affinis* in a shallow hypertrophic brackish lake. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 127 : 47-56.
- Allan, J.D., Kinsley, T.G. & James, M.C., 1976.** Abundance and production of copepods in the Rhode River subestuary of Chesapeake Bay. *Chesapeake Sci.*, 17 : 86-92.
- Allen, K.R., 1950.** The computation of production in fish population. *N. Z. Sci. Rev.*, 8 : 85-89.
- Allen, K.R., 1971.** Relation between production and biomass. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 28 : 1573-1581.
- Anonymous, 1970.** Symposium on the classification of brackish waters. Venice 8-14th April 1958. Archivio di oceanografia Limnologia Volume 11, Supplemento (Simposio sulla Classificazione della Acque Salmastre. Venezia 8-14 Aprile, 1958).
- Antheunisse L.J., Lammens, J.J. & Van den Hoven, N.P., 1970.** Diurnal activities and tidal migrations of the brackish water prawn *Palaemonetes varians* (Leach) (Decapoda, Caridea). *Crustaceana*, 19 : 203-217.
- Argentesi, F., de Bernardi, R. & di Cola, G., 1974.** Mathematical models for the analysis of population dynamics in species with continuous recruitment. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 31 : 245-275.
- Astthorsson, O.S. & Ralph, R., 1984.** Growth and moulting of *Neomysis integer* (Crustacea, Mysidacea). *Mar. Biol.*, 79 : 55-61.
- Avoine, J., 1981.** L'estuaire de la Seine : sédiments et dynamique sédimentaire. Thèse de doctorat, Université de Caen, 236 pp.
- Avoine, J., Lesueur, P. & Rouault, T., 1996.** Evolution morphologique et couverture sédimentaire de l'estuaire de la Seine - Actualisations et fluctuations. Rapport final par laboratoire du programme scientifique Seine Aval. Thème : Hydrodynamique et Transport sédimentaire : 2-20.
- Bakker, C., Phaff, W.J., von Ewijk-Rosier, M. & de Pauw, N., 1977.** Copepod biomass in an estuarine tidal and a stagnant environments of the S.W. Netherlands. *Hydrobiologia*, 52 : 3-13.
- Bakker, C. & Van Rijswijk, P., 1994.** Zooplankton biomass in the Oosterschelde (SW Netherlands) before, during and after the construction of a storm-surge barrier. *Hydrobiologia*, 282/283 : 127-143.

- Bakker, C., 1994.** Zooplankton species composition in the Oosterschelde (SW Netherlands) before, during and after construction of a storm-surge barrier. *Hydrobiologia*, 282/283 : 117-126.
- Bamber, R.N. & Henderson, P.A., 1994.** Seasonality of caridean decapod and mysid distribution and movements within the severn Estuary and Bristol estuary. *Biol. J. Linn. Soc.*, 51 : 83-91.
- Ban, S. & Minoda T., 1989.** Seasonal distribution of *Eurytemora affinis* (Poppe, 1888) (Copepoda, Calanoida) in freshwater Lake Ohnuma, Hokkaido. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 40 : 147-153.
- Ban, S., 1992.** Effects of photoperiod, temperature, and population density on induction of diapause egg production in *Eurytemora affinis* (Copepoda: Calanoida) in lake Ohnuma, Hokkaido, Japan. *J. Crust. Biol.*, 12 : 361-367.
- Baretta, J.W., 1983.** The zooplankton of the Ems estuary: quantitative data. In : *Ecology of the Wadden Sea*. 1. Geomorphology - Hydrography. Flore and Vegetation - Invertebrates. W.J. Wolf (Ed.). Balkema, Rotterdam, 145-153.
- Baretta, J.W. & Malschaert, J.F.P., 1988.** Distribution and abundance of the zooplankton of the Ems estuary (North Sea). *Neth. J. Sea Res.*, 22 : 69-81.
- Beghin, V., Thoumelin, G., Bodineau, L. & Wartel, M., 1998.** Impact du pool nutritif sur les premiers maillons de la chaîne trophique par analyse de marqueurs biochimiques (acides gras et stérols). Rapport final par laboratoire du programme scientifique Seine Aval. Thème : Edifices biologiques, 120-153.
- Bessineton, C., Vidieu, C. & Simon, S., 1998.** Réseaux trophiques du bar (*Dicentrarchus labrax*) et du flet (*Platichthys flesus*), première approche quantitative. Rapport final par laboratoire du programme scientifique Seine Aval. Thème : Edifices biologiques, 154170.
- Borghouts, C.H., 1978.** Population structure and life-cycle of *Neomysis integer* (Leach) (Crustacea, Mysidacea) in two types of inland waters. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 20 : 2561-2565.
- Bousfield, E.L., Filteau, G., O'Neill, M. & Gentes, P., 1975.** Population dynamics of zooplankton in the middle St Lawrence estuary. *Estuarine Res.*, 1 : 325- 351.
- Bradley, B., 1975.** The anomalous influence of salinity on temperature tolerance of summer and winter populations of the copepod *Eurytemora affinis*. *Biol. Bull.*, 148 : 26-34.
- Bremer, P. & Vijverberg, J., 1982.** Production, population biology and diet of *Neomysis integer* (Leach) in a shallow Frisian lake (The Netherlands). *Hydrobiologia*, 93 : 41-51.

- Brenon, I., 1997.** Modélisation de la dynamique des sédiments fins dans l'estuaire de la Seine. Thèse de doctorat, Spécialité Océanographie Physique, Université de Bretagne Occidentale, 204 pp.+ Annexes.
- Brunel, P., Besner, M., Messier, D., Poirier, L., Granger, D. & Weinstein, M., 1978.** Le traîneau Macer-GIROQ : appareil amélioré pour l'échantillonnage quantitatif de la petite faune nageuse au voisinage du fond. *Inter. Rev. Ges. Hydrobiol.*, 63 : 815-829.
- Burkill, P.H. & Kendall, T.F., 1982.** Production of the copepod *Eurytemora affinis* in the Bristol Channel. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 7 : 21-31.
- Busch, A. & Brenning, U., 1992.** Studies on the status of *Eurytemora affinis* (poppe, 1880) (Copepoda, Calanoida). *Crustaceana*, 62 : 13-38.
- Castel, J. & Courties, C., 1977.** Le zooplancton. In : *Etude écologique de l'estuaire de la Gironde. Rapport final E.D.F. - C.N.E.X.O.*, 220-295.
- Castel, J., 1981.** Aspects de l'étude écologique du plancton de l'estuaire de la Gironde. *Océanis*, 3 : 535-577.
- Castel, J., 1984.** Dynamique du copépode *Eurytemora hirundoides* dans l'estuaire de la Gironde : influence du bouchon vaseux. *J. Rech. Océanogr.*, 9 : 112-114.
- Castel, J. & Feurtet, A., 1986.** Influence des matières en suspension sur la biologie d'un copépode estuarien : *Eurytemora hirundoides* (Nordquist, 1888). Coll Nat CNRS « Biologie des Populations » 391-396.
- Castel, J. & Veiga, J., 1990.** Distribution and retention of the copepod *Eurytemora affinis* *hrundoides* in a turbid estuary. *Mar. Biol.*, 107 : 119-128.
- Castel, J. & Feurtet, A., 1993.** Morphological variations in the estuarine copepod *Eurytemora affinis* as a response to environmental factors. *Proceedings of the twenty seventh European Marine biology Symposium*, Dublin, Ireland, 7-11th September 1992, 179-189.
- Castel, J., 1995.** Long-term changes in the population of *Eurytemora affinis* (Copepoda, Calanoida) in the Gironde estuary (1978-1992). *Hydrobiologia*, 311 : 85-191.
- Chiffolleau, J.F., Michel, P., Cossa, D., Auger, D., Averty, B., Chartier, E., Sanjuan, J. & Truquet, I., 1996.** Distribution des contaminants métalliques dans l'estuaire de la Seine en période de crue (février 1995). Rapport final par laboratoire du programme scientifique Seine Aval. Thème : Chimie des Contaminants : 38-68.
- Collins, N.R. & Williams, R., 1981.** Zooplankton communities in the Bristol Channel and Severn Estuary. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 9 : 1-11.
- Collins, N.R. & Williams, R., 1981.** Zooplankton of the Bristol Channel and Severn Estuary. The distribution of four copepods in relation to salinity. *Mar. Biol.*, 64 : 273-283.

- Cottonnec, G., Mouny, P., Dauvin, J.C. & Sautour, B., 1998.** Broutage et sélectivité du copépode *Eurytemora affinis* sur le pool nutritif dans l'estuaire de la Seine. Rapport final par laboratoire du programme scientifique Seine Aval. Thème : Edifices biologiques, 105-119.
- Cronin, L.E., Daiber, J.C. & Hulbert, E.M., 1962.** Quantitative seasonal aspects of zooplankton in the Delaware River estuary. *Chesapeake Sci.*, 3 : 63-93.
- Cronin, T.W. & Forward, R.B. Jr., 1979.** Tidal vertical migration: an endogenous rhythm in estuarine crab larvae. *Science*, 205 : 1020-1022.
- Cronin, T.W., 1982.** Estuarine retention of larvae of the crab *Rhithropanopeus harrisii*. *Estuar. Coast. Shelf. Sci.*, 15 : 207-220.
- Dauvin, J.C., 1986.** Dynamique de la population d'*Abra prismatica* (Mollusque, Bivalve) de la baie de Morlaix (Manche Occidentale). *Ann. Inst. Océanogr.*, 62 : 1-12.
- Dauvin, J.C. & Lorgeré, J.C., 1989.** Modifications du traîneau Macer-GIROQ pour l'amélioration de l'échantillonnage quantitatif étagé de la faune suprabenthique. *J. Rech. Océanogr. Paris*, 14 : 65-67.
- Dauvin, J.C. & Dodson, J.J., 1990.** Relationship between feeding incidence and vertical and longitudinal distribution of rainbow smelt (*Osmerus mordax*) in a turbid well-mixed estuary. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 60 : 1-12.
- Dauvin, J.C., Iglesias, A. & Lorgeré, J.C., 1994.** Circalittoral suprabenthos coarse sand community from the western English Channel. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 74 : 543-562.
- Dauvin, J.C., Sorbe, J.C. & Lorgeré, J.C., 1995.** Benthic Boundary Layer macrofauna from the upper continental slope and the Cap Ferret canyon (Bay of Biscay). *Oceanol. Acta.*, 18 : 113-122.
- Dauvin, J.C., Thiébaud, E. & Wang Z., 1998.** Short-term changes in the mesozooplankton community in the ROFI (region of Freshwater Influence) (eastern English Channel). *J. Plankt. Res.*, 20 : 1145-1167.
- Deprez, M., 1981.** Etude du macrozoobenthos intertidal de l'estuaire de la Seine. Thèse de 3ème cycle, faculté des sciences de Rouen, 186 pp.
- Dupont, J.P., Guézennec, L., Lafite, R., Dethleff, D., Huault, M.F., Wang, H.Q., Lacroix, M. & Meyer, R., 1996.** Processus hydrosédimentaires de l'estuaire. Rapport final par laboratoire du programme scientifique Seine Aval. Thème : Hydrodynamique et Transport sédimentaire : 33-64.
- Dyer, K., 1973.** Estuaries: a physical introduction. Eds: John Wiley and sons. 140 pp.
- Dyer, K., 1986.** Coastal and estuarine sediment dynamics. Eds: John Wiley and sons. 342 pp.

- Elkaïm, B., Ibanez, F. & Proniewski, F., 1982.** Le benthos de l'estuaire de la Seine : analyse statistique des peuplements. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 64 : 231-252.
- Feurtet, A., 1989.** Dynamique de population, caractérisation morphologique et production secondaire d'*Eurytemora affinis hirundoides* (copépode Calanoïde) dans l'estuaire de la Gironde. Thèse de 3ème cycle, Université de Bordeaux I, 169 pp.
- Figueras, A.J., 1987.** Distribution and abundance of larvae of palaemonid prawns in the ria de Vigo, N.W. Spain. *J. Plankton Res.*, 9 : 729-738.
- Fincham, A.A. & Furlong, J.A., 1984.** Seasonal swimming rhythms of female palaemonid estuarine prawns and shrimps. *J. Nat. Hist.*, 18 : 425-439.
- Fisher, T.R., Harding, L.W., Stanley, D.W. & Ward, L.G., 1988.** Phytoplankton, nutrients and turbidity in the Chesapeake, Delaware and Hudson estuaries. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 27 : 61-93.
- Fisher, T.R., Peele E.R., Ammerma, E.R. & Harding, L.W., 1992.** Nutrient limitation of phytoplankton in Chesapeake Bay. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 82 : 51-63.
- Frontier, S., 1972.** Calcul de l'erreur sur un comptage de zooplancton. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 8 : 121-132.
- Fulton, R.S., 1984.** Distribution and community structure of estuarine copepods. *Estuaries*, 7 : 38-50.
- Gasparini, S, 1997.** Fécondité, régime alimentaire et production des principaux copépodes planctoniques de quatre estuaires européens. Thèse de 3ème cycle, Université Bordeaux I, 207 pp.
- Gaudy, R., 1976.** Etude du plancton de la zone nord de la rade de Villefranche-sur-mer à la fin du printemps (17 mai 1971 au 16 juin 1971). III. Production secondaire des copépodes pélagiques. *Vie et Milieu*, 26 : 77-106.
- Giesbrecht, W., 1881.** Vorläufige Mitteilung aus einer Arbeit über die freilebenden Copepoden des Kieler Hafens. *Zool. Anz.*, 4 : 254-258.
- Goulder, R., Bent, E.J. & Boak, A.C., 1981.** Attachment to suspended solids as a strategy of estuarine bacteria. In: *Feeding and survival strategies of estuarine organisms*. N.V. Jones & W.J. Wolff (Eds), Plenum Press, 1-15.
- Grice, G.D., 1971.** The development stages of *Eurytemora americana* Williams, 1906, and *Eurytemora herdmanni* Thompson & Scott, 1897 (Copepoda, Calanoida). *Crustaceana*, 20 : 145-158.
- Gurney, R., 1931.** British fresh-water Copepoda, Vol. 1, London : Royal Society, 238 pp.

- Gurney, R., 1933. British fresh-water Copepoda, Vol 3, Cyclopoida, London, Royal Society, 255 pp.
- Gyllenberg, G. & Lundqvist, G., 1979. The effects of temperature and salinity on the oxygen consumption of *Eurytemora hirundoides* (Crustacea, Copepoda). *Ann. Zool. Fennici*, 16 : 205-208.
- Haertel, L. & Osterberg, C., 1975. Ecology of zooplankton, benthos and fishes in the Columbia River estuary. *Ecology*, 48 : 459-472.
- Hamerlynck, O. & Cattrijsse, A., 1994. The food of *Pomatoschistus minutus* (Pisces, Gobiidés) in Belgian coastal waters, and a comparaisn with the food of its potential competitor *P. lozanoi*. *J. Fish. Biol.*, 44 : 753-771.
- Hansen, D.V. & Rattray, M., 1966. New dimensions in estuary classification. *Limn. Oceanogr.*, 11 : 319-326.
- Hays, G.C., Proctor, C.A., John, A.W.G. & Warner, A.J., 1994. Interspecific differences in the diel vertical migration of marine copepods: The implication of size, color, and morphology. *Limn. Oceanogr.*, 39 : 1621-1629.
- Healey, M.C., 1972. On the population ecology of the common goby in the Ythan estuary. *J. nat. Hist.*, 6 : 133-145.
- Heckman, C.W., 1986. The anadromous migration of the calanoid copepod, *Eurytemora affinis* (Poppe, 1880) in the Elbe estuary. *Crustaceana*, 50 : 176-181.
- Heerebout, G.R., 1974. Distribution and ecology of the Decapoda Natantia of the estuarine region of the rivers Rhine, Meuse and Schelde. *Neth. J. Sea. Res.*, 8 : 52-67.
- Heinle, D.R., 1966. Production of a calanoid copepod, *Acartia tonsa*, in the Patuxent River estuary. *Chesapeake Sci.*, 7 : 59-74.
- Heinle, D.R., 1969. Effects of temperature on the population dynamics of estuarine copepods. PhD, Univ. Maryland. 132 pp.
- Heinle, D.R. & Flemer, D.A., 1975. Carbon requirements of a population of the estuarine copepod *Eurytemora affinis*. *Mar. Biol.*, 31 : 235-247.
- Heron, G.A., 1967. Seven species of *Eurytemora* (Copepoda) from Northwestern North America. *Crustaceana*, 7 : 199-211.
- Hirche, H.J., 1974. Die copepoden *Eurytemora affinis* Poppe und *Acartia tonsa* Dana und ihre besiedlung durch *Myoschiston centropagidarum* Precht (Peritricha) in der Schlei. *Kieler Meeresforsch.*, 30 : 153-164.
- Holt, J. & Strawn, K., 1983. Community structure of macrozooplankton in Trinity and Upper Galveston Bays. *Estuaries*, 6 : 66-75.

- Hostens, K. & Hamerlynck, O., 1994.** The mobile epifauna of the soft bottoms in the subtidal Oosterschelde Estuary: structure, function and impact of the storm-surge barrier. *Hydrobiologia*, 282/283 : 479-496.
- Hough, A.R. & Naylor, E., 1991.** Field studies on retention of the planktonic copepod *Eurytemora affinis* in a mixed estuary. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 76 : 115-122.
- Hough, A.R. & Naylor, E., 1992.** Endogenous rhythms of circatidal swimming activity in the estuarine copepod *Eurytemora affinis* (Poppe). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 161 : 27-32.
- Hough, A.R. & Naylor, E., 1992.** Distribution and position maintenance behaviour of the estuarine mysid *Neomysis integer*. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 72 : 869-876.
- Irigoiien, X., 1994.** Ingestion et production secondaire des copépodes planctoniques de l'estuaire de la Gironde en relation avec la distribution du phytoplancton et la matière en suspension. Thèse de Doctorat, spécialité Océanographie, Université Bordeaux I, 137 pp. + 51 pp. d'annexes.
- Jansen, W., Arndt, E.A., Hahn, W., Bottorf, T.H., Wronna, F. & Raschewski, U., 1980.** Untersuchungen zur populationsentwicklung von *Neomysis integer* (Leach) in der Darss-Zingster Boddenkette. *Wiss. Pieck-Univ. Rostock*, 29 : 95-97.
- Jassby, A.D., Kimmerer, W.J., Monismith, S.G., Cloern, J.E., Powell, T.M., Schubel, J.R. & Vendlinski, T.J., 1995.** Isohaline position as a habitat indicator for estuarine populations. *Ecol. Applic.*, 5 : 272-289.
- Jeffries, H.P., 1962.** Salinity-space distribution of the estuarine copepod genus *Eurytemora*. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.*, 47 : 291-300.
- Johnston, N.T. & Northcote, T.G., 1989.** Life-history variation in *Neomysis mercedis* Holmes (Crustacea, Mysidacea) in the Fraser River estuary, British Columbia. *Can. J. Zool.*, 67 : 363-372.
- Kankaala, P. & Johansson, S., 1986.** The influence of individual variation on length-biomass regression in three crustacean zooplankton species. *J. Plank. Res.*, 8 : 1027-1038.
- Katona, S.K., 1970.** Growth characteristics of the copepods *Eurytemora affinis* and *E. herdmani* in laboratory cultures. *Helgol. wiss. Meeresunters.*, 20 : 373-384.
- Katona, S.K., 1971.** The developmental stages of *Eurytemora affinis* (Poppe, 1880) (Copepoda, Calanoida) raised in laboratory cultures, including a comparaison with the larvae of *Eurytemora americana* Williams, 1906, and *Eurytemora herdmani* Thomson & Scott, 1897. *Crustaceana*, 21 : 5-20.
- Kimmerer, W. & McKinnon, A.D., 1986.** Glutaraldehyde fixation to maintain biomass of preserved plankton. *J. Plankt. Res.*, 8 : 1003-1008.

- Kimmerer, W.J., 1993.** Distribution Patterns of Zooplankton in Tomales Bay, California. *Estuaries*, 2 : 264-272.
- Kinne, O., 1955.** *Neomysis vulgaris* Thompson, eine autökologisch-biologische studie. *Biol. Zentralblatt*, 74 : 160-202.
- Knatz, G., 1978.** Succession of copepod species in a middle Atlantic estuary. *Estuaries*, 1 : 68-71.
- Landry, M.R., Peterson, W.K. & Fagerness, V.L., 1994.** Mesozooplankton grazing in the Southern California Bight. I. population abundances and gut pigment contents. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 115 : 55-71.
- Laprise, R. & Dodson, J., 1994.** Environmental variability as a factor controlling spatial diversity of zooplankton in the St. Lawrence Estuary. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 107 : 67-81.
- Lardeux, F., 1986.** Biologie, écologie et dynamique de population de l'éperlan (*Osmerus eperlanus*, L.) (Poisson, Clupéiforme, Osméridé) dans l'estuaire de la Loire (France). Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, 587 pp.
- Le Floch, J.F., 1961.** Propagation de la marée dans l'estuaire de la Seine et en Seine-Maritime. Thèse de doctorat, Université de Paris, 507 pp.
- Le Hir, P., Thouvenin, B., Da Silva, J., Brenon, I., Cugier, P. & Bassoullet, P., 1997.** Modélisation des processus hydrosédimentaires dans l'estuaire aval. Rapport final par laboratoire du programme scientifique Seine Aval. Thème : Hydrodynamique et transport sédimentaire : 116-157.
- Lescher-Moutoue, F., 1996.** Seasonal variations in size and morphology of *Acartocyclops robustus* (Copepoda Cyclopoida). *J. Plankt. Res.*, 18 : 907-922.
- Lesueur, P., 1997.** Etat des connaissances sur la distribution des sédiments fins dans l'estuaire de la Seine. Rapport final par laboratoire du programme scientifique Seine Aval. Thème : Hydrodynamique et Transport sédimentaire : 83-115.
- Loizeau, V. & Abarnou, A., 1996.** Niveaux de contamination par les PCB dans le réseau trophique du Bar et du Flet. Rapport final par laboratoire du programme scientifique Seine Aval. Thème : Edifices Biologiques : 85-120.
- Loizeau, V., Jaouen, A., Abarnou, A., Le Guellec, A.M. & Quéméneur, M., 1998.** Bioaccumulation des PCB dans les réseaux trophiques en estuaire de Seine. Rapport final par laboratoire du programme scientifique Seine Aval. Thème : Edifices Biologiques : 182-225.
- Lonsdale, D.J. & Coull, B.C., 1977.** Composition and seasonality of zooplankton of North Inlet, South Carolina. *Chesapeake Science*, 18 : 272-283.

- Macquart-Moulin, C., 1976.** Rythmes d'activité persistants chez les péracarides du plancton nocturne de Méditerranée (Amphipodes, Isopodes). *Mar. Behav. Physiol.*, 7 : 64-83.
- Mallin, M.A., 1991.** Zooplankton abundance and community Structure in a mesohaline North Carolina Estuary. *Estuaries*, 14 : 481-488.
- Marchand, J., 1981.** Observations sur l'écologie de *Crangon crangon* (Linné) et *Palaemon longirostris* H. Milne Edwards (Crustacea, Decapoda, Natantia) Estuaire interne de la Loire (France). *Vie et Milieu*, 31 : 83-92.
- Mauchline, J., 1971a.** The biology of *Neomysis integer* (Crustacea, Mysidacea). *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 51 : 347-354.
- Mees, J. & Hamerlynck, O., 1992.** Spatial community structure of the winter hyperbenthos of the Schelde estuary, the Netherlands, and the adjacent coastal waters. *Neth. J. Sea Res.*, 29 : 357-370.
- Mees, J., Cattrijsse, A. & Hamerlynck, O., 1993.** Distribution and abundance of shallow-water hyperbenthic mysids (Crustacea, Mysidacea) and euphausiids (Crustacea, Euphausiacea) in the Voordelta and the Westerschelde, southwest Netherland. *Cah. Biol. Mar.*, 34 : 165-186.
- Mees, J., 1994.** The hyperbenthos of shallow coastal waters and estuaries: community structure and biology of the dominant species. Thesis, Universiteit Gent, 212 pp.
- Mees, J., Abdulkerim, Z. & Hamerlynck, O., 1994.** Life history, growth and production of *Neomysis integer* in the Westerschelde estuary (S.W. Netherlands). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 109 : 43-57.
- Mees, J., Fockedey, N. & Hamerlynck, O., 1995.** Comparative study of the hyperbenthos of three European estuaries. *Hydrobiologia*, 311 : 153-174.
- Migniot, C. 1982.** Etude de la dynamique sédimentaire, marine, fluviale et estuarienne. Thèse de doctorat d'état, Université Aix-Marseille II, 340 pp.
- Miller, P.J., 1964.** The biology of the goby, *Pomatoschistus microps*. Rep. Challenger Soc., 3 (XVI).
- Miramand, P., Bentley, D., Fichet, D., Caurant, F. & Guary, J.C., 1996.** Concentrations en métaux lourds (Cd, Cu, Pb, Zn) observées dans différents maillons du réseau trophique pélagique de l'estuaire de la Seine. Rapport final par laboratoire du programme scientifique Seine Aval. Thème : Edifices Biologiques : 121-129.
- Morgan, C.A., Cordell, J.R. & Simenstad, C.A., 1997.** Sink or swim? Copepod population maintenance in the Columbia River estuarine turbidity-maxima region. *Mar. Biol.*, 129 : 309-317.

- Mouny, P., 1995.** Structure spatio-temporelle du mésozooplancton et de l'hyperbenthos de l'estuaire de la Seine. D.E.A., Université P. & M. Curie, 30 pp.
- Mouny, P. & Dauvin, J.C., 1996.** Les communautés mésozooplanctoniques et hyperbenthiques de l'estuaire de la Seine. Programme Seine Aval : Edifices Biologiques, Rapport 1995 : 47-75.
- Mouny, P., Zouhiri, S. & Dauvin, J.C., 1997.** Les communautés mésozooplanctoniques et suprabenthiques de l'estuaire de la Seine. Programme Seine Aval : Edifices Biologiques, Rapport 1996 : 62-98.
- Mouny, P., Dauvin, J.C., Bessineton, C., Elkaim, B. & Simon, S., 1998.** Biological components from the Seine estuary: first results. *Hydrobiologia*, 373/374 : 333-347.
- Munsch, C., Moisan, K. & Tronczynski, J., 1996.** Inventaire et comportement géochimique de contaminants organiques majeurs dans l'estuaire de la Seine. Rapport final par laboratoire du programme scientifique Seine Aval. Thème : Chimie des Contaminants : 2-37.
- Nordquist, O., 1888.** Die Calaniden Finnlands. *Bidr. Känned. Finl. Nat. Folk.*, 47 : 1-86.
- Palmer, M.W., 1993.** Putting things in even better order: the advantages of canonical correspondence analysis. *Ecology*, 74 : 2215-2230.
- Parker, M. & West, B., 1979.** The natural history of *Neomysis integer* (Leach) in Lough Furnace, Co. Mayo, a brackish lough in the West of Ireland. *Estuar. Coast. Mar. Sci.*, 8 : 157-167.
- Pauw de, N., 1973.** On the distribution of the *Eurytemora affinis* (Pope) (Copepoda) in the Western Scheldt estuary. *Verh. Intern. Verein. Limnol.*, 18 : 1462-1472.
- Percival, E., 1929.** A report on the estuaries of the River Tamar and the River Lynher. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 16 : 81-108.
- Pinel-Alloul, B., Niyonsenga, T. & Legendre, P., 1995.** Spatial and environmental components of freshwater zooplankton structure. *Ecoscience*, 2 : 1-19.
- Poli, J.M. & Castel, J., 1983.** Cycle biologique en laboratoire d'un copépode planctonique de l'estuaire de la Gironde : *Eurytemora hirundoides* (Nordquist, 1888). *Vie et Milieu*, 33 : 79-86.
- Poppe, S.A., 1880.** Über eine neue Art des Calaniden - Gattung Temora, Baird. *Abh. Naturw. Ver. Bremen*, 7 : 55-60.
- Pritchard, D.W., 1967.** What is an estuary: physical viewpoint. In: « Estuaries », G.H. Lauff Ed., Am. Assoc. Advanc. Sc., Washington, pp. 3-5.

- Qasim, S.Z., 1956.** Time and duration of the spawning season in some marine teleosts in relation to their distribution. *Cons. Perm. Explor. Mer*, 21 : 144-155.
- Quinghong, L., 1995.** A model for species diversity monitoring at community level and its application. *Envir. Mon. Ass.*, 34 : 271-287.
- Reed, E.B., 1970.** Copepods of the *Acantocyclops vernalis*-group from the Ötztal Alps, Tirol. *Crustaceana*, 12 : 65-70.
- Rijstenbil, J.W., Bakker, C., Jackson, R.H., Merks A.G.A. & Visscher P.R.M., 1993.** Spatial and temporal variation in community composition and photosynthetic characteristics of phytoplankton in the upper Westerschelde (Belgium, SW Netherlands). *Hydrobiologia*, 269/270 : 263-273.
- Rochard, E., Boet, P., Castelnaud, G., Gauthiez, F., Bigot, J.F. & Ballion, B., 1997.** Premier inventaire ichtyologique de la partie basse de la Seine. Programme Seine Aval : Edifices Biologiques, Rapport 1996 : 8-31.
- Roddie, B.D., Leakey, R.J.G. & Berry, A.J., 1984.** Salinity-temperature tolerance and osmoregulation in *Eurytemora affinis* (Pope) (Copepoda: Calanoida) in relation to its distribution in the zooplankton of the upper reaches of the Forth estuary. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 79 : 191-211.
- Rose, M., 1933.** Copépodes pélagiques. *Faune Fr.*, 26, 372 pp.
- Rudstam, L.G., Hansson, S. & Larsson, U., 1986.** Abundance, species composition and production of mysid shrimps in a coastal area of the northern Baltic proper. *Ophelia*, suppl., 4 : 225-238.
- S.A.U.M., 1980.** Rapport du conseil d'orientation, 98 pp.
- Saunders, J.F., 1993.** Distribution of *Eurytemora affinis* (Copepoda: Calanoida) in the Southern Great Plain, with notes on zoogeography. *J. Crust. Biol.*, 13 : 564-570.
- Sautour, B. & Castel, J., 1995.** A comparaison of zooplankton communities in European Estuaries. *Hydrobiologia*, 311 : 85-101.
- Schlacher, T.A. & Wooldridge, T.H., 1995.** Small-scale distribution and variability of demersal zooplankton in a shallow, temperate estuary: tidal and depth effects on species-specific heterogeneity. *Cah. Biol. mar.*, 36 : 211-227.
- Seguin, G., 1976.** Premières observations sur la distribution qualitative et quantitative du zooplankton de la baie de Seine. *Bull. Ecol.*, 7 : 315-325.
- Simm, M.A., 1980.** Size and weight variations of *Eurytemora hirundoides* in the Parnu Bay. *Rybokhoz. Issled. Bass. Balt. Morya.*, 15 : 88-97.

- Soetaert, K. & Rijswijk Van, P., 1993. Spatial and temporal patterns of the zooplankton in the Westerschelde estuary. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 97 : 47-59.
- Soltampour-Gargari, A. & Wellershaus, S., 1984. *Eurytemora affinis*. The estuarine plankton copepod in Weser. *Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh.*, 20 : 103-117.
- Soltampour-Gargari, A. & Wellershaus, S., 1985. *Eurytemora affinis*. One year study of abundance and environmental factors. *Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh.*, 20 : 183-198.
- Soltampour-Gargari, A. & Wellershaus, S., 1987. Very low stretches in estuaries - the main habitat of *Eurytemora affinis*, a plankton copepod. *Meeresforsch.*, 31 : 199-208.
- Sorbe, J.C., 1983. Les décapodes Natantia de l'estuaire de la Gironde (France). Contribution à l'étude morphologique et biologique de *Palaemon longirostris* H. Milne Edwards, 1837. *Crustaceana*, 44 : 251-270.
- Stepien, J.C., Malone, T.C. & Chervin, M.B., 1981. Copepod communities in the Estuary and coastal plume of the Hudson River. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 13 : 185-195.
- ter Brake, C.J.F., 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67 : 1167-1179.
- ter Brake, C.J.F., 1987. The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. *Vegetatio*, 69 : 69-77.
- ter Brake, C.J.F., 1988. A Fortran program for canonical community ordination by (partial) (detrended) (canonical) correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis. Version 2.1. Agricultural Mat Group Ministry of Agriculture and Fisheries, Wageningen
- ter Brake, C.J.F., 1989. CANOCO-an extension of DECORANA to analyze species-environment relationships. *Hydrobiologia*, 184 : 169-170.
- Thayer, G.W., Hoss, D.E., Kjelson, M.A., Hettler, W.F. & Lacroix, M.W., 1974. Biomass of Zooplankton in the Newport River Estuary and the Influence of Postlarval Fishes. *Chesapeake Sc.*, 15 : 9-16.
- Turner, T.F., 1982. The annual cycle of zooplankton in a Long Island Estuary. *Estuaries*, 5 : 261-274.
- Vallet, C., 1997. Le compartiment suprabenthique des fonds circalittoraux de la Manche : Composition faunistique et quantitative et rôle dans les transferts benthos/pélagos. Thèse de 3ème cycle, Université Paris 6, 164 pp.
- Vecchione, M., 1989. Zooplankton distribution in three estuarine bayous with different types of anthropogenic influence. *Estuaries*, 12 : 169-179.

- Veiga, J., 1983.** Le zooplancton de l'estuaire de la Gironde. Conséquences de l'hydrologie sur la répartition des espèces et sur la locomotion du copépode *Eurytemora hirundoides* (Nordquist, 1888). Thèse de 3ème cycle, Université Bordeaux I, 119 pp.
- Vigarié, A., 1964.** Etude critique de la documentation sur l'évolution morphologique de l'estuaire de la Seine. Thèse de doctorat, Université de Paris, 239 pp.
- Von Vaupel-Klein, J.C. & Weber, R.E., 1975.** Distribution of *Eurytemora affinis* (copepoda calanoida) in relation to salinity: field and laboratory observations. *Neth. J. Sea Res.*, 9 : 297-310.
- Volk, R., 1910.** Die bedeutung der Siellabwässer von Hamburg. *Alt. Ern. Elbefische Fisch.*, 2 : 1-8.
- Vorstman, A.G., 1951.** A year's investigation on the life cycle of *Neomysis integer vulgaris* Thompson. *Ver. Int. Verein. Limnol.* 11 : 437-445.
- Vuorinen, I., 1987.** Vertical migration of *Eurytemora* (Crustacea, Copepoda): a compromise between the risks of predation and decreased fecundity. *J. Plankton Res.*, 9 : 1037-1046.
- Vuorinen, I. & Ranta E., 1987.** Dynamic of marine meso-zooplankton at Seili, Northern Baltic Sea, in 1967-1975. *Ophelia*, 28 : 31-48.
- Wang, Z. & Dauvin, J.C., 1994.** La communauté zooplanctonique de l'estuaire de la Seine. Campagne novembre 1993. Rapport Scientifique du contrat Universitaire, 94 33 430036, 11 pp., 3 annexe.
- Wang, Z. & Dauvin, J.C., 1994.** The suprabenthic crustacean fauna of the infralittoral fine sand community from the Bay of Seine (Eastern English Channel): composition, swimming activity and diurnal variation. *Cah. Biol. mar.*, 35 : 135-155.
- Wang, Z., Dauvin, J.C. & Thiébaud, E., 1994.** Preliminary data on the near bottom meso- and macrozooplanktonic fauna from the eastern Bay of Seine: Faunistic composition, vertical distribution and density variation. *Cah. Biol. mar.*, 35 : 157-176.
- Wang, Z., Thiébaud, E. & Dauvin, J.C., 1995.** Spring abundance and distribution of the ctenophore *Pleurobrachia pileus* in the Seine estuary: advective transport and diel vertical migration. *Mar. Biol.*, 124 : 313-324.
- Wiktor, K., 1961.** Observations on the biology of *Neomysis vulgaris* (Thompson) in Zalew Szczecinski (Stettiner Haff) and Zatoka Pomorska (Pomeranian Bay). *Przegląd Zool.*, 5 : 36-42.
- Wiley, 1923.** Notes on the distribution of free-living Copepoda in Canadian waters. *Fish. Res. Bd. Canada, Contrib. Canadian Bio.*, 1 : 303-334.

Williams, R.B., Murdoch, M.B. & Thomas, L.K., 1968. Standing crop and importance of zooplankton in a system of shallow estuaries. *Chesapeake Sci.*, 9 : 42-51.

Wilson, M.S. & Tash, J.C., 1966. The euryhaline copepod genus *Eurytemora* in fresh and brackish waters of the Cape Thompson Region, Chuckchi Sea, Alaska. *Proc. U.S. Nat. Mus.*, 118 : 553-576.

Structure spatio-temporelle du zooplancton et du suprabenthos de l'estuaire de la Seine. Dynamique et rôle des principales espèces dans la chaîne trophique pélagique.

Cette étude, réalisée dans le cadre du programme Seine-Aval, a pour but de dresser un inventaire de la faune suprabenthique et mésozooplanctonique de l'estuaire de la Seine et de connaître la structure spatio-temporelle des deux communautés. Elle fournit un premier aperçu aussi exhaustif que possible de la faune pélagique estuarienne. Les compositions qualitatives et quantitatives des différentes catégories d'organismes (mésozooplancton et suprabenthos) ont été décrites le long du gradient de salinité ; la zone oligohaline (salinité de surface inférieure à 5,0 P.S.U.) est caractérisée par les plus fortes abondances mésozooplanctoniques et suprabenthiques. Le mésozooplancton est dominé par le copépode calanoïde *Eurytemora affinis* dont la période de densité maximale est enregistrée entre mars et juin. Le suprabenthos est dominé par trois espèces : le mysidacé *Neomysis integer* présentant une période de reproduction de mars à septembre avec trois générations annuelles ; le décapode *Palaemon longirostris* et le gobiidé *Pomatoschistus microps* qui ont une reproduction estivale et une seule génération annuelle. La structure spatiale des deux communautés étudiées est essentiellement influencée par le gradient longitudinal de salinité. Le bouchon vaseux n'intervient qu'indirectement en jouant le rôle de barrière, limitant les déplacements vers l'aval ou vers l'amont des différentes espèces. En revanche, bien que le déficit en oxygène soit une caractéristique de l'estuaire de la Seine, le gradient longitudinal d'oxygène dissous ne semble pas intervenir dans la structuration des communautés sans doute en relation avec le caractère temporaire de ce déficit lié aux périodes de morte eau dans cette partie de l'estuaire. Le réseau trophique de la zone oligohaline est pélagique et essentiellement centré sur le copépode dominant *E. affinis* qui est la principale source de nourriture des espèces de cette partie de l'estuaire.

Mots clés : Estuaire de la Seine, suprabenthos, mésozooplancton, structure spatio-temporelle, dynamique, *Eurytemora affinis*, *Neomysis integer*, *Palaemon longirostris*, *Pomatoschistus microps*, réseau trophique.

Spatio-temporal patterns of the zooplankton and the suprabenthos of the Seine estuary. Dynamic and role of the principal species in the pelagic food web.

The purpose of this study, carried out within the framework of the program Seine-Aval, is to draw up an inventory of the suprabenthic and mesozooplanktonic fauna of the estuary of the Seine and to give the spatio-temporal structure of the two communities. It is the first survey of the Seine estuary pelagic fauna. The qualitative and quantitative compositions of the different kinds of organisms (mesozooplankton and suprabenthos) are described along the salinity gradient ; the oligohaline zone (surface salinity lower than 5,0 P.S.U.) is characterised by very high mesozooplanktonic and suprabenthic abundance. The mesozooplankton is dominated by the calanoid copepod *Eurytemora affinis* which present a maximum abundance from March to June. The suprabenthos is dominated by three species: the mysid *Neomysis integer* showing a single period of reproduction from March to September with three annual generations; the decapod *Palaemon longirostris* and the gobiid *Pomatoschistus microps* which have an estival reproduction and a single annual generation. The spatio-temporal structure of both communities studied is primarily influenced by the longitudinal salinity gradient. The Maximal Turbidity Zone play a secondary role as a barrier, limiting displacements downstream or upstream for the various species. Although the oxygen deficit is a characteristic of the Seine estuary, the longitudinal gradient of dissolved oxygen does not show a role in structuring the communities, this can be due to the effect of the tide in mixing the water column. The trophic chain in the oligohaline zone is strictly pelagic and primarily concentrated on the copepod *E. affinis* which is the principal source of food of the species of this part of the estuary.

Key words: Seine estuary, suprabenthos, mesozooplankton, spatio-temporal patterns, dynamic, *Eurytemora affinis*, *Neomysis integer*, *Palaemon longirostris*, *Pomatoschistus microps*, food web.

MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
Laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins et Malacologie

THESE

pour l'obtention du grade de Docteur
du
Muséum National d'Histoire Naturelle

Discipline : Environnement marin

présentée et soutenue publiquement par

Pascal MOUNY

le 21 décembre 1998

Titre :

**Structure spatio-temporelle du zooplancton et du suprabenthos
de l'estuaire de la Seine. Dynamique et rôle des principales
espèces dans la chaîne trophique pélagique**

Directeur de thèse : DAUVIN Jean-Claude

JURY

M. DOUMENC D., Président
M. DODSON J., Rapporteur
M. MEES J., Rapporteur
M. ROMANA L.A., Examineur
M. SAUTOUR B., Examineur

Volume II : ANNEXES

11309

MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
Laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins et Malacologie

THESE

pour l'obtention du grade de Docteur
du
Muséum National d'Histoire Naturelle

Discipline : Environnement marin

présentée et soutenue publiquement par

Pascal MOUNY

le 21 décembre 1998

Titre :

**Structure spatio-temporelle du zooplancton et du suprabenthos
de l'estuaire de la Seine. Dynamique et rôle des principales
espèces dans la chaîne trophique pélagique**

Directeur de thèse : DAUVIN Jean-Claude

JURY

M. DOUMENC D., Président
M. DODSON J., Rapporteur
M. MEES J., Rapporteur
M. ROMANA L.A., Examineur
M. SAUTOUR B., Examineur

Volume I

Structure spatio-temporelle du zooplancton et du suprabenthos
de l'estuaire de la Seine. Dynamique et rôle des principales
espèces dans la chaîne trophique pélagique.

SPATIO-TEMPORAL STRUCTURE OF THE ZOOPLANKTON AND OF
THE HYPER BENTHOS OF THE ESTUARY OF THE SEINE.
DYNAMICS AND ROLE OF THE MAIN SPECIES OF THE TROPHIC
PELAGIC CHAIN.

ANNEXE I

Campagne SEAV pk03 février 1995

Tableaux récapitulatifs des localisations et des paramètres physico-chimiques, des densités du mésozooplancton ($N. m^{-3}$) et du suprabenthos ($N. 100m^{-3}$).

Radiales : 05 et 07/02/1995

Cycle : 06 et 07/02/1995

Débit moyen : $2100 m^3.s^{-1}$

Coefficient de marée : 104

Nombre de prélèvements

- Mésozooplancton : 66

- Suprabenthos : 14

Date	Position		Suprabenthos	Mésozooplancton
	Latitude	Longitude		
Radiale 1				
05/02/1995	49°27'450N	0°05'850W	SAT30	SAP63
	49°27'290N	0°00'970W	-	SAP64
	49°26'021N	0°07'810E	SAT31	SAP65
	49°25'900N	0°12'870E	SAT32	SAP66
	49°25'991N	0°17'952E	SAT33	SAP67
Radiale 2				
07/02/1995	49°26'005N	0°10'490E	-	SAP90
	49°26'150N	0°06'280E	-	SAP91
	49°26'400N	0°04'570E	-	SAP92
	49°27'380N	0°01'920E	-	SAP93
	49°28'942N	0°01'132W	-	SAP94
	49°29'800N	0°02'900W	-	SAP95
Cycle				
06-07/02/95	Pont de Normandie		SAT34-43	SAP68-89
- pas de prélèvements				

Station	Date	Salinité (P.S.U.)	T°C
N°mésozooplancton		Surface	surface
Radiale 1			
SAP 63	05/02/1995	26,1	9,1
SAP 64		19,1	9,0
SAP 65		13,8	9,1
SAP 66		4,0	8,6
SAP 67		0,2	8,6
Radiale 2			
SAP 90	07/02/1995	0,2	8,6
SAP 91		0,8	8,6
SAP 92		4,0	8,7
SAP 93		9,8	8,8
SAP 94		15,5	8,8
SAP 95		20,2	-
Cycle			
SAP68	06-07/02/95	0,1	8,4
SAP69		0,1	8,4
SAP70		0,2	8,8
SAP71		0,4	8,8
SAP72		0,6	8,8
SAP73		0,6	8,6
SAP74		0,2	8,6
SAP75		-	8,6
SAP76		0,1	8,3
SAP77		-	8,3
SAP78		0,2	8,3
SAP79		-	8,4
SAP80		0,1	8,4
SAP81		-	8,4
SAP82		0,2	8,4
SAP83		0,2	8,4
SAP84		0,2	8,4
SAP85		0,3	8,4
SAP86		0,3	8,4
SAP87		-	8,4
SAP88		0,2	8,6
SAP89		0,2	8,6

Prélevements	SAPS 90	SAPO 90	SAPS 91	SAPO 91	SAPS 92	SAPO 92	SAPS 93	SAPO 93	SAPS 94	SAPO 94	SAPS 95	SAPO 95
Volume filtré (m ³)	5,6	59,8	8,5	6,4	41,8	5,6	53,4	6,4	40,1	32,5	68,7	15,8
Cladocères												
<i>Alona quadrangularis</i>	4	14	8	3	2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bosmina</i> spp.	104	779	102	80	16	97	3	2	1	1	1	1
<i>Chydorus</i> spp.	-	-	-	1	-	6	1	-	-	-	-	-
<i>Daphnia</i> spp.	28	129	8	-	5	9	2	-	1	-	1	-
<i>Evadne nordmanni</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Leydigia quadrangularis</i>	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Macrothrix laticornis</i>	1	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Podon</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Copépodes												
<i>Acartocyclops robustus</i>	90	343	16	28	10	26	13	3	-	-	1	1
<i>Acartia</i> spp.	1	21	-	-	-	-	-	2	1	1	3	6
<i>Acartia discaudata</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	-	1
<i>Centropages hamatus</i>	13	-	-	1	-	-	1	1	-	-	-	-
<i>Eurytemora affinis</i>	35	321	25647	2641	5175	18928	13	63	1	1	1	2
<i>Temora longicornis</i>	-	7	-	-	-	-	-	1	1	1	1	2
<i>Calanoides divers</i>	-	-	-	-	-	-	-	13	1	1	1	7
<i>Corycaeus anglicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Euterpina acutifrons</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	1
<i>Metis</i> sp.	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Microsetella norvegica</i>	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-
<i>Oncea</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Stade nauplien	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Ostracodes	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-
Larves de cirripèdes	-	-	-	-	-	-	2	8	2	2	1	16
Densité totale	279	1636	25780	2756	5207	19069	35	94	10	8	13	39

Prélevements	SAT 30	SAT 31	SAT 32	SAT 33
Cnidaires				
Méduses	1	-	-	-
Amphipodes				
<i>Apherusa bispinosa</i>	-	-	1	-
<i>Bathyporeia elegans</i>	-	-	1	-
<i>Gammarus zaddachi</i>	-	1	-	-
<i>Pariambus typicus</i>	1	-	-	-
<i>Phtisica marina</i>	1	-	-	-
Mysidacés				
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	-	-	1	-
<i>Neomysis integer</i>	-	409	686	2
<i>Schistomysis</i> spp.	11	-	-	-
Décapodes				
<i>Crangon crangon</i>	-	17	7	-
<i>Palaemon longirostris</i>	-	25	17	28
Cumacés				
<i>Diastylis laevis</i>	4	1	-	-
Polychètes				
<i>Syllidae</i> ssp.	1	-	-	-
Appendiculaires				
<i>Oikopleura dioica</i>	1	-	-	-
Chaetognathe				
<i>Sagitta elegans</i>	1	7	-	-
Poissons				
<i>Anguilla anguilla</i>	-	-	1	1
<i>Ciliata mustela</i>	-	1	-	-
<i>Clupea harengus</i>	-	-	3	-
<i>Platichthys flesus</i>	-	-	1	1
<i>Pomatoschistus minutus</i>	-	4	32	27
<i>Sprattus sprattus</i>	-	1	41	-
Densité totale	21	466	791	59

Prélèvements	SAPS68	SAPO68	SAPS69	SAPO69	SAPS70	SAPO70	SAPS71	SAPO71	SAPS72	SAPO72	SAPS73	SAPO73	SAPS74	SAPO74	SAPS75	SAPO75	SAPS76	SAPO76	SAPS77	SAPO77
Cladocères																				
<i>Acroporus harpae</i>	-	-	-	9	-	-	10	10	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Alona quadrangularis</i>	-	-	-	-	117	91	40	20	10	20	5	40	85	15	55	10	-	80	140	-
<i>Alona rectangula</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alonella exigua</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Biapertura affinis</i>	-	-	-	51	39	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	40	228	160	515	249
<i>Bozmina</i> spp.	3015	906	1280	2673	4968	745	10800	1662	13700	2620	21900	5667	15400	3598	7472	1165	1083	1720	5054	3702
<i>Ceriodaphnia</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chydorus</i> spp.	-	-	-	64	10	18	60	-	70	80	245	80	105	20	60	50	57	40	-	-
<i>Chydoride</i>	-	40	256	-	-	-	20	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	47	71
<i>Daphnia ambigua</i>	20	-	128	-	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Daphnia cucullata</i>	-	-	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Daphnia</i> spp.	400	290	1152	326	1058	147	2020	570	282	810	6500	990	3483	681	710	310	285	960	1357	605
<i>Daphnia magna</i>	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diparalona rostrata</i>	20	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eurycerus lamellatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Illicryptus sordidus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leydigia acanthocercoides</i>	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leydigia quadrangularis</i>	20	-	-	38	-	-	-	-	-	-	-	10	-	1	-	-	-	-	47	36
<i>Macrothrix laticornis</i>	-	-	-	-	10	-	30	10	10	10	20	10	30	3	20	-	57	-	-	-
<i>Macrothrix hirsuticornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Macrothrix</i> spp.	-	-	64	-	-	43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus denticulatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus uncinatus</i>	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus aduncus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus</i> spp.	-	-	-	-	-	-	10	10	30	-	15	10	25	2	20	-	-	-	-	-
<i>Simoccephalus exspinosus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cladocères divers</i>	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	-	-	-	47	-
Copépodes																				
<i>Acanthocyclops robustus</i>	1520	796	4608	2684	3056	962	3000	530	4800	2000	13350	1429	11650	1932	3430	1235	798	1520	1966	1638
<i>Acartia</i> spp.	160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia discandata</i>	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Centropages hamatus</i>	-	10	-	182	97	80	130	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Centropages</i> sp.	80	80	704	421	975	80	80	30	740	120	1060	210	1867	127	825	280	57	320	421	142
<i>Eurytemora affinis</i> femelle	-	-	-	41	-	167	3429	9933	570	4033	25	3020	10	163	35	100	-	-	-	-
<i>Eurytemora affinis</i> mâle	-	-	-	117	-	4713	13000	17733	1786	10400	40	8300	5	202	300	340	-	40	-	-
<i>Euterpina aculeifrons</i>	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	15	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Harpacticoides</i>	-	-	-	-	30	36	-	10	10	30	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Copépodes divers</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Copepodites Centropages</i>	-	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Copepodites Eurytemora</i>	380	30	-	99	-	920	89000	61200	24100	40400	1040	63600	335	2772	750	1030	57	160	-	-
stade nauplien	40	-	-	16	-	-	-	-	20	-	15	40	10	-	-	-	-	-	-	-
Ostracodes	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	5	4	-	-	-	10	-	-
Densité totale	5675	2288	8192	6764	10360	8020	121629	91738	46148	60533	44245	83416	33025	9524	13707	4560	2622	5010	9594	6443

Prélevements	SAPS78	SAPO78	SAPS79	SAPO79	SAPS80	SAPO80	SAPS81	SAPO81	SAPS82	SAPO82	SAPS83	SAPO83	SAPS84	SAPO84	SAPS85	SAPO85	SAPS86	SAPO86	SAPS87	SAPO87	SAPS88	SAPO88	SAPS89	SAPO89
Cladocères																								
<i>Acroperna harpae</i>	61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alona quadrangularis</i>	-	-	-	21	38	-	-	6	-	98	-	-	5	11	40	20	7	8	20	20	101	-	-	25
<i>Alona rectangula</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alonella exigua</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-
<i>Binapertura affinis</i>	-	63	385	-	266	70	-	3	221	230	36	19	63	9	20	20	21	9	-	-	134	37	399	150
<i>Bosmina</i> spp.	6370	1338	7362	1312	5244	1400	5664	734	10171	7731	13545	2656	6466	395	20000	4567	9770	5280	6867	4467	10815	1286	5700	2525
<i>Ceriodaphnia</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57	-
<i>Chydorus</i> spp.	-	25	-	-	38	-	96	1	32	33	63	19	10	7	70	90	11	18	-	73	34	12	-	50
<i>Chydoridne</i>	-	25	86	82	-	-	-	-	-	-	9	-	-	2	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
<i>Daphnia ambigua</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Daphnia cucullata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Daphnia</i> spp.	789	263	1455	431	1216	336	1008	95	948	1246	1294	358	871	181	3800	680	1730	990	1153	660	1176	343	1197	350
<i>Daphnia magna</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-
<i>Diaparskora rostrata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eurycerus lamellatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ilyocryptus sordidus</i>	122	25	43	21	38	-	-	-	32	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	34	-	-	-
<i>Leydigia acanthocercoides</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leydigia quadrangularis</i>	61	25	43	-	-	-	-	6	32	33	-	-	5	6	-	10	-	-	-	-	-	12	-	75
<i>Macrothrix laticornis</i>	-	-	-	21	-	-	-	2	32	33	9	-	-	4	10	-	1	-	20	-	-	-	57	-
<i>Macrothrix hirsuticornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Macrothrix</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus denticulatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus uncinatus</i>	-	13	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus aduncus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	2	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus</i> spp.	-	-	-	-	38	-	-	1	-	-	-	-	-	2	20	10	1	2	10	-	67	-	-	-
<i>Simocephalus exapinosus</i>	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	10	-	-	3	-	-	-	-	-	-
<i>Cladocères divers</i>	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copépodes																								
<i>Acantocyclops robustus</i>	2063	725	2568	1169	2926	756	3048	452	2338	3018	2340	632	3207	3168	4000	1414	2790	1830	5080	3533	3024	1225	1482	1100
<i>Acartia</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia discoidata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Centropages hamatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Centropages</i> sp.	425	238	685	246	418	168	696	63	1517	1115	927	77	501	46	2080	210	1040	480	1353	1111	773	343	798	325
<i>Eurytemora affinis</i> femelle	-	-	-	-	-	-	-	-	63	66	2295	4441	530	1696	18300	11100	82	36	60	333	-	-	-	-
<i>Eurytemora affinis</i> mâle	-	-	-	-	-	-	-	-	95	-	7290	7512	3869	5040	35000	23400	109	258	400	353	168	24	-	-
<i>Euterpina acutifrons</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	10	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Harpacticoides</i>	-	13	43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Copépodes divers</i>	61	-	43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Copepodites Centropages</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Copepodites Eurytemora</i>	61	-	-	-	-	-	72	1	95	33	4680	14608	1749	6624	80400	52800	51	40	170	777	370	12	-	-
<i>stade nauplien</i>	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	27	-	34	2	40	10	3	5	-	-	-	12	57	-
Ostracodes	-	-	43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	2	-	-	3	-	10	7	-	-	-	-
Densité totale	10013	2753	12756	3303	10222	2730	10584	1371	15576	13636	32524	30328	17315	17197	163820	94341	15620	8964	15143	11361	16696	3306	9747	4600

Prélèvements	SAT 34	SAT 35	SAT 36	SAT 37	SAT 38	SAT 39	SAT 40	SAT 41	SAT 42	SAT 43
Amphipodes										
<i>Apherusa bispinosa</i>	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-
<i>Apherusa</i> spp.	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Corophium volutator</i>	-	-	3	-	-	-	2	-	1	-
<i>Gammarus duebeni</i>	-	-	-	1	-	1	-	-	1	-
<i>Gammarus zaddachi</i>	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
<i>Gammarus</i> spp.	2	1	-	1	-	1	-	1	-	-
Isopodes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Mysidacés										
<i>Neomysis integer</i>	-	83	492	38	1	342	119	54	32	1
Décapodes										
<i>Crangon crangon</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Palaemon longirostris</i>	2	215	270	342	3	399	192	1147	443	258
Oligochètes	5	9	-	-	18	4	1	2	17	2
Polychètes										
<i>Polydora</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Poissons										
<i>Anguilla anguilla</i>	-	1	1	-	-	2	1	2	1	1
<i>Clupea harengus</i>	-	-	-	1	-	1	1	2	2	-
<i>Dicentrarchus labrax</i>	-	-	-	-	-	-	1	2	1	1
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Platichthys flesus</i>	-	-	1	2	2	3	2	1	1	-
<i>Pomatoschistus microps</i>	-	7	11	56	2	14	63	126	226	295
<i>Pomatoschistus minutus</i>	-	3	5	-	-	2	1	5	-	-
<i>Sprattus sprattus</i>	-	5	-	-	-	4	2	20	4	-
<i>Syngnathus acus</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Poisson divers	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
Densité totale	10	322	786	441	26	774	388	1362	727	559

ANNEXE II

Campagne SEAV pk04 septembre 1995

Tableaux récapitulatifs des localisations et des paramètres physico-chimiques, des densités du mésozooplancton ($N. m^{-3}$) et du suprabenthos ($N. 100m^{-3}$).

Radiale : 12/09/1995

Cycle : 13 et 14/09/1995

Débit moyen : $300 m^3.s^{-1}$

Coefficient de marée : 94

Nombre de prélèvements

- Mésozooplancton : 62

- Suprabenthos : 18

Date	Position		Suprabenthos	Mésozooplancton
	Latitude	Longitude		
Radiale	49°26'107N	0°06'274E	SAT44	SAP96
09/12/1995	49°25'974N	0°09'934E	SAT45	SAP97
	49°25'839N	0°15'132E	SAT46	SAP98
	49°26'246N	0°20'583E	SAT47	SAP99
	49°29'211N	0°29'665E	SAT48	SAP100
Cycle				
13-14/09/95	Pont de Normandie		SAT49-SAT61	SAP101-SAP126

Station	Date	Salinité (P.S.U.)	T(°C)
N°mésozooplancton		surface	surface
Radiale			
SAP96	09/12/1995	12,1	17,8
SAP97		7,7	18,0
SAP98		4,4	18,2
SAP99		1,8	18,5
SAP100		0,4	18,6
Cycle			
SAP101	13-14/09/95	3,2	18,2
SAP102		2,6	18,2
SAP103		1,5	18,4
SAP104		2,0	18,5
SAP105		3,9	18,3
SAP106		5,7	18,2
SAP107		7,2	18,2
SAP108		7,8	18,0
SAP109		6,9	18,1
SAP110		5,6	18,1
SAP111		2,8	18,3
SAP112		1,7	18,4
SAP113		2,0	18,4
SAP114		2,9	18,3
SAP115		2,6	18,3
SAP116		2,0	18,3
SAP117		2,6	18,3
SAP118		3,8	18,4
SAP119		6,0	18,2
SAP120		7,0	18,1
SAP121		7,5	18,1
SAP122		6,3	18,1
SAP123		3,8	18,3
SAP124		3,0	18,3
SAP125		2,0	18,3
SAP126		2,1	18,2

Prélèvements	SAPS 96	SAPO 96	SAPS 97	SAPO 97	SAPS 98	SAPO 98	SAPS 99	SAPO 99	SAPS 100	SAPO 100
Cladocères										
<i>Bosmina</i> spp.	1	88	-	-	627	8	57	7	95	2000
<i>Ceriodaphnia</i> spp.	-	-	1	7	13	-	1	-	-	-
<i>Chydorus</i> spp.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Daphnia</i> spp.	-	-	1	-	93	-	4	-	8	105
Cladocères divers	-	-	-	-	-	-	1	-	3	158
Copépodes										
<i>Acanthocyclops robustus</i>	15	176	40	7	1493	24	7	3	55	579
<i>Acartia</i> spp.	364	62059	27	6897	1413	190	-	-	-	-
<i>Acartia discaudata</i>	1	882	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eurytemora affinis</i>	5	853	2	10414	3400	5337	1	464	1178	13684
<i>Temora longicornis</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Calanoïdes divers	1	206	1	-	27	-	-	-	-	-
Copépodites <i>Acartia</i>	-	1235	2	62	-	-	-	-	-	-
Copépodites <i>Eurytemora</i>	-	-	8	9172	2245	5159	7	879	478	4105
<i>Euterpina acutifrons</i>	3	853	1	7	-	-	-	-	-	-
Harpacticoïdes	-	29	1	7	-	-	-	-	-	-
Ostracodes	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-
Densité totale	393	66382	86	26579	9312	10718	79	1352	1816	20632

Prélèvements	SAT44	SAT45	SAT46	SAT47	SAT48
Amphipodes	243	79	6	2	-
Mysidacés					
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	49	2	-	-	-
<i>Neomysis integer</i>	6417	11813	8268	434	242
<i>Schistomysis</i> spp.	2	-	-	-	-
Décapodes					
<i>Carcinus maenas</i>	1	1	-	-	-
<i>Crangon crangon</i>	16	85	63	8	-
<i>Liocarcinus depurator</i>	-	-	1	-	-
<i>Macropodia linnaei</i>	1	-	-	-	-
<i>Palaemon longirostris</i>	-	-	25	349	165
Larves de crangonidés	-	-	1	-	-
Larves de palaemonidés	1	-	-	-	-
Mégaloïde de paguridés	1	-	-	-	-
Zoés de brachyours	3	10	1	-	-
Cumacés					
<i>Diastylis rugosa</i>	6	-	-	-	-
<i>Pseudocuma longicornis</i>	4	-	-	-	-
Chaetognathe					
<i>Sagitta elegans</i>	14	-	1	-	-
Poissons					
<i>Anguilla anguilla</i>	-	-	-	-	1
<i>Clupea harengus</i>	1	-	-	-	-
<i>Platichthys flesus</i>	-	1	1	-	-
<i>Pomatoschistus microps</i>	12	10	31	50	169
<i>Pomatoschistus minutus</i>	27	20	64	3	1
<i>Solea vulgaris</i>	-	-	-	1	-
Larves de clupéidés	1	-	-	-	-
Larves de gobiidés	116	15	4	1	14
Densité totale	6915	12036	8466	848	592

Prélèvements	SAPS101	SAPO101	SAPS102	SAPO102	SAPS103	SAPO103	SAPS104	SAPO104	SAPS105	SAPO105	SAPS106	SAPO106	SAPS107	SAPO107	SAPS108	SAPO108
Cladocères																
<i>Biapertura affinis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bosmina</i> spp.	14	30	94	23	2143	70	55	16	23	19	5	2	1	6	-	1
<i>Ceriodaphnia</i> spp.	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chydorus</i> spp.	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Daphnia</i> spp.	3	7	23	2	239	-	6	2	2	1	1	-	1	-	-	-
<i>Ilocryptus sordidus</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leydigia acanthocercoides</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leydigia quadrangularis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Podon</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Scapholeberis mucronata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cladocères divers	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copépodes																
<i>Acanthocyclops robustus</i>	33	30	8	19	272	140	12	5	15	16	30	11	8	8	233	8
<i>Acartia</i> spp.	9	388	1	8	-	140	1	644	3	49	1	6228	21	6969	1340	1760
<i>Acartia discaudata</i>	1	23	-	-	-	5	-	1	1	5	-	2	2	991	-	90
<i>Calanus helgolandicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Centropages hamatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
<i>Centropages divers</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coricaeus anglicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eurytemora affinis</i>	19	7431	12	6373	2778	11884	30	1003	4	106	1	161	1	139	37	8
<i>Parapontella brevicornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Temora longicornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	1
Calanoides divers	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-
<i>Euterpina acutifrons</i>	-	3	-	-	-	5	-	3	-	1	-	11	1	52	3	2
<i>Leaneceira branchialis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Harpacticoides divers	-	-	-	2	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	10	-
Copépodites <i>Acartia</i>	1	7	-	-	-	-	-	23	1	5	1	763	19	2159	183	1526
Copépodites <i>Eurytemora</i>	757	27569	606	20666	41222	26783	128	4576	34	595	12	1742	15	1626	273	202
Ostracodes	-	-	1	-	-	5	-	1	-	-	-	1	1	12	-	1
Larves de cirripèdes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Densité totale	839	35489	746	27093	46654	39034	234	6275	83	796	50	8928	72	11967	2080	3599

Prélèvements	SAPS109	SAPO109	SAPS110	SAPO110	SAPS111	SAPO111	SAPS112	SAPO112	SAPS113	SAPO113	SAPS114	SAPO114	SAPS115	SAPO115	SAPS116	SAPO116	SAPS117	SAPO117
Cladocères																		
<i>Diapertura affinis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bosmina</i> spp.	-	-	8	-	24	49	160	54	47	31	152	122	228	55	293	274	173	227
<i>Ceriodaphnia</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chydorus</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Daphnia</i> spp.	1	-	1	-	5	-	12	7	6	6	17	12	15	5	13	37	14	4
<i>Hiocryptus sordidus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leydigia acanthocercoides</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Leydigia quadrangularis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Podon</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Scapholeberis mucronata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cladocères divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-
Copépodes																		
<i>Acanthocyclops robustus</i>	10	17	7	9	21	39	40	40	106	60	443	200	233	119	269	132	142	81
<i>Acartia</i> spp.	38	9423	1113	7375	2318	4220	-	-	-	-	10	1069	1	740	20	1341	3	158
<i>Acartia discandata</i>	3	4086	170	1700	710	2061	-	-	-	-	3	65	-	82	1	125	-	-
<i>Calanus helgolandicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Centropages hamatus</i>	1	-	-	16	1	12	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Centropages divers</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coricaeus anglicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eurytemora affinis</i>	1	13	2	90	451	1114	2464	5537	3471	7748	4477	9959	4273	9928	7428	11548	3213	7813
<i>Parapontella brevicornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Temora longicornis</i>	-	23	1	9	-	2	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Calanoides divers	-	-	3	69	-	27	2	10	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
<i>Euterpina acutifrons</i>	1	217	12	203	5	227	51	17	-	2	-	8	1	5	1	15	-	-
<i>Leamnecera branchialis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Harpacticoides divers	-	-	-	31	1	1	2	10	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copépodites <i>Acartia</i>	39	3148	853	2646	379	159	-	17	-	8	-	-	-	2	-	8	-	9
Copépodites <i>Eurytemora</i>	6	605	43	1266	375	1220	2774	5333	5655	8887	700	20449	3342	26391	1556	11220	13036	26561
Ostracodes	1	17	1	3	-	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	2	-	2
Larves de cirripèdes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Densité totale	100	17549	2214	13418	4290	9132	5506	11030	9286	16742	5803	31886	8092	37329	9582	24707	16582	34855

Prélèvements	SAPS118	SAPO118	SAPS119	SAPO119	SAPS120	SAPO120	SAPS121	SAPO121	SAPS122	SAPO122	SAPS123	SAPO123	SAPS124	SAPO124	SAPS125	SAPO125	SAPS126	SAPO126
Cladocères																		
<i>Biapertura affinis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Bosmina</i> spp.	19	61	1	3	1	-	54	16	23	13	21	14	106	47	109	50	42	47
<i>Ceriodaphnia</i> spp.	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	1	-	1	-	1	-
<i>Chydorus</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Daphnia</i> spp.	2	4	1	1	1	1	1	-	1	2	2	3	6	3	16	5	7	3
<i>Ilyocryptus sordidus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leydigia acanthocercoides</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Leydigia quadrangularis</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Podon</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Scapholeberis mucronata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Cladocères divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copépodes																		
<i>Acanthocyclops robustus</i>	59	157	52	38	70	105	123	48	14	-	21	5	15	10	31	42	20	41
<i>Acartia</i> spp.	2	1638	5	2328	10	1407	13	3457	3	2694	7	3763	8	2208	4	6833	47	5132
<i>Acartia discaudata</i>	1	427	2	522	2	94	2	1116	2	2670	6	3635	8	1473	2	2716	5	1965
<i>Calanus helgolandicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Centropages hamatus</i>	-	-	-	-	-	-	1	2	-	7	1	6	1	5	-	8	-	21
<i>Centropages divers</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coricaeus anglicus</i>	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eurytemora affinis</i>	196	1224	377	2348	146	828	72	548	1	367	2	15	1	404	1	2500	2	547
<i>Parapontella brevicornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Temora longicornis</i>	-	-	-	1	-	1	-	2	-	2	1	1	-	1	-	-	-	6
Calanoides divers	-	7	-	3	-	1	-	1	-	8	1	19	-	17	-	74	-	103
<i>Euterpina acutifrons</i>	-	45	-	17	-	11	-	40	1	95	1	332	1	99	1	452	1	159
<i>Leamecera branchialis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Harpacticoides divers</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	1	3	1	3	1	-	1	6
Copépodites <i>Acartia</i>	-	276	1	1000	1	1220	4	2279	2	2782	11	5038	13	2070	1	1579	9	1456
Copépodites <i>Eurytemora</i>	191	5492	434	9741	37	5573	64	3651	8	2621	15	1885	9	3140	7	16855	114	4706
Ostracodes	1	1	-	2	1	4	2	9	1	5	1	5	1	2	-	-	-	3
Larves de cirripèdes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Densité totale	469	9332	875	16006	269	9246	336	11171	57	11271	95	14725	170	9482	173	31114	249	14197

Prélèvements	SAT49	SAT50	SAT51	SAT52	SAT53	SAT54	SAT55	SAT56	SAT57	SAT58	SAT59	SAT60	SAT61
Amphipodes													
<i>Phthisica marina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Divers	4	56	14	5	-	3	2	5	2	2	1	1	1
Isopodes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Mysidacés													
<i>Anchialina agilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	-	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	-	308	6137	1612	11533	1626	26	33	14386	20704	2511	11691	509
<i>Neomysis integer</i>	64900	216456	16656	24757	37898	27436	16954	5836	30137	25927	52004	73054	149213
Décapodes													
<i>Crangon crangon</i>	371	1193	94	195	275	91	172	129	197	131	161	215	32
<i>Liocarcinus depurator</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Palaemon longirostris</i>	1256	504	1	4	-	14	205	187	9	2	1	2	1
Mégalopes de brachyours	-	-	-	1	1	-	-	-	21	1	-	-	-
Mégalope de paguridés	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Postlarve de <i>Palaemon</i>	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Zoés de brachyours	-	6	-	1	-	2	-	-	2	-	-	-	-
Zoé d'hippolidé	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Chaetognathes													
<i>Sagitta elegans</i>	-	81	11	242	241	64	37	45	86	71	134	45	109
Poissons													
<i>Anguilla anguilla</i>	3	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-
<i>Ciliata mustella</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
<i>Clupea harengus</i>	4	-	-	-	9	35	3	1	2	1	-	-	-
<i>Dicentrarchus labrax</i>	6	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-
<i>Merlangius merlangius</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Platichthys flesus</i>	1	-	3	-	-	1	1	1	-	1	-	-	3
<i>Pomatoschistus microps</i>	8635	1403	5	7	12	31	1841	549	71	11	51	72	81
<i>Pomatoschistus minutus</i>	351	2343	157	89	42	128	212	752	225	152	116	660	259
<i>Solea vulgaris</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sprattus sprattus</i>	2	-	-	-	-	15	13	1	12	1	-	-	1
<i>Syngnathus acus</i>	-	-	-	-	2	-	-	-	-	1	2	-	1
Larves de clupéidés	-	-	13	7	4	1	-	-	2	1	-	-	-
Larves de gobiidés	424	321	89	466	276	173	267	61	186	75	1019	348	3007
Larves diverses	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	3	-	-
Poisson divers	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
Céphalopodes													
<i>Loligo vulgaris</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Densité totale	75958	222672	23183	27386	50297	29627	19737	7602	45338	47081	56006	86089	153217

ANNEXE III

Campagnes SEAV pk Année 1996

Tableaux récapitulatifs des localisations et des paramètres physico-chimiques, des densités du mésozooplancton ($N. m^{-3}$) et du suprabenthos ($N. 100m^{-3}$). Femelle N.O./Ovi : femelle non ovigère/ovigère

Campagnes mensuelles, radiale

Nombre de prélèvements

- Mésozooplancton : 140

- Suprabenthos : 69

N°Campagne	Date	Position		Suprabenthos	Mésozooplancton
		Latitude	Longitude		
SEAV Pk05	28/01/1996	49°26'353N	0°04'681E	SAT65	SAP133
		49°26'127N	0°07'582E	SAT66	SAP134
		49°26'065N	0°011'025E	SAT67	SAP135
		49°26'186N	0°18'060E	SAT68	SAP136
		49°26'438N	0°21'044E	SAT69	SAP137
		49°27'910N	0°26'614E	SAT70	SAP138
SEAV Pk06	25/02/1996	49°26'138N	0°08'140E	SAT74	SAP145
		Bouée 16		SAT75	SAP146
		Honfleur		SAT76	SAP147
		Bouée 26		SAT77	SAP148
		49°26'475N	0°22'182E	SAT78	SAP149
		49°27'840N	0°26'758E	SAT79	SAP150
SEAV Pk07	27/03/1996	49°26'159N	0°08'751E	SAT87	SAP164
		49°26'012N	0°12'151E	SAT88	SAP165
		49°25'919N	0°16'370E	SAT89	SAP166
		49°26'610N	0°22'710E	SAT90	SAP167
		49°28'880N	0°28'604E	SAT91	SAP168
		49°27'776N	0°32'782E	SAT92	SAP169
SEAV Pk08	23/04/1996	49°26'310N	0°07'515E	SAT100	SAP182
		49°25'947N	0°15'167E	SAT101	SAP183
		49°26'239N	0°19'666E	SAT102	SAP184
		49°27'300N	0°25'333E	SAT103	SAP185
		49°29'190N	0°29'490E	SAT104	SAP186
		49°26'197N	0°34'560E	-	SAP187
SEAV Pk09	28/05/1996	49°26'350N	0°05'572E	SAT111	SAP200
		49°26'216N	0°07'461E	SAT112	SAP201
		49°26'006N	0°13'916E	SAT113	SAP202
		49°26'491N	0°21'475E	SAT114	SAP203
		49°27'646N	0°26'157E	SAT115	SAP204
		49°28'019N	0°32'415E	SAT116	SAP205
SEAV Pk10	25/06/1996	49°25'901N	0°15'283E	SAT129	SAP230
		49°26'307N	0°20'718E	SAT130	SAP231
		49°27'456N	0°25'852E	SAT131	SAP232
		49°29'132N	0°30'429E	SAT132	SAP233
		49°26'730N	0°33'949E	SAT133	SAP234
		49°26'318N	0°38'077E	SAT134	SAP235

N°Campagne	Date	Position		Suprabenthos	Mésozooplankton
		Latitude	Longitude		
SEAV Pk11	22/07/1996	49°25'901N	0°15'283E	SAT135	SAP236
		49°26'307N	0°20'718E	SAT136	SAP237
		49°27'456N	0°25'852E	SAT137	SAP238
		49°29'132N	0°30'429E	SAT138	SAP239
		49°26'730N	0°33'949E	SAT139	SAP240
		49°26'318N	0°38'077E	SAT140	SAP241
SEAV Pk12	21/08/1996	49°26'132N	0°06'675E	SAT150	SAP260
		49°26'866N	0°13'776E	SAT151	SAP261
		49°26'053N	0°18'765E	SAT152	SAP262
		49°27'485N	0°25'893E	SAT153	SAP263
		49°28'951N	0°28'950E	SAT154	SAP264
		49°27'609N	0°30'934E	SAT155	SAP265
SEAV Pk13	18/09/1996	49°26'020N	0°09'269E	SAT162	SAP278
		Bouée 18		SAT163	SAP279
		Bouée 24		SAT164	SAP280
		49°27'522N	0°26'019E	SAT165	SAP281
		49°29'213N	0°30'190E	SAT166	SAP282
		49°25'976N	0°35'218E	SAT167	SAP283
SEAV Pk14	20/10/1996	Bouée 14		SAT171	SAP290
		Bouée 20		SAT172	SAP291
		Bouée 28		SAT173	SAP292
		Bouée 34		SAT174	SAP293
		St Léonard-Aval		SAT175	SAP294
SEAV Pk15	18/11/1996	Bouée 12		SAT185	SAP312
		pk 355		SAT186	SAP313
		pk 350		SAT187	SAP314
		pk 343		SAT188	SAP315
		pk 337		SAT189	SAP316
SEAV Pk16	16/12/1996	49°27'088N	0°01'874E	SAT193	SAP323
		49°26'715N	0°03'720E	SAT194	SAP324
		49°26'144N	0°06'653E	SAT195	SAP325
		49°25'882N	0°15'330E	SAT196	SAP326
		49°26'263N	0°20'765E	SAT197	SAP327
		49°28'750N	0°28'460E	SAT198	SAP328

N°Campagne	Date	Coefficient de marée	Débit (m ³ .s ⁻¹)
SEAV Pk05	28/01/96	46	438
SEAV Pk06	25/02/96	61	641
SEAV Pk07	27/03/96	36	270
SEAV Pk08	23/04/96	58	159
SEAV Pk09	28/05/96	63	256
SEAV Pk10	25/06/96	46	140
SEAV Pk11	22/07/96	62	139
SEAV Pk12	21/08/96	61	224
SEAV Pk13	18/09/96	75	132
SEAV Pk14	20/10/96	51	191
SEAV Pk15	18/11/96	58	586
SEAV Pk16	16/12/96	77	749

Station	Date	Salinité (P.S.U.)		T°C	O ₂ dissous(mg.l ⁻¹)		M.E.S. (mg.l ⁻¹)	
		surface	fond	surface	surface	fond	surface	fond
SAP133	28/01/96	18,6	30,0	6,3	-	-	39,9	90,3
SAP134		13,5	-	6,0	-	-	36,3	65,6
SAP135		11,3	24,0	6,0	-	-	49,0	127,3
SAP136		6,0	-	6,0	-	-	47,1	669
SAP137		3,2	12,0	6,1	-	-	51,7	53,9
SAP138		0,6	10,0	6,1	-	-	41,1	3881,3
SAP145	25/02/96	16,4	-	7,0	-	-	30,3	311,7
SAP146		12,6	-	6,6	-	-	28,8	120,0
SAP147		11,5	-	6,2	-	-	27,5	150,2
SAP148		4,0	-	6,4	-	-	25,3	54,4
SAP149		1,1	-	6,6	-	-	34,8	420,0
SAP150		0,4	-	5,8	-	-	33,5	485,0
SAP151		0,4	-	6,4	-	-	47,6	96,5
SAP164	27/03/96	12,6	-	9,5	8,24	9,45	20,0	81,4
SAP165		10,5	-	9,3	6,92	8,82	17,8	62,2
SAP166		8,4	-	9,6	6,58	8,48	21,0	203,1
SAP167		6,5	-	9,7	5,70	7,42	23,1	1286,7
SAP168		3,8	-	9,8	5,31	5,94	24,9	1764,3
SAP169		1,7	-	10,0	4,85	4,73	35,2	318,5
SAP182	23/04/96	20,9	28,1	12,0	7,01	8,92	34,2	179,0
SAP183		15,1	18,9	12,9	5,62	5,72	68,6	106,5
SAP184		10,3	14,7	13,4	4,27	4,80	76,0	136,0
SAP185		4,9	10,1	13,8	3,42	3,00	65,7	314,4
SAP186		1,9	2,8	13,7	1,63	1,35	60,0	217,5
SAP187		0,4	0,5	13,9	1,00	0,84	14,8	56,0
SAP200	28/05/96	19,6	22,4	14,7	5,71	5,89	39,7	94,0
SAP201		14,7	19,8	15,3	5,23	5,47	32,7	49,3
SAP202		11,5	13,5	15,6	3,82	3,80	71,6	196,5
SAP203		5,8	9,4	16,0	3,40	3,54	60,3	572,0
SAP204		3,9	6,2	15,6	2,40	2,45	93,2	1758,0
SAP205		0,3	1,0	15,8	2,14	1,90	114,4	383,0
SAP230	24/06/96	20,9	30,6	18,8	6,21	7,40	28,8	52,9
SAP231		16,9	23,9	19,6	5,81	6,29	31,4	84,0
SAP232		8,3	16,9	20,6	4,50	5,71	32,2	440,0
SAP233		5,1	7,1	21,1	4,14	3,94	42,5	197,0
SAP234		2,6	3,0	21,2	4,02	3,26	76,3	2662,0
SAP235		1,0	1,5	21,7	4,06	3,64	56,9	870,0
SAP236	22/07/96	20,4	21,2	20,8	5,10	5,04	112,2	185,5
SAP237		13,9	16,2	21,5	5,08	4,47	107,3	244,0
SAP238		9,5	11,3	21,5	4,10	3,74	98,4	165,5
SAP239		5,0	7,0	21,8	3,57	2,81	111,5	537,3
SAP240		2,9	3,5	21,8	4,05	3,26	56,7	74,0
SAP241		1,2	1,3	22,0	4,79	4,38	56,0	111,2
SAP260	21/08/96	19,5	28,7	21,2	3,91	4,49	16,7	474,8
SAP261		13,0	17,0	22,0	2,79	3,03	15,3	320,0
SAP262		10,5	15,0	22,0	-	-	31,5	1625,0
SAP263		4,5	4,5	22,2	2,14	1,32	79,2	22890,0
SAP264		2,4	2,2	22,4	2,50	1,84	89,6	605,0
SAP265		0,4	0,5	22,6	2,70	2,80	144,5	411,0
SAP278	18/09/96	19,5	19,7	16,6	5,73	5,66	449,0	525,7
SAP279		14,6	16,6	16,8	5,34	5,45	198,8	392,2
SAP280		8,4	10,5	17,1	4,30	4,45	101,1	1042,1
SAP281		4,3	5,4	17,4	4,90	2,51	121,9	63400,0
SAP282		2,5	2,4	17,6	5,15	4,99	590,0	672,0
SAP283		0,8	0,7	17,9	5,58	5,56	512,7	860,0
SAP290	20/10/96	12,9	19,0	15,2	5,98	5,88	82,9	101,0
SAP291		9,5	15,0	15,0	4,65	4,98	47,3	49,2
SAP292		3,0	10,0	15,2	3,27	3,90	68,2	430,3
SAP293		1,5	4,0	15,2	2,23	2,15	61,4	371,3
SAP294		0,5	0,5	15,5	1,09	0,62	69,5	106,0
SAP312	18/11/96	10,5	25,0	13,6	5,88	7,31	140,8	545,2
SAP313		7,0	12,0	14,0	2,93	3,36	129,8	826,1
SAP314		3,6	14,3	14,0	2,50	3,47	112,3	1700,0
SAP315		1,3	4,5	13,2	2,14	2,06	99,6	1655,6
SAP316		0,5	0,5	14,0	2,68	2,28	223,1	185,7
SAP323	16/12/96	18,5	30,6	8,2	8,09	8,16	38,1	121,8
SAP324		14,5	21,9	8,0	8,19	7,92	109,8	105,5
SAP325		8,6	19,6	7,4	7,88	7,69	90,8	244,7
SAP326		4,7	16,0	7,0	8,18	7,14	102,6	12400,0
SAP327		2,4	9,9	7,0	8,12	6,76	92,6	10300,0
SAP328		0,4	0,4	6,9	8,44	8,36	57,8	490,4

Prélèvements	SAPS133	SAPO133	SAPS134	SAPO134	SAPS135	SAPO135	SAPS 136	SAPO136	SAPS137	SAPO137	SAPS 138	SAPO138
Cnidaires												
Méduses	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stade velum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cladocères												
<i>Acropus harpae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alona quadrangularis</i>	-	-	-	-	-	-	0,04	0,17	0,30	0,38	0,53	1,40
<i>Biapertura affinis</i>	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	1,13	1,06	1,40
<i>Bosmina</i> spp.	0,10	0,05	0,40	0,68	0,52	0,37	7,83	8,40	48,70	55,51	124,47	54,34
<i>Ceriodaphnia</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chydorus</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	-	-	0,35
Chydoridae	-	-	0,02	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-
<i>Daphnia</i> spp.	0,29	0,11	0,27	0,23	1,29	0,47	8,06	12,06	43,55	44,45	180,85	41,96
<i>Eurycerus lamellatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Evadne nordmanni</i>	-	-	-	-	0,08	-	-	-	-	-	-	-
<i>Evadne spinifera</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ilicryptus sordidus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leydigia quadrangularis</i>	-	-	0,02	-	-	0,05	-	-	-	-	1,60	0,35
<i>Macrothrix laticornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	-	-	-
<i>Macrothrix hirsuticornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus uncinatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus trigonellus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus aduncus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	-	-	-
<i>Pleuroxus</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	-	-	-
<i>Podon</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Simocephalus exspinosus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cladocères divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copépodes												
<i>Acantocyclops robustus</i>	0,05	0,05	0,96	1,80	15,00	11,45	28,61	16,06	33,57	17,92	203,88	24,13
Cyclopoides divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia</i> spp.	0,97	0,76	0,11	5,41	0,20	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia discandata</i> femelle	0,44	0,43	0,11	8,11	0,08	0,19	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia discandata</i> mâle	0,13	0,11	-	1,35	-	0,19	-	-	-	-	-	-
<i>Calanus helgolandicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Centropages hamatus</i>	0,02	0,11	-	0,45	-	0,05	-	-	-	-	-	-
<i>Centropages typicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Centropagides divers	-	-	0,47	1,35	3,10	0,56	0,86	1,60	3,10	3,96	12,23	3,50
<i>Eurytemora affinis</i> femelle N.O	0,03	0,16	0,20	2,25	1,53	0,42	0,08	23,83	-	10,75	1,06	41,12
<i>Eurytemora affinis</i> femelle Ovi	0,03	0,05	0,09	4,28	0,36	0,14	-	24,63	-	11,89	-	9,44
<i>Eurytemora affinis</i> mâle	0,11	0,11	0,25	2,03	1,21	0,89	0,21	108,06	0,76	44,45	3,19	202,80
<i>Temora longicornis</i>	0,05	0,22	0,11	0,45	-	-	-	-	-	-	-	-
Calanoides divers	1,26	3,42	0,38	1,35	0,12	0,28	-	-	-	-	-	-
<i>Coricaeus anglicus</i>	-	0,11	-	0,68	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Euterpina acutifrons</i>	0,72	0,87	0,20	1,13	0,52	0,28	0,78	0,17	-	-	0,53	-
<i>Leameceora branchialis</i>	0,03	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Harpacticoides	0,18	-	0,20	0,68	0,44	0,51	0,61	-	0,08	0,19	-	-
Copépodes divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepodites <i>Acartia</i>	1,19	1,03	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepodites centropagidae	0,15	0,22	0,40	0,68	1,01	0,56	0,74	0,34	1,97	2,26	3,72	0,35
Copepodites cyclopoides	0,93	1,20	8,75	6,76	95,93	35,33	60,38	17,26	62,51	62,00	223,40	-
Copepodites <i>Eurytemora</i>	0,33	0,49	3,06	26,22	155,69	103,18	63,42	5530,40	332,70	2143,40	8005,32	6835,66
Copepodites <i>Temora</i>	0,54	0,76	0,16	0,23	0,04	0,05	-	-	-	-	-	-
stade nauplien	0,13	-	0,02	0,23	0,08	0,33	0,21	0,97	0,53	0,75	0,53	0,35
Ostracodes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Larve cirripede	0,47	0,60	0,07	0,45	0,04	0,05	-	-	-	-	-	-
Appendiculaires												
<i>Olkopleura dioica</i>	0,02	-	-	2,70	-	0,05	-	-	-	-	-	-
Collembolles												
<i>Isotona maritima</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Densité totale	8	11	16	69	277	155	172	5744	528	2399	8762	7217

Prélèvements	SAPS145	SAP0145	SAPS 146	SAP0146	SAPS147	SAP0147	SAPS148	SAP0148	SAPS149	SAP0149	SAPS150	SAP0150
Cnidaires												
Méduses	0,04	0,50	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stade velum	0,19	-	0,15	0,52	0,06	0,15	0,02	-	-	-	-	-
Cladocères												
<i>Acroperus harpae</i>	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-
<i>Alona quadrangularis</i>	-	-	-	-	-	-	0,04	-	2,60	-	11,72	12,99
<i>Biapertura affinis</i>	-	-	-	-	-	-	0,04	-	1,66	9,88	2,78	6,49
<i>Bosmina</i> spp.	-	0,07	0,01	0,63	0,19	0,66	30,11	11,21	62,98	83,95	320,77	77,92
<i>Ceriodaphnia</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chydorus</i> spp.	-	-	-	-	-	0,07	0,07	-	8,98	-	2,78	-
Chydoridae	-	-	-	-	-	-	-	0,93	-	-	-	-
<i>Daphnia</i> spp.	-	-	-	-	0,11	0,07	-	1,87	23,87	4,94	68,24	32,47
<i>Eurycercus lamellatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Evadne nordmanni</i>	-	0,14	0,05	0,42	0,45	0,22	0,30	-	-	-	-	-
<i>Evadne spinifera</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ilyocryptus sordidus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leydigia quadrangularis</i>	-	-	-	-	-	-	0,02	-	0,47	-	0,56	-
<i>Macrothrix laticornis</i>	-	-	-	-	-	-	0,11	-	0,95	4,94	1,11	-
<i>Macrothrix hirsuticornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,56	-
<i>Pleuroxus uncinatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,24	-	-	-
<i>Pleuroxus trigonellus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,24	-	-	-
<i>Pleuroxus aduncus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,47	-	-	-
<i>Pleuroxus</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Podon</i> spp.	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-
<i>Simocephalus exspinosus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cladocères divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copépodes												
<i>Acantocyclops robustus</i>	0,25	-	-	-	12,64	6,06	35,50	30,84	319,15	113,58	882,85	51,95
Cyclopoides divers	-	0,07	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia</i> spp.	0,06	2,06	0,03	0,73	-	0,36	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia discaudata</i> femelle	-	2,91	-	1,25	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia discaudata</i> mâle	-	1,70	-	0,42	0,02	-	-	-	-	-	-	-
<i>Calanus helgolandicus</i>	-	0,21	-	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Centropages hamatus</i>	-	0,50	-	0,52	0,17	0,07	0,04	-	-	-	-	-
<i>Centropages typicus</i>	-	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Centropagides divers	-	-	-	-	0,07	0,07	0,91	-	2,13	-	207,53	-
<i>Eurytemora affinis</i> femelle N.O	0,02	0,99	0,04	15,47	0,33	1,46	0,02	328,41	1,89	1540,74	348,68	39935,06
<i>Eurytemora affinis</i> femelle Ovi	-	3,69	0,08	43,39	0,07	1,09	0,02	534,58	0,24	1471,60	11,15	10454,55
<i>Eurytemora affinis</i> mâle	-	-	-	6,25	0,63	3,72	0,13	1130,84	4,96	5728,40	1748,95	16818,18
<i>Temora longicornis</i>	-	2,27	-	0,83	-	0,07	-	-	-	-	-	-
Calanoides divers	2,17	143,97	1,18	164,58	0,06	2,41	0,04	12,15	-	4,94	-	-
<i>Coricaeus anglicus</i>	-	0,07	-	-	-	0,00	-	-	-	-	-	-
<i>Euterpina acutifrons</i>	0,02	0,21	0,01	0,73	0,02	0,15	0,48	0,93	0,71	-	-	-
<i>Leameceora branchialis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Harpacticoides	0,02	0,14	0,04	0,63	-	-	-	-	-	-	-	-
Copépodes divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepodites <i>Acartia</i>	1,37	3,55	0,70	1,56	-	0,36	-	-	-	-	-	-
Copepodites centropagidae	0,02	0,35	0,04	0,31	0,04	0,15	1,00	-	0,95	-	13,39	12,99
Copepodites cyclopoides	0,53	0,50	0,16	3,13	30,56	21,46	30,71	44,86	296,45	29,63	573,22	25,97
Copepodites <i>Eurytemora</i>	0,21	-	0,98	188,54	267,88	1887,59	7,38	4364,49	221,28	63012,35	987,45	76948,05
Copepodites <i>Temora</i>	-	3,12	0,04	1,25	0,02	0,29	0,02	-	-	-	-	-
stade nauplien	0,04	0,14	-	0,21	0,06	0,80	0,46	6,54	0,71	-	-	38,96
Ostracodes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Larve cirripede	5,85	14,89	4,36	26,56	5,61	16,72	0,06	5,61	-	4,94	-	-
Appendiculaires												
<i>Olkopleura dioica</i>	0,11	0,92	-	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-
Collembolés	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Isoetona maritima</i>	-	-	-	-	-	-	-	4,67	-	-	-	-
Densité totale	11	183	8	458	319	1944	107	6478	951	72010	5182	144416

Prélèvements	SAPS164	SAPO164	SAPS165	SAPO165	SAPS166	SAPO166	SAPS167	SAPO167	SAPS168	SAPO168	SAPS169	SAPO169
Cnidaires												
Méduses	-	1,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stade velum	-	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cladocères												
<i>Acroporus harpae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alona quadrangularis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,19	-	-	-
<i>Biapertura affinis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bosmina</i> spp.	-	0,16	0,02	-	0,02	-	0,67	-	22,02	8,85	12,75	10,00
<i>Ceriodaphnia</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chydorus</i> spp.	-	-	0,02	-	-	-	-	-	0,95	-	0,91	-
Chydoridae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Daphnia</i> spp.	0,05	-	0,07	0,35	0,16	-	1,92	-	20,95	4,42	30,97	35,00
<i>Eurycerus lamellatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Evadne nordmanni</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,19	-	-	-
<i>Evadne spinifera</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ilicryptus sordidus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leydigia quadrangularis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Macrothrix laticornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Macrothrix hirsuticornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus uncinatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus trigonellus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus aduncus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Podon</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Simocephalus exspinosus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cladocères divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copépodes												
<i>Acartocyclops robustus</i>	-	0,89	-	2,84	7,59	3,80	32,63	20,64	69,85	57,52	82,88	115,00
Cyclopoides divers	1,90	-	7,83	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia</i> spp.	-	3,39	0,20	6,38	-	0,54	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia discaudata</i> femelle	-	0,73	-	6,74	-	0,54	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia discaudata</i> mâle	-	1,77	-	4,26	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Calanus helgolandicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Centropages hamatus</i>	-	0,08	-	2,84	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Centropages typicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Centropagides divers	-	-	0,05	-	0,03	-	-	2,29	0,19	-	-	5,00
<i>Eurytemora affinis</i> femelle N O	-	0,08	0,05	38,58	0,42	29,35	0,77	126,15	3,24	1318,58	161,33	1816,70
<i>Eurytemora affinis</i> femelle Ovi	0,02	-	0,02	40,21	0,10	25,00	0,19	55,05	0,19	455,75	19,13	878,60
<i>Eurytemora affinis</i> mâle	0,05	0,08	0,02	28,01	0,17	198,75	1,06	660,55	46,10	3510,35	443,22	5450,00
<i>Temora longicornis</i>	-	0,32	-	0,71	-	-	-	-	-	-	-	-
Calanoides divers	-	60,97	0,02	39,43	0,09	101,79	0,29	18,35	-	8,85	-	-
<i>Coricaeus anglicus</i>	-	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Euterpina acutifrons</i>	0,17	0,40	0,49	0,71	0,19	-	0,77	-	-	-	-	-
<i>Leameceora branchialis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Harpacticoides	0,05	0,08	0,07	0,35	0,19	-	-	-	-	-	-	-
Copépodes divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepodites <i>Acartia</i>	-	64,11	0,32	30,50	0,02	0,54	-	-	-	-	-	-
Copepodites centropagidae	1,56	0,56	6,16	9,93	17,01	9,78	34,22	13,76	67,94	13,27	18,21	40,00
Copepodites cyclopoides	-	-	-	-	-	-	0,19	-	-	-	-	-
Copepodites <i>Eurytemora</i>	0,17	1,61	3,15	347,52	50,35	3489,13	1361,80	23967,89	895,24	25221,24	13561,02	33100,00
Copepodites <i>Temora</i>	0,02	0,16	0,02	1,42	-	0,54	-	-	-	-	-	-
stade nauplien	0,02	0,08	0,02	2,84	-	1,63	0,10	-	2,10	4,42	-	5,00
Ostracodes	-	28,23	0,71	39,43	0,26	55,43	-	22,94	-	13,27	-	-
Larve cirripede	0,20	37,26	0,30	-	-	10,33	-	4,59	0,19	-	-	-
Appendiculaires												
<i>Oikopleura dioica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Collembolles												
<i>Isotona maritima</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Densité totale	4	202	20	603	77	3927	1435	24892	1129	30617	14330	41455

Prélèvements	SAPS182	SAPO182	SAPS183	SAPO183	SAPS184	SAPO184	SAPS185	SAPO185	SAPS186	SAPO186	SAPS187	SAPO187
Cnidaires												
Méduses	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stade velum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cladocères												
<i>Acroporus harpae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alona quadrangularis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Biapertura affinis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bosmina</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	20,15	33,71	20,98	135,73	22,90
<i>Ceriodaphnia</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chydorus</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chydoridae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Daphnia</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	29,96	-	33,22	31,78
<i>Eurycerus lamellatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Evadne nordmanni</i>	0,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Evadne spinifera</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Iliocryptus sordidus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leydigia quadrangularis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Macrothrix laticornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Macrothrix hirsuticornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus uncinatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus trigonellus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus aduncus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Podon</i> spp.	-	-	0,97	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Simocephalus exspinosus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cladocères divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copépodes												
<i>Acantocyclops robustus</i>	-	-	0,97	2,23	12,99	8,75	34,25	40,30	321,03	62,94	315,96	127,17
Cyclopoides divers	0,24	2,49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia</i> spp.	58,61	19,90	1,93	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia discandata</i> femelle	7,66	393,88	-	11,16	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia discandata</i> mâle	36,79	79,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Calanus helgolandicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Centropages hamatus</i>	0,48	22,39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Centropages typicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Centropagidés divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,55
<i>Eurytemora affinis</i> femelle N.O	1,44	54,73	92,84	1339,29	1396,10	4595,19	1324,21	23778,34	973,78	10594,41	16,61	61,01
<i>Eurytemora affinis</i> femelle Ovi	0,24	54,73	92,84	613,84	728,74	227,57	2031,95	12090,68	2827,72	19510,49	20,52	68,67
<i>Eurytemora affinis</i> mâle	1,20	27,36	928,43	6026,79	9913,42	13326,04	20650,68	49974,81	6591,76	11958,04	47,92	64,86
<i>Temora longicornis</i>	-	12,44	-	4,46	-	-	-	-	-	-	-	-
Calanoides divers	8,13	2251,24	5,80	122,77	4,33	4,38	-	-	-	-	-	-
<i>Coricaeus anglicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Euterpina acutifrons</i>	1,20	2,49	-	-	4,33	4,38	-	-	-	-	-	-
<i>Leaneceora branchialis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Harpacticoides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copépodes divers	116,03	52,24	-	2,23	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepodites <i>Acartia</i>	-	4,97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepodites centropagidae	-	-	-	2,23	8,66	13,13	27,40	-	112,36	48,95	22,80	10,17
Copepodites cyclopoides	-	4,98	-	2,23	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepodites <i>Eurytemora</i>	91,58	79,60	10599,61	15334,82	61731,60	31772,43	108630,14	80403,02	3764,04	9545,45	174,82	124,62
Copepodites <i>Temora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
stade nauplien	-	-	-	-	-	4,38	-	-	-	-	-	1,26
Ostracodes	105,86	263,68	8,70	66,96	8,66	26,26	-	-	-	-	0,33	-
Larve cirripede	13,88	49,75	-	6,70	-	-	-	-	-	-	-	-
Appendiculaires												
<i>Olhopleura dioica</i>	2,39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Collemboles												
<i>Isotona maritima</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Densité totale	446	3376	11732	23536	73809	49982	132699	166307	14654	51741	768	515

Prélèvements	SAPS200	SAPO200	SAPS201	SAPO201	SAPS202	SAPO202	SAPS203	SAPO203	SAPS204	SAPO204	SAPS205	SAPO205
Cnidaires												
Méduses	1,73	13,26	4,39	1,30	-	-	-	-	-	-	-	-
Stade velum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cladocères												
<i>Acroporus harpae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alona quadrangularis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Biapertura affinis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bosmina</i> spp.	-	-	1,00	0,43	3,79	3,95	378,89	73,22	247,48	68,57	826,14	320,00
<i>Ceriodaphnia</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chydorus</i> spp.	-	-	-	-	-	-	0,78	-	-	4,57	8,42	5,71
Chydoridae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Daphnia</i> spp.	0,87	-	0,50	-	1,89	1,98	177,04	34,45	183,33	54,86	362,49	114,29
<i>Eurycerus lamellatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Evadne nordmanni</i>	783,55	1912,88	148,38	79,74	21,28	3,95	0,51	12,92	3,70	-	-	-
<i>Evadne spinifera</i>	53,68	121,21	7,48	3,04	0,47	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ilicryptus sordidus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leydigia quadrangularis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Macrothrix laticornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Macrothrix hirsuticornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus uncinatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus trigonellus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus aduncus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Podon</i> spp.	-	1,89	-	-	0,47	-	-	-	-	-	-	-
<i>Simocephalus exspinosus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cladocères divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copépodes												
<i>Acanthocyclops robustus</i>	-	-	7,23	3,91	17,02	5,93	14,83	4,31	20,36	13,71	25,29	11,43
Cyclopoides divers	1,73	3,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia</i> spp.	45,02	196,97	6,23	6,09	1,89	1,98	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia discandata</i> femelle	20,78	41,67	1,50	1,74	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia discandata</i> mâle	3,46	45,45	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Calanus helgolandicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Centropages hamatus</i>	1,73	35,98	-	0,87	-	1,98	-	-	-	-	-	-
<i>Centropages typicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Centropagides divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eurytemora affinis</i> femelle N.O	0,87	-	1,25	0,43	56,23	96,79	51,71	1406,90	888,89	1843,81	10630,14	3285,71
<i>Eurytemora affinis</i> femelle Ovi	-	-	0,25	0,43	47,76	189,63	26,81	535,96	1935,19	1508,57	13369,86	6857,14
<i>Eurytemora affinis</i> mâle	0,87	-	1,50	0,87	414,89	150,12	561,57	10465,68	6388,89	12800,00	11178,08	4200,00
<i>Temora longicornis</i>	15,58	77,65	2,24	1,74	0,47	1,98	-	-	-	-	-	-
Calanoides divers	20,78	458,33	3,49	6,96	4,26	15,80	-	-	-	-	-	-
<i>Coricaeus anglicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Euterpina acutifrons</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leameceora branchialis</i>	-	-	0,25	0,43	-	-	-	-	-	-	-	-
Harpacticoides	1,73	5,68	3,49	1,30	1,89	-	4,94	-	-	-	-	-
Copépodes divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepodites <i>Acartia</i>	15,58	24,62	6,48	0,87	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepodites centropagidae	10,39	34,09	1,00	0,43	0,47	1,98	-	-	-	-	-	-
Copepodites cyclopoides	-	-	-	-	-	-	1,04	-	1,86	-	-	5,71
Copepodites <i>Eurytemora</i>	3,46	-	2,74	1,74	205,67	88,89	1471,58	13222,07	5833,33	18880,00	8000,00	5771,43
Copepodites <i>Temora</i>	46,75	117,42	12,97	2,61	0,47	-	-	-	-	-	-	-
stade nauplien	-	1,89	-	-	0,47	-	-	-	46,30	18,29	842,99	577,14
Ostracodes	97,84	193,18	24,69	16,52	1,42	1,98	-	-	-	-	-	-
Larve cirripede	107,14	359,85	30,55	14,35	1,42	-	-	-	-	-	-	-
Appendiculaires												
<i>Okopleura dioica</i>	12,12	56,82	0,50	0,87	-	-	-	-	-	-	-	-
Collembolés												
<i>Isotona maritima</i>	-	-	-	-	-	-	3,38	-	-	-	-	-
Densité totale	1246	3703	270	147	782	567	2693	25756	15549	35192	45243	21149

Prélèvements	SAPS230	SAPO230	SAPS231	SAPO231	SAPS232	SAPO232	SAPS233	SAPO233	SAPS234	SAPO234	SAPS235	SAPO235
Cnidaires												
Méduses	90,48	6,08	0,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stade velum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cladocères												
<i>Acroporus harpae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alona quadrangularis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Biapertura affinis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bosmina</i> spp.	-	-	-	-	-	-	2,81	-	-	-	17,40	-
<i>Ceriodaphnia</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,34	-
<i>Chydorus</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chydoridae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Daphnia</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	10,09	-	-	-
<i>Eurycerus lamellatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Evadne nordmanni</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Evadne spinifera</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ilyocryptus sordidus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leydigia quadrangularis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Macrothrix laticornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Macrothrix hirsuticornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus uncinatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus trigonellus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus aduncus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Podon</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Simocephalus exspinosus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cladocères divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38,46	-	-
Copépodes												
<i>Acanthocyclops robustus</i>	-	-	-	-	2,18	-	10,36	33,33	10,09	38,46	9,37	33,33
Cyclopoides divers	4,76	-	-	23,08	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia</i> spp.	825,24	115,50	30,17	2284,62	7,33	30,77	5,21	-	-	-	-	-
<i>Acartia discandata</i> femelle	423,81	33,74	8,31	92,31	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia discandata</i> mâle	104,76	20,67	8,31	738,46	-	7,69	1,98	-	-	-	-	-
<i>Calanus helgolandicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Centropages hamatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Centropages typicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Centropagides divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eurytemora affinis</i> femelle N.O	-	-	0,21	-	2,71	361,54	37,90	1296,67	605,45	1384,62	816,60	3333,33
<i>Eurytemora affinis</i> femelle Ovi	-	-	-	-	1,63	276,92	14,79	4666,67	1806,26	3807,69	1539,49	11416,67
<i>Eurytemora affinis</i> mâle	4,76	-	0,21	69,23	12,77	974,23	65,87	9481,11	20030,27	10461,54	3052,21	27333,33
<i>Temora longicornis</i>	66,67	17,33	2,43	392,31	0,26	-	-	-	-	-	-	-
Calanoides divers	314,29	108,42	5,27	484,62	-	7,69	-	-	-	-	-	-
<i>Coricaeus anglicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Euterpina acutifrons</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leameceora branchialis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Harpacticoides	14,29	0,30	0,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copépodes divers	123,81	10,03	2,03	92,31	-	15,38	-	-	-	-	-	-
Copepodites <i>Acartia</i>	4166,67	382,98	19,67	1592,31	0,26	-	-	-	-	-	-	-
Copepodites centropagidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepodites cyclopoides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepodites <i>Eurytemora</i>	33,33	-	8,11	623,08	1894,09	38538,46	3017,96	67666,67	36165,49	46923,08	4886,21	50000,00
Copepodites <i>Temora</i>	257,14	42,13	3,86	230,77	-	-	-	-	-	-	-	-
stade nauplien	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ostracodes	371,43	24,01	2,23	900,00	0,81	15,38	1,98	-	-	-	-	-
Larve cirripede	185,71	24,32	1,42	507,69	0,26	-	-	11,11	-	-	-	-
Appendiculaires												
<i>Oikopleura dioica</i>	242,86	48,63	4,87	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Collembolés												
<i>Isotona maritima</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Densité totale	7230	834	98	8031	1922	40228	3159	83156	58628	62654	10323	92117

Prélèvements	SAPS236	SAPO236	SAPS237	SAPO237	SAPS238	SAPO238	SAPS239	SAPO239	SAPS240	SAPO240	SAPS241	SAPO241
Cnidaires												
Méduses	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stade velum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cladocères												
<i>Acroporus harpae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alona quadrangularis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Biapertura affinis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bosmina</i> spp.	-	-	-	-	-	-	2,29	-	7,91	0,35	15,87	25,53
<i>Ceriodaphnia</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	1,58	-	-	-
<i>Chydorus</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chydoridae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Daphnia</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	3,16	-	-	4,26
<i>Eurycerus lamellatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Evadne nordmanni</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Evadne spinifera</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ilyocryptus sordidus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ledydia quadrangularis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Macrothrix laticornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Macrothrix hirsuticornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus uncinatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus trigonellus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus aduncus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Podon</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Simocephalus exspinosus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cladocères divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copépodes												
<i>Acantocyclops robustus</i>	-	-	2,13	0,97	6,33	6,16	50,46	44,57	303,80	35,68	126,98	34,04
Cyclopoides divers	8,51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia</i> spp.	794,34	458,40	622,34	234,04	139,24	26,69	2,29	1,14	3,16	0,70	-	-
<i>Acartia discandata</i> femelle	42,55	24,62	2,13	0,97	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia discandata</i> mâle	17,02	5,09	8,51	5,80	3,16	-	2,29	-	-	-	-	-
<i>Calanus helgolandicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Centropages hamatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Centropages typicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Centropagides divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eurytemora affinis</i> femelle N.O	12,77	0,85	2,13	0,97	224,68	4,11	20,64	11,43	153,48	73,57	544,21	723,40
<i>Eurytemora affinis</i> femelle Ovi	-	-	-	7,74	322,78	1,03	36,70	13,71	242,59	74,25	1679,88	1542,55
<i>Eurytemora affinis</i> mâle	17,02	-	2,13	14,51	1115,51	16,43	71,10	19,43	317,34	167,05	2486,79	3553,19
<i>Temora longicornis</i>	4,26	6,79	4,26	0,97	-	-	-	-	-	-	-	-
Calanoides divers	38,30	5,94	17,02	0,97	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coricaeus anglicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Euterpina acutifrons</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leameceora branchialis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Harpacticoides	-	0,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copépodes divers	8,51	7,64	-	1,93	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepodites <i>Acartia</i>	21,28	12,73	223,40	22,24	3,16	1,03	-	-	-	-	-	-
Copepodites centropagidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepodites cyclopoides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepodites <i>Eurytemora</i>	85,11	6,79	343,96	315,92	7594,94	3172,48	3279,82	788,57	16594,94	2626,45	21626,98	17319,15
Copepodites <i>Temora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
stade nauplien	-	-	2,13	-	-	1,03	2,29	-	-	0,35	-	-
Ostracodes	191,49	40,75	68,09	7,74	-	1,03	-	1,14	-	-	-	-
Larve cirripede	4,26	4,24	17,02	1,93	-	1,03	-	-	-	-	-	-
Appendiculaires												
<i>Oikopleura dioica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Collembolles												
<i>Isotona maritima</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Densité totale	1245	575	1315	617	9410	3231	3468	880	17628	2978	26481	23202

Prélèvements	SAPS260	SAPO260	SAPS261	SAPO261	SAPS262	SAPO262	SAPS263	SAPO263	SAPS264	SAPO264	SAPS265	SAPO265
Cnidaires												
Méduses	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stade velum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cladocères												
<i>Acroporus harpae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alona quadrangularis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Blapertura affinis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bosmina</i> spp.	-	-	-	-	0,65	-	2,08	3,46	18,75	24,95	1536,46	1097,03
<i>Ceriodaphnia</i> spp.	-	-	-	-	-	-	0,52	-	0,89	-	199,04	145,57
<i>Chydorus</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chydoridae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Daphnia</i> spp.	-	-	0,22	-	-	-	4,69	3,46	30,36	31,12	2539,06	1803,80
<i>Eurycerus lamellatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Evadne nordmanni</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Evadne spinifera</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ilyocryptus sordidus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,60	6,33
<i>Leydigia quadrangularis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Macrothrix laticornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Macrothrix hirsuticornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus uncinatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus trigonellus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus aduncus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Podon</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Simocephalus exspinosus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cladoceres divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copépodes												
<i>Acantocyclops robustus</i>	-	-	-	10,39	183,55	56,25	220,49	141,99	209,11	186,92	2643,23	1417,72
Cyclopoides divers	1,55	6,60	11,38	6,49	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia</i> spp.	462,73	508,25	125,74	1922,08	623,38	1812,50	6,25	17,32	0,89	24,95	-	-
<i>Acartia discandata</i> femelle	2,81	7,92	0,45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia discandata</i> mâle	1,51	4,29	1,79	33,77	2,68	21,88	1,04	-	-	-	-	-
<i>Calanus helgolandicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Centropages hamatus</i>	1,04	1,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Centropages typicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Centropagides divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eurytemora affinis</i> femelle N.O	-	-	2,23	16,88	29,31	75,00	279,51	790,78	318,46	1149,53	85,94	139,24
<i>Eurytemora affinis</i> femelle Ovi	-	-	0,45	16,88	17,32	184,02	319,45	1324,68	494,04	2336,45	82,03	436,71
<i>Eurytemora affinis</i> mâle	-	-	12,05	23,38	73,94	196,17	5781,25	1558,44	336,32	5644,86	412,32	405,06
<i>Temora longicornis</i>	0,36	0,99	0,22	1,30	-	1,56	-	-	-	-	-	-
Calanoides divers	5,65	6,60	0,22	6,49	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coricaeus anglicus</i>	1,55	6,60	11,38	6,49	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Euterpina acutifrons</i>	0,65	4,29	0,22	1,30	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leameceora branchialis</i>	-	-	0,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Harpacticoides	-	0,33	-	1,30	-	-	-	-	-	-	-	-
Copépodes divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepodites <i>Acartia</i>	884,03	861,39	294,64	441,56	96,19	25,00	1,56	-	-	-	-	-
Copepodites centropagidae	0,40	3,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepodites cyclopoides	-	-	-	-	-	-	2,08	-	-	-	-	-
Copepodites <i>Eurytemora</i>	0,22	0,99	77,39	285,71	969,70	510,43	838,54	1160,17	1187,50	5719,63	312,50	518,99
Copepodites <i>Temora</i>	0,07	1,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
stade nauplien	1,22	1,32	-	2,60	0,65	-	-	-	-	-	-	-
Ostracodes	62,73	105,61	9,15	32,47	5,32	3,13	0,52	-	-	-	-	-
Larve cirripede	3,85	3,96	2,01	6,49	0,65	1,56	-	-	-	-	-	-
Appendiculaires												
<i>Oikopleura dioica</i>	-	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Collembolles												
<i>Isotona maritima</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Densité totale	1430	1526	550	2816	2003	2888	7458	5000	2596	15118	7813	5970

Prélèvements	SAPS278	SAPO278	SAPS279	SAPO279	SAPS280	SAPO280	SAPS281	SAPO281	SAPS282	SAPO282	SAPS283	SAPO283
Cnidaires												
Méduses	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stade velum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cladocères												
<i>Acroporus harpae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alona quadrangularis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Biapertura affinis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bosmina</i> spp.	-	-	-	-	-	-	6,92	8,41	29,46	28,04	59,27	117,28
<i>Ceriodaphnia</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,52	12,35
<i>Chydorus</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chydoridae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Daphnia</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,52	12,35
<i>Eurycerus lamellatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Evadne nordmanni</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Evadne spinifera</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ilyocryptus sordidus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leydigia quadrangularis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Macrothrix laticornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Macrothrix hirsuticornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus uncinatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus trigonellus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus aduncus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Podon</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Simocephalus exspinosus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cladocères divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copépodes												
<i>Acantocyclops robustus</i>	-	-	-	-	7,29	3,09	6,92	2,80	4,42	14,02	13,68	30,86
Cyclopoides divers	-	-	3,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia</i> spp.	821,36	2137,93	1411,86	1080,65	252,60	432,10	10,39	-	-	-	-	-
<i>Acartia discaudata</i> femelle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia discaudata</i> mâle	36,96	10,34	12,26	48,39	1,56	3,09	-	-	-	-	-	-
<i>Calanus helgolandicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Centropages hamatus</i>	-	-	1,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Centropages typicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Centropagidés divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eurytemora affinis</i> femelle N.O	-	6,90	5,57	24,19	32,81	200,62	114,17	622,43	344,62	786,59	74,47	890,68
<i>Eurytemora affinis</i> femelle Ovi	-	6,90	6,69	16,13	46,88	314,81	177,12	555,14	371,13	660,89	98,78	1358,02
<i>Eurytemora affinis</i> mâle	8,21	13,79	35,66	112,90	304,69	1532,96	1632,84	4654,21	1516,94	5046,73	301,41	6728,40
<i>Temora longicornis</i>	-	10,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Calanoides divers	-	3,45	1,11	8,06	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coricaeus anglicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Euterpina acutifrons</i>	78,03	72,41	76,90	96,77	0,52	12,35	-	-	-	-	-	-
<i>Leaneceora branchialis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Harpacticoides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copépodes divers	-	-	-	16,13	5,73	-	1,16	-	-	-	-	-
Copepodites <i>Acartia</i>	16,43	6,90	8,91	32,26	1,56	3,09	-	-	-	-	-	-
Copepodites centropagidae	-	6,90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepodites cyclopoides	-	-	1,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepodites <i>Eurytemora</i>	41,07	17,24	117,00	362,90	1406,25	3858,02	5018,45	8439,25	3107,51	12009,35	1215,81	14444,44
Copepodites <i>Temora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
stade nauplien	-	-	4,43	-	1,56	-	2,31	-	1,47	-	-	-
Ostracodes	-	6,90	7,80	-	1,04	3,09	-	-	-	-	-	-
Larve cirripède	-	-	1,11	-	1,56	-	-	-	-	-	-	-
Appendiculaires												
<i>Oikopleura dioica</i>	-	-	-	8,06	-	-	-	-	-	-	-	-
Collembolés												
<i>Isotona maritima</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Densité totale	1002	2300	1695	1806	2064	6363	6970	14282	5376	18546	1766	23594

Prélèvements	SAPS290	SAPO290	SAPS291	SAPO291	SAPS292	SAPO292	SAPS293	SAPO293	SAPS294	SAPO294
Cnidaires										
Méduses	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stade velum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cladocères										
<i>Acroperus harpae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alona quadrangularis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Biapertura affinis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bosmina</i> spp.	-	-	-	-	2,68	2,26	3,30	-	3,47	-
<i>Ceriodaphnia</i> spp.	-	-	-	-	1,07	-	0,37	-	-	-
<i>Chydorus</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chydoridae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Daphnia</i> spp.	-	-	-	-	0,81	-	0,37	-	-	-
<i>Eurycerus lamellatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Evadne nordmanni</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Evadne spinifera</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Iliocryptus sordidus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	3,47	9,35
<i>Leydigia quadrangularis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Macrothrix laticornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Macrothrix hirsuticornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus uncinatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus trigonellus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus aduncus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Podon</i> spp.	0,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Simocephalus exspinosus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cladocères divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copépodes										
<i>Acanthocyclops robustus</i>	-	-	-	-	1,88	-	4,03	-	3,47	14,02
Cyclopoides divers	3,85	-	1,56	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia</i> spp.	141,61	187,50	14,06	65,07	0,54	2,26	-	-	-	-
<i>Acartia discaudata</i> femelle	-	-	0,22	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia discaudata</i> mâle	2,45	3,09	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Calanus helgolandicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Centropages hamatus</i>	0,17	1,32	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Centropages typicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Centropagidés divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eurytemora affinis</i> femelle N.O	-	4,85	2,68	181,51	0,27	220,07	2,93	909,09	435,15	214,95
<i>Eurytemora affinis</i> femelle Ovi	-	0,88	0,45	304,79	-	141,46	0,73	344,32	362,64	275,70
<i>Eurytemora affinis</i> mâle	1,40	18,09	11,38	1221,51	4,83	766,42	366,30	4431,82	341,72	327,10
<i>Temora longicornis</i>	0,17	0,88	-	-	-	-	-	-	-	-
Calanoides divers	0,17	0,88	-	3,42	-	-	-	-	-	-
<i>Coricaeus anglicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Euterpina acutifrons</i>	21,42	4,85	0,22	-	-	-	-	-	-	-
<i>Learneceora branchialis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Harpacticoides	0,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copépodes divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepodites <i>Acartia</i>	94,41	16,32	1,12	-	-	-	-	-	-	-
Copepodites centropagidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepodites cyclopoides	-	-	-	-	0,81	-	-	-	-	-
Copepodites <i>Eurytemora</i>	43,27	140,15	1339,29	11712,33	1832,74	9313,87	989,01	10719,70	820,08	495,33
Copepodites <i>Temora</i>	0,35	0,44	-	-	-	-	-	-	-	-
stade nauplien	0,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ostracodes	-	0,44	0,22	-	-	-	0,37	-	-	-
Larve cirripede	2,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Appendiculaires										
<i>Olkopleura dioica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Collemboles										
<i>Isotona maritima</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Densité totale	312	380	1371	13489	1846	10446	1367	16405	1970	1336

Prélèvements	SAPS 312	SAPO 312	SAPS 313	SAPO 313	SAPS 314	SAPO 314	SAPS 315	SAPO 315	SAPS 316	SAPO 316
Cnidaires										
Méduses	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stade velum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cladocères										
<i>Acroporus harpae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alona quadrangularis</i>	-	-	3,36	-	5,72	-	72,16	23,26	25,10	142,86
<i>Biapertura affinis</i>	-	-	-	-	7,28	-	113,55	186,05	125,52	476,19
<i>Bosmina</i> spp.	3,93	6,58	30,20	220,59	232,34	30,23	619,69	162,79	1066,95	2238,10
<i>Ceriodaphnia</i> spp.	-	-	-	-	-	-	0,85	-	-	-
<i>Chydorus</i> spp.	-	-	-	14,71	0,52	-	1,70	-	-	-
Chydoridae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Daphnia</i> spp.	-	3,42	20,13	7,35	72,17	13,95	191,00	162,79	100,42	476,19
<i>Eurycerus lamellatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Evadne nordmanni</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Evadne spinifera</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Iliocryptus sordidus</i>	-	-	-	-	-	-	93,02	-	8,37	-
<i>Leydigia quadrangularis</i>	-	-	-	-	0,52	-	1,70	-	8,37	-
<i>Macrothrix laticornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Macrothrix hirsuticornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus uncinatus</i>	-	-	-	-	-	-	1,70	-	-	-
<i>Pleuroxus trigonellus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus aduncus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus</i> spp.	-	-	-	-	0,52	-	-	-	-	-
<i>Podon</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Simocephalus exspinosus</i>	-	-	-	-	0,52	-	-	-	-	-
Cladocères divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copépodes										
<i>Acartocyclops robustus</i>	8,65	10,00	107,38	36,76	182,05	9,30	164,13	186,05	267,78	619,05
Cyclopoides divers	0,79	-	6,71	-	-	-	4,24	-	-	47,62
<i>Acartia</i> spp.	-	19,74	-	7,35	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia discaudata</i> femelle	2,36	3,42	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia discaudata</i> mâle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Calanus helgolandicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Centropages hamatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Centropages typicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Centropagidés divers	-	-	3,36	-	3,12	2,33	5,09	23,26	-	95,24
<i>Eurytemora affinis</i> femelle N.O	141,51	148,16	258,39	279,41	1,56	169,77	16,98	162,79	16,74	-
<i>Eurytemora affinis</i> femelle Ovi	51,10	148,16	137,58	817,06	0,52	269,53	30,56	209,30	8,37	-
<i>Eurytemora affinis</i> mâle	707,55	566,84	1208,05	988,53	19,25	715,12	148,56	232,56	83,68	95,24
<i>Temora longicornis</i>	-	6,58	-	-	-	-	-	-	-	-
Calanoides divers	-	42,89	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coricaeus anglicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Euterpina acutifrons</i>	4,72	36,32	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leaneceora branchialis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Harpacticoides	-	10,00	-	-	-	-	-	46,51	-	-
Copépodes divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepodites <i>Acartia</i>	-	3,42	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepodites centropagidae	-	3,42	-	-	0,52	-	0,85	-	-	-
Copepodites cyclopoides	0,79	3,42	-	-	112,70	-	137,23	-	-	-
Copepodites <i>Eurytemora</i>	15534,59	10986,84	35402,68	7720,59	1206,76	3488,37	547,54	627,91	66,95	95,24
Copepodites <i>Temora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
stade nauplien	-	-	16,78	-	86,70	2,33	72,16	-	8,37	-
Ostracodes										
Larve cirripede	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Appendiculaires										
<i>Olkopleura dioica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Collembolles										
<i>Isotona maritima</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Densité totale	16456	11999	37195	10092	1933	4701	2130	2116	1787	4286

Prélèvements	SAPS323	SAPO323	SAPS324	SAPO324	SAPS325	SAPO325	SAPS326	SAPO326	SAPS327	SAPO327	SAPS328	SAPO328
Cnidaires												
Méduses	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stade velum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cladocères												
<i>Acroporus harpae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alona quadrangularis</i>	-	-	-	-	-	-	0,04	0,17	0,30	0,38	0,53	1,40
<i>Biapertura affinis</i>	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	1,13	1,06	1,40
<i>Bosmina</i> spp.	0,10	0,05	0,40	0,68	0,52	0,37	7,83	8,40	48,70	55,51	124,47	54,34
<i>Ceriodaphnia</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chydorus</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	-	-	0,35
Chydoridae	-	-	0,02	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-
<i>Daphnia</i> spp.	0,29	0,11	0,27	0,23	1,29	0,47	8,06	12,06	43,55	44,45	180,85	41,96
<i>Eurycerus lamellatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Evadne nordmanni</i>	-	-	-	-	0,08	-	-	-	-	-	-	-
<i>Evadne spinifera</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ilicryptus sordidus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leydigia quadrangularis</i>	-	-	0,02	-	-	0,05	-	-	-	-	1,60	0,35
<i>Macrothrix laticornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	-	-	-
<i>Macrothrix hirsuticornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus uncinatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus trigonellus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus aduncus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	-	-	-
<i>Pleuroxus</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	-	-	-
<i>Podon</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Simocephalus exspinosus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cladocères divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copépodes												
<i>Acartocyclops robustus</i>	0,05	0,05	0,96	1,80	15,00	11,45	28,61	16,06	33,57	17,92	203,88	24,13
Cyclopoides divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia</i> spp.	0,97	0,76	0,11	5,41	0,20	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia discoidata</i> femelle	0,44	0,43	0,11	8,11	0,08	0,19	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia discoidata</i> mâle	0,13	0,11	-	1,35	-	0,19	-	-	-	-	-	-
<i>Calanus helgolandicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Centropages hamatus</i>	0,02	0,11	-	0,45	-	0,05	-	-	-	-	-	-
<i>Centropages typicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Centropagides divers	-	-	0,47	1,35	3,10	0,56	0,86	1,60	3,10	3,96	12,23	3,50
<i>Eurytemora affinis</i> femelle N.O	0,03	0,16	0,20	2,25	1,53	0,42	0,08	23,83	-	10,75	1,06	41,12
<i>Eurytemora affinis</i> femelle Ovi	0,03	0,05	0,09	4,28	0,36	0,14	-	24,63	-	11,89	-	9,44
<i>Eurytemora affinis</i> mâle	0,11	0,11	0,25	2,03	1,21	0,89	0,21	108,06	0,76	44,45	3,19	202,80
<i>Temora longicornis</i>	0,05	0,22	0,11	0,45	-	-	-	-	-	-	-	-
Calanoides divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coricaeus anglicus</i>	-	0,11	-	0,68	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Euterpina acutifrons</i>	0,72	0,87	0,20	1,13	0,52	0,28	0,78	0,17	-	-	0,53	-
<i>Leameceora branchialis</i>	0,03	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Harpacticoides	0,18	-	0,20	0,68	0,44	0,51	0,61	-	0,08	0,19	-	-
Copépodes divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepodites <i>Acartia</i>	1,19	1,03	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepodites centropagidae	0,15	0,22	0,40	0,68	1,01	0,56	0,74	0,34	1,97	2,26	3,72	0,35
Copepodites cyclopoides	0,93	1,20	8,75	6,76	95,93	35,33	60,38	17,26	62,51	62,00	223,40	-
Copepodites <i>Eurytemora</i>	0,33	0,49	3,06	26,22	155,69	103,18	63,42	5530,40	332,70	2143,40	8005,32	6835,66
Copepodites <i>Temora</i>	0,54	0,76	0,16	0,23	0,04	0,05	-	-	-	-	-	-
stade nauplien	0,13	-	0,02	0,23	0,08	0,33	0,21	0,97	0,53	0,75	0,53	0,35
Ostracodes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Larve cirripede	0,47	0,60	0,07	0,45	0,04	0,05	-	-	-	-	-	-
Appendiculaires												
<i>Olikopleura dioica</i>	0,02	-	-	2,70	-	0,05	-	-	-	-	-	-
Collembolés												
<i>Isotona maritima</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Densité totale	7	8	16	68	277	155	172	5744	528	2399	8762	7217

Prélèvements	SAT67	SAT68	SAT69	SAT70
Mysidacés				
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	6,3	-	-	-
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	29,9	-	-	-
<i>Neomysis integer</i>	2520,2	1192,7	764,5	27,6
Décapodes				
<i>Crangon crangon</i>	-	0,9	-	-
<i>Palaemon longirostris</i>	3,0	81,1	288,9	2491,7
Poissons				
<i>Anguilla anguilla</i>	-	-	-	2,8
<i>Clupea harengus</i>	1,2	-	1,0	-
<i>D labrax</i>	-	0,9	-	-
<i>Pomatoschistus microps</i>	1,4	7,8	9,6	11,0
<i>Sprattus sprattus</i>	6,5	1,0	15,6	2,8
<i>Trisopterus luscus</i>	1,4	-	-	-
Densité totale (N.100m⁻³)	2570	1284	1079	2536

Prélèvements	SAT74	SAT75	SAT76	SAT77	SAT78	SAT79
Mysidacés						
<i>Anchialina agilis</i>	0,6	-	-	-	-	-
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	1,6	5,4	-	-	-	-
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	3,0	3,0	-	-	-	-
<i>Neomysis integer</i>	-	-	250,1	48,2	107,9	2,2
<i>Schistomysis</i> spp.	41,3	38,0	-	-	-	-
Décapodes						
<i>Carcinus maenas</i>	1,8	-	-	-	-	-
<i>Crangon crangon</i>	1,8	3,0	1,6	-	0,6	-
<i>Macropodia linarezi</i>	0,2	-	-	-	-	-
<i>Palaemon longirostris</i>	0,2	0,3	3,7	347,6	873,3	120,8
Poissons						
<i>Anguilla anguilla</i>	-	-	-	1,1	11,1	24,6
<i>Platichthys flesus</i>	-	-	-	-	0,5	-
<i>Pomatoschistus microps</i>	2,6	-	13,5	31,5	255,2	496,6
<i>Pomatoschistus minutus</i>	2,6	17,8	-	-	-	-
<i>Sprattus sprattus</i>	-	1,8	1,5	-	1,0	-
<i>Syngnathus acus</i>	-	-	0,8	-	-	-
Larves de Gobiidés	0,3	-	-	-	-	-
Larves de Pleuronectidés	0,3	0,6	0,8	1,1	-	-
Densité totale (N.100m⁻³)	56	70	272	430	1250	644

Prélèvements	SAT87	SAT88	SAT89	SAT90	SAT91	SAT92
Amphipodes						
<i>Apherusa</i> spp.	-	-	10,9	-	-	-
<i>Atylus vellomensis</i>	-	-	0,7	-	-	-
<i>Bathyporeia pilosa</i>	0,6	-	-	-	-	-
<i>Corophium volutator</i>	-	-	-	-	7,4	0,9
<i>Gammarus</i> spp.	5,5	153,3	150,8	6,0	7,4	-
<i>Phthisica marina</i>	-	0,4	-	-	-	-
Isopodes						
<i>Sphaeroma serratum</i>	0,9	-	0,7	-	-	-
Mysidacés						
<i>Anchialina agilis</i>	0,3	-	-	3,8	-	-
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	24,1	24,1	18,4	10,4	2,3	0,6
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	700,1	452,7	533,5	130,3	9,0	-
<i>Neomysis integer</i>	-	-	8,2	379,9	835,0	377,6
<i>Schistomysis</i> spp.	200,6	989,5	335,0	50,8	0,6	-
Décapodes						
<i>Crangon crangon</i>	-	1,5	7,3	15,5	2,7	-
<i>Palaemon longirostris</i>	-	-	-	8,1	281,8	626,0
Juvenile crangonidés	2,7	2,3	0,4	-	-	-
Zoés de brachyours	7,2	13,6	8,5	6,7	-	-
Pycnogonides	-	1,5	-	-	-	-
Cumacés						
<i>Bodotria scorpioides</i>	-	-	0,4	-	-	-
<i>Diastylis rugosa</i>	-	0,4	0,4	-	-	-
<i>Pseudocuma longicornis</i>	-	1,5	-	-	-	-
ostracodes	2,7	-	-	-	5,0	-
Annélides	0,9	21,3	96,5	4,3	76,6	16,9
Aphroditidés	-	-	14,1	-	-	-
Chaetognathes						
<i>Sagitta elegans</i>	51,0	7,4	26,6	9,3	5,9	0,9
Poissons						
<i>Anguilla anguilla</i>	-	-	-	-	-	2,0
<i>Clupea harengus</i>	-	-	-	-	-	0,4
<i>cristallogobius linearesi</i>	2,0	-	-	-	-	-
<i>Gobius</i> sp.	-	0,7	-	-	-	-
<i>Lampetra fluviatilis</i>	-	-	-	-	-	0,9
<i>Platichthys flesus</i>	-	-	-	-	1,1	0,6
<i>Pomatoschistus microps</i>	-	-	-	6,3	92,8	290,0
<i>Pomatoschistus minutus</i>	-	-	1,1	11,4	12,7	-
<i>Sprattus sprattus</i>	0,3	0,4	0,4	0,5	2,2	-
<i>Syngnathus acus</i>	0,6	0,6	-	-	-	-
<i>Trisopterus luscus</i>	0,6	0,4	-	-	-	-
Larves de Clupéidés	-	-	0,4	-	-	-
Larves de Gobiidés	-	-	0,4	0,4	0,6	0,4
Larves de Pleuronectidés	1,9	2,5	2,5	1,7	5,1	1,5
Larves de trisopterus	0,6	-	-	-	-	-
Densité totale (N.100m⁻³)	1003	1674	1217	645	1348	1319

Prélèvements	SAT100	SAT101	SAT102	SAT103	SAT104
Amphipodes					
<i>Corophium volutator</i>	-	1,2	4,1	0,6	-
<i>Gammarus</i> spp.	1,4	21,6	0,7	-	-
<i>Phtisica marina</i>	0,7	-	-	-	-
Mysidacés					
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	21,3	3,3	-	-	-
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	194,4	4168,6	726,0	52,5	-
<i>Neomysis integer</i>	-	3518,4	1380,6	389,4	19,9
<i>Schistomysis</i> spp.	429,7	-	-	-	-
Décapodes					
<i>Crangon crangon</i>	0,4	5,1	3,7	-	-
<i>Palaemon longirostris</i>	-	518,7	623,9	182,0	5,7
Juvenile crangonidés	1,8	4,0	3,4	0,7	-
Mégalopes de brachyours	0,7	0,5	-	-	-
Zoés de brachyours	21,2	21,3	1,8	-	-
Cumacés					
<i>Bodotria scorpoides</i>	1,4	-	-	-	-
ostracodes	105,2	246,5	0,7	-	-
Annélides	1,5	-	0,4	2,0	2,3
Chaetognathes					
<i>Sagitta elegans</i>	1,1	-	0,7	-	-
Poissons					
<i>Anguilla anguilla</i>	-	0,5	-	-	-
<i>Clupea harengus</i>	-	0,6	-	-	-
<i>Dicentrarchus labrax</i>	-	0,6	-	-	-
<i>Gobius</i> sp.	-	0,6	-	-	-
<i>Pomatoschistus microps</i>	-	4,5	77,3	86,8	0,6
<i>Pomatoschistus minutus</i>	0,5	42,4	5,6	0,6	-
<i>Sprattus sprattus</i>	-	0,5	0,7	0,6	-
<i>Syngnathus acus</i>	-	1,7	1,5	-	-
Larves de Clupéidés	17,9	53,7	50,6	3,2	-
Larves de Gobiidés	12,5	4,4	0,4	-	-
Larves de Pleuronectidés	18,7	7,5	8,5	59,6	4,7
larve de trisopterus luscus	0,4	-	-	-	-
Densité totale (N.100m⁻³)	831	8627	2891	778	33

Prélèvements	SAT111	SAT112	SAT113	SAT114	SAT115	SAT116
Cnidaires						
<i>Pleurobrachia pileus</i>	1706,7	2164,6	-	-	-	-
Amphipodes						
<i>bathyporeia</i> sp	-	-	1,1	-	-	-
<i>Gammarus</i> spp.	134,6	102,3	46,7	-	4,9	-
Mysidacés						
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	435,4	76,9	3207,6	154,5	27,5	-
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	183,7	137,2	2820,6	301,7	1801,4	-
<i>Neomysis integer</i>	-	-	2406,3	15359,7	8742,5	286,5
<i>Schistomysis</i> spp.	3131,5	285,8	25,4	-	-	-
Décapodes						
<i>Crangon crangon</i>	1,6	1,1	17,2	-	-	-
<i>Galathea intermedia</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Palaemon longirostris</i>	-	-	17,7	1317,7	56,4	0,9
Juvenile crangonidés	57,9	125,3	743,8	41,0	2,6	-
larve paguridé	2,1	-	-	-	-	-
Mégalopes de brachyours	67,2	4,9	14,9	-	-	-
Zoés de brachyours	20,8	7,6	10,1	-	-	-
Cumacés						
<i>Bodotria scorpioides</i>	-	1,2	-	-	-	-
Annélides	3,3	6,9	35,9	28,3	1,4	-
Chaetognathes						
<i>Sagitta elegans</i>	2,6	1,2	-	-	-	-
Poissons						
<i>Agonus cataphractus</i>	-	-	1,4	-	-	-
<i>Cristallogobius lineareasi</i>	3,3	0,8	-	-	-	-
<i>Pomatoschistus microps</i>	7,1	1,7	77,0	431,5	74,4	4,5
<i>Pomatoschistus minutus</i>	0,5	-	1,6	-	-	-
<i>Syngnathus acus</i>	-	-	2,0	1,1	1,2	0,5
<i>Trisopterus luscus</i>	2,6	-	1,9	-	-	-
Larve de Callionimidés	0,5	-	-	-	-	-
Larves de Clupéidés	11,8	10,1	4,7	-	-	-
Larves de Gobiidés	497,9	491,1	354,6	602,2	66,0	0,5
Larves de Pleuronectidés	28,2	10,9	13,4	35,5	51,4	46,4
Larves de Soléidés	7,1	9,2	2,3	1,3	-	-
larves <i>Trisopterus luscus</i>	7,3	2,1	-	-	-	-
Densité totale (N.100m⁻³)	6314	3441	9806	18275	10830	339

Prélèvements	SAT129	SAT130	SAT131	SAT132	SAT133	SAT134
Amphipodes						
<i>Bathyporeia pilosa</i>	0,8	-	-	-	-	-
<i>Gammarus</i> spp.	104,3	302,0	0,9	-	-	-
Isopodes						
<i>Jaera nordmanni</i>	-	7,3	-	-	-	-
Mysidacés						
<i>Anchialina agilis</i>	-	-	0,9	-	-	-
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	288,3	190,0	18,7	-	0,7	-
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	248,3	8571,1	3,3	-	-	-
<i>Neomysis integer</i>	-	806,0	131789,6	18515,1	1842,1	528,5
<i>Schistomysis</i> spp.	968,7	922,0	-	-	-	-
Décapodes						
<i>Crangon crangon</i>	4,2	28,8	6,8	-	-	-
<i>Palaemon longirostris</i>	4,2	8,9	397,0	68,0	24,0	33,4
Juvenile crangonidés	10	40,7	442,2	181,8	22,1	4,9
Mégalopes de brachyours	35,7	131,2	-	-	-	-
Zoés de décapodes	794,5	1027,8	144,3	-	4,6	-
Cumacés						
<i>Diastylis cornuta</i>	-	0,7	-	-	-	-
<i>Diastylis rugosa</i>	6,8	-	-	-	-	-
<i>Pseudocuma longicornis</i>	20,4	-	-	-	-	-
Annélides	41,6	5,0				
Chaetognathes						
<i>Sagitta elegans</i>	3,9	-	-	-	-	-
Poissons						
<i>Clupea harengus</i>	-	-	0,8	-	-	-
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	-	-	-	-	-	1,0
<i>Platichthys flesus</i>	-	-	0,9	-	-	-
<i>Pomatoschistus microps</i>	0,9	3,8	235,9	31,3	3,8	0,7
<i>Solea vulgaris</i>	0,9	-	0,7	1,1	-	-
<i>Sprattus sprattus</i>	-	-	-	0,5	-	-
<i>Syngnathus acus</i>	-	-	1,4	-	-	-
<i>Trisopterus luscus</i>	0,8	2,7	1,8	-	-	-
Larves de Clupéidés	3,2	-	1,7	14,2	-	-
Larves de Gobiidés	403,2	2413,2	255,7	4191,2	309,0	282,5
Densité totale (N.100m⁻³)	2941	14461	133303	23003	2206	851

Prélèvements	SAT135	SAT136	SAT137	SAT138	SAT139	SAT140
Amphipodes						
<i>Corophium volutator</i>	-	-	-	1,9	-	-
<i>Gammarus</i> spp.	9,6	0,6	-	-	-	-
Isopodes						
<i>Sphaeroma serratum</i>	-	11,6	-	5,5	-	-
Mysidacés						
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	0,7	-	-	-	-	-
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	13171,5	15568,2	472,3	10,6	-	-
<i>Neomysis integer</i>	8149,3	26694,5	53298,7	10569,2	12003,1	12593,3
<i>Schistomysis</i> spp.	82,8	1,1	-	-	-	-
Décapodes						
<i>Crangon crangon</i>	44,1	15,3	-	-	-	-
<i>Palaemon longirostris</i>	30,9	24,3	45,0	22,5	12,6	11,3
Juvenile crangonidés	67,0	44,6	89,5	30,4	4,1	-
Larves de Palaemonidés	-	-	6,5	25,4	6,0	15,4
Mégalopes de brachyours	46,4	-	-	-	-	-
Postlarves de Palaemon	-	-	0,5	-	2,1	154,1
Zoés de décapodes	182,4	-	5,0	-	-	-
Annélides	0,7	-	-	-	-	-
Chaetognathes						
<i>Sagitta elegans</i>	134,1	1,0	-	-	-	-
Poissons						
<i>Clupea harengus</i>	0,7	1,0	-	-	-	-
<i>Cristallogobius linareasi</i>	4,5	-	-	-	-	-
<i>Liparis montagui</i>	-	0,5	-	-	-	-
<i>Pomatoschistus microps</i>	-	2,8	2,8	3,3	28,8	88,2
<i>Pomatoschistus minutus</i>	158,6	252,1	399,2	124,1	22,5	-
<i>Sprattus sprattus</i>	82,8	6,2	2,7	12,9	-	-
<i>Syngnathus acus</i>	0,7	-	-	-	-	-
Larves de Clupéidés	0,7	3,1	0,5	4,6	1,4	-
Larves de Gobiidés	406,9	210,9	196,9	57,4	43,5	206,3
Larves de Soléidés	0,7	-	-	-	-	-
Densité totale (N.100m⁻³)	22575	42838	54519	10868	12124	13069

Prélèvements	SAT150	SAT151	SAT152	SAT153	SAT154	SAT155
Amphipodes						
<i>Gammarus</i> spp.	0,3	4,7	0,3	12,2	9,7	-
Isopodes						
<i>Sphaeroma serratum</i>	-	-	1,0	-	-	-
Mysidacés						
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	31,0	-	-	-	-	-
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	7033,5	1764,5	51,3	-	9,5	-
<i>Neomysis integer</i>	4130,5	3275,1	16483,1	26493,2	90336,8	1178,0
<i>Schistomysis</i> spp.	2241,5	1,0	-	-	-	-
Mysidacé divers	2,8	-	-	-	-	-
Décapodes						
<i>Crangon crangon</i>	189,9	98,3	85,7	52,7	67,6	-
<i>Palaemon longirostris</i>	-	-	15,9	34,9	35,1	4160,3
Juvenile crangonidés	111,0	-	-	-	-	-
mysis de Palaemonidés	1,3	1,1	-	-	-	-
Mégalopes de brachyours	95,8	9,9	-	-	-	-
Zoés de décapodes	27,8	3,3	-	-	9,7	-
Annélides	-	1,2	-	-	-	-
Chaetognathes						
<i>Sagitta elegans</i>	206,8	21,1	1,6	-	-	-
Poissons						
<i>Anguilla anguilla</i>	-	-	-	-	1,9	0,6
<i>Clupea harengus</i>	-	26,6	-	-	-	-
<i>Cristallogobius linareasi</i>	1,8	-	-	-	-	-
<i>Pomatoschistus microps</i>	0,5	4,9	4,8	20,9	113,1	41,3
<i>Pomatoschistus minutus</i>	288,4	24,1	119,4	200,7	125,8	-
<i>Sprattus sprattus</i>	1,2	3,0	0,7	-	-	-
<i>Trisopterus luscus</i>	0,7	-	-	-	-	-
Larves de Gobiidés	74,7	83,9	63,7	15,2	6,4	82,4
Densité totale (N.100m⁻³)	14439	5323	16828	26830	90716	5463

Prélèvements	SAT162	SAT163	SAT164	SAT165	SAT166	SAT167
Amphipodes						
<i>Corophium volutator</i>	2,9	-	1,2	-	-	-
<i>Gammarus</i> spp.	-	11,4	-	4,9	-	-
<i>Phtisica marina</i>	5,6	-	-	-	-	-
Isopodes						
<i>Sphaeroma serratum</i>	-	-	1,2	-	-	-
Mysidacés						
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	220,5	4,6	2,4	-	-	-
<i>Neomysis integer</i>	7478,0	30489,7	1815,6	2587,6	6724,3	2458,6
<i>Schistomysis</i> spp.	2,9	-	-	-	-	-
Décapodes						
<i>Crangon crangon</i>	281,1	239,7	20,8	12,8	46,8	6,4
<i>Galathea intermedia</i>	5,7	-	-	-	-	-
<i>Palaemon longirostris</i>	-	2,3	9,8	94,5	732,3	1607,1
<i>Palaemon serratus</i>	4,4	-	-	-	-	-
Mégaloopes de brachyours	4,4	-	-	-	-	-
Zoés de décapodes	267,6	37,7	-	-	-	-
Cumacés						
<i>Diastylis bradyi</i>	13,6	-	-	-	-	-
Annélides	5,2	-	-	-	-	-
Chaetognathes						
<i>Sagitta elegans</i>	24,9	6,8	3,7	-	-	-
Poissons						
<i>Anguilla anguilla</i>	-	-	-	-	-	0,7
<i>Ciliata mustela</i>	-	1,1	-	-	-	-
<i>Clupea harengus</i>	3,8	1,1	1,2	-	-	-
<i>Platichthys flesus</i>	-	-	1,2	-	-	-
<i>Pomatoschistus microps</i>	2,6	-	37,9	28,5	96,7	456,1
<i>Pomatoschistus minutus</i>	448,4	145,0	47,6	39,4	13,2	-
<i>Sprattus sprattus</i>	1,8	-	-	1,0	-	-
Larves de Clupéidés	3,8	-	1,2	-	-	-
Larves de Gobiidés	61,7	36,5	17,1	-	-	-
Densité totale (N.100m⁻³)	8839	30976	1961	2769	7613	4529

Prélèvements	SAT171	SAT172	SAT173	SAT174	SAT175
Amphipodes					
<i>Bathyporeia</i> spp.	-	3,0	-	-	-
<i>Corophium volutator</i>	2,5	4,2	12,2	-	-
<i>Gammarus</i> spp.	4,4	8,0	1,2	-	-
Mysidacés					
<i>Anchialina agilis</i>	0,7	-	-	-	-
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	-	0,6	-	-	-
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	0,7	-	-	-	-
<i>Neomysis integer</i>	7079,4	9508,2	1535,5	167,5	19,5
<i>Schistomysis</i> spp.	5,4	-	-	-	-
Décapodes					
<i>Crangon crangon</i>	14,2	201,9	40,2	5,0	-
<i>Palaemon longirostris</i>	2,2	78,3	663,2	543,3	15,2
Juvenile crangonidés	5,8	8,2	-	-	-
Mégaloques de brachyours	1,0	-	-	-	-
Annélides	-	-	-	-	1,1
Poissons					
<i>Platichthys flesus</i>	-	0,6	0,6	-	-
<i>Pomatoschistus microps</i>	0,7	4,0	28,8	265,1	-
<i>Pomatoschistus minutus</i>	22,9	44,5	94,3	10,4	-
Densité totale (N.100m⁻³)	7140	9861	2376	991	36

Prélèvements	SAT185	SAT186	SAT187	SAT188	SAT189
Amphipodes					
<i>Corophium volutator</i>	0,5	4,7	-	-	-
<i>Gammarus</i> spp.	59,3	12,1	-	-	-
Mysidacés					
<i>Anchialina agilis</i>	6,5	-	-	-	-
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	1,3	-	-	-	-
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	4,6	-	-	-	-
<i>Neomysis integer</i>	63,8	825,0	166,0	111,1	-
<i>Schistomysis</i> spp.	151,5	25,6	-	-	-
Décapodes					
<i>Crangon crangon</i>	5,6	101,3	42,4	-	-
<i>Palaemon longirostris</i>	1,4	2553,0	2804,8	1224,8	300,7
Juvenile crangonidés	1,1	-	-	-	-
Zoés de décapodes	2,5	-	-	-	-
Cumacés					
<i>Pseudocuma longicornis</i>	1,2	-	-	-	-
Annélides	0,6	34,4	-	-	-
Chaetognathes					
<i>Sagitta elegans</i>	33,2	-	-	-	-
Poissons					
<i>Clupea harengus</i>	3,0	4,5	-	-	-
<i>Mulet</i>	-	-	-	8,8	-
<i>Platichthys flesus</i>	-	4,4	-	-	-
<i>Pomatoschistus microps</i>	0,5	1948,2	1100,0	160,5	4,2
<i>Pomatoschistus minutus</i>	7,0	243,7	-	-	-
<i>Sprattus sprattus</i>	-	3,4	-	-	-
Larves de Gobiidés	1,4	-	-	-	-
Densité totale (N.100m⁻³)	345	5760	4113	1505	305

Prélèvements	SAT193	SAT194	SAT195	SAT196	SAT197	SAT198
Amphipodes						
<i>Apherusa</i> spp.	1,1	-	-	-	-	-
<i>Corophium volutator</i>	2,9	1,8	37,7	39,8	36,0	5,0
<i>Gammarus</i> spp.	-	23,8	5,6	-	-	-
<i>Orchomenella nana</i>	0,5	-	-	-	-	-
<i>Phtisica marina</i>	-	3,7	-	-	-	-
Mysidacés						
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	2,1	2,7	-	-	-	-
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	65,2	0,5	-	-	-	-
<i>Neomysis integer</i>	-	696,4	487,8	577,6	76,1	109,8
<i>Schistomysis</i> spp.	199,3	93,9	0,8	-	-	-
Décapodes						
<i>Crangon crangon</i>	6,1	4,6	1,4	9,6	1,0	-
<i>Palaemon longirostris</i>	1,6	2,0	7,0	392,2	690,7	20,9
Cumacés						
<i>Diastylis bradyi</i>	0,5	-	-	-	-	-
<i>Diastylis laevis</i>	1,3	-	-	-	-	-
ostracodes	4,6	-	-	-	-	-
Annélides	0,5	22,7	-	2,3	-	-
Chaetognathes						
<i>Sagitta elegans</i>	0,9	21,0	12,8	-	-	-
Poissons						
<i>Ciliata mustela</i>	-	-	0,8	-	-	-
<i>Clupea harengus</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Cristallogobius linareasi</i>	7,4	0,5	-	-	-	-
<i>Dicentrarchus labrax</i>	-	-	0,8	-	-	-
<i>Pomatoschistus microps</i>	-	1,0	-	91,6	6,9	158,2
<i>Pomatoschistus minutus</i>	0,9	16,3	5,3	37,1	5,8	-
<i>Sprattus sprattus</i>	0,5	5,1	0,8	6,3	0,5	-
<i>Trisopterus luscus</i>	-	0,4	-	-	-	-
Larves de Gobiidés	0,5	7,8	2,4	-	-	-
Densité totale (N.100m⁻³)	296	904	563	1157	817	294

ANNEXE IV

Campagnes SEAV pk Année 1997

*Tableaux récapitulatifs des localisations et des paramètres physico-chimiques, des densités du copépode Eurytemora affinis ($N. m^{-3}$)
(Femelle NO : femelle non ovigère ; Femelle Ov : femelle ovigère).*

Radiales en quatre stations :

1-Bouée 20

2-Bouée 26

3-Bouée 32

4-Pont de Tancarville (PT)

Cycle : 16/04 et 13/05/1997

Nombre de prélèvements

- Mésozooplancton : 282

N° Campagne	Date	Position	N°mésozooplancton
SEAV Pk 17	17/03/1997	bouée 20	SAP335
		bouée 26	SAP336
		bouée 32	SAP337
		PT	SAP338
SEAV Pk 18	29/03/1997	bouée 20	SAP339
		bouée 26	SAP340
		bouée 32	SAP341
		PT	SAP342
SEAV Pk 19	08/04/1997	bouée 20	SAP343
		bouée 26	SAP344
		bouée 32	SAP345
		PT	SAP346
SEAV Pk 20	16/04/1997	bouée 20	SAP347
		bouée 26	SAP348
		bouée 32	SAP349
		PT	SAP350
	Cycle	bouée 32	SAP351-375
SEAV Pk 21	23/04/1997	bouée 20	SAP376
		bouée 26	SAP377
		bouée 32	SAP378
		PT	SAP379
SEAV Pk 22	30/04/1997	bouée 20	SAP380
		bouée 26	SAP381
		bouée 32	SAP382
		PT	SAP383
SEAV Pk 23	07/05/1997	bouée 20	SAP384
		bouée 26	SAP385
		bouée 32	SAP386
		PT	SAP387
		Quilleboeuf	SAP388
SEAV Pk 24	13/05/1997	bouée 20	SAP389
		bouée 26	SAP390
		bouée 32	SAP391
		PT	SAP392
	Cycle	bouée 26	SAP393-417
SEAV Pk 25	31/05/1997	bouée 20	SAP418
		bouée 26	SAP419
		bouée 32	SAP420
		PT	SAP421
SEAV Pk 26	10/06/1997	bouée 20	SAP422
		bouée 26	SAP423
		bouée 32	SAP424
		PT	SAP425
		quilleboeuf	SAP426
SEAV Pk 27	20/06/1997	bouée 20	SAP427
		bouée 26	SAP428
		bouée 32	SAP429
		PT	SAP430

N° Campagne	Date	Débit (m ³ .s ⁻¹)
SEAV Pk 17	17/03/1997	523
SEAV Pk 18	29/03/1997	390
SEAV Pk 19	08/04/1997	303
SEAV Pk 20	16/04/1997	267
	17/04/1997	279
	18/04/1997	266
SEAV Pk 21	23/04/1997	248
SEAV Pk 22	30/04/1997	282
SEAV Pk 23	07/05/1997	449
SEAV Pk 24	13/05/1997	309
	14/05/1997	386
	15/05/1997	404
SEAV Pk 25	31/05/1997	212
SEAV Pk 26	10/06/1997	225
SEAV Pk 27	20/06/1997	279

Station	Date	Salinité (P.S.U.)		Température (°C)		O ₂ dissous mg/l		M.E.S. (mg/l)	
		surface	fond	surface	fond	surface	fond	surface	fond
SAP335	17/03/1997	6,0	-	-	-	-	-	55,6	119,2
SAP336		2,3	20,1	-	-	-	-	49,6	309,6
SAP337		1,3	11,5	-	-	-	-	49,2	290,4
SAP338		0,3	11,6	-	-	-	-	50,4	126,0
SAP339	29/03/1997	0,6	4,8	11,0	10,5	6,64	5,37	452,8	1215,0
SAP340		2,1	6,4	10,9	10,4	5,76	5,78	279,3	3565,0
SAP341		0,6	2,5	11,1	10,8	3,63	5,75	553,3	600,7
SAP342		0,5	1,1	11,2	10,8	3,84	5,55	102,0	756,0
SAP343	08/04/1997	2,2	5,5	11,5	11,0	4,63	5,04	804,0	7,0
SAP344		7,8	16,4	11,0	11,0	5,24	6,40	668,7	3091,0
SAP345		9,3	10,1	10,9	10,8	5,56	5,43	1490,0	4875,0
SAP346		5,4	6,7	11,1	11,0	5,16	4,92	391,7	2652,0
SAP347	16/04/1997	7,4	23,1	12,8	10,8	2,82	2,81	27,0	23,5
SAP348		13,0	23,1	13,0	10,8	2,36	2,80	26,3	152,4
SAP349		3,6	15,0	13,1	13,2	1,98	3,28	28,2	722,8
SAP350		0,8	10,9	13,3	11,9	2,80	3,65	26,3	1557,4
SAP376	23/04/1997	7,0	8,8	11,9	11,7	9,50	9,69	125,4	185,4
SAP377		6,7	9,3	12,0	11,6	10,27	10,14	101,4	723,2
SAP378		6,4	8,9	12,1	11,7	10,60	10,20	149,8	1273,0
SAP379		3,7	5,2	12,7	12,1	9,22	8,58	135,8	2070,7
SAP380	30/04/1997	1,6	7,3	14,2	13,2	4,10	4,50	60,5	183,6
SAP381		0,5	3,5	14,1	13,6	3,87	5,10	53,8	429,0
SAP382		0,3	0,3	14,0	13,7	3,73	-	130,6	293,0
SAP383		0,3	0,3	-	-	-	-	87,2	483,0
SAP384	07/05/1997	pas de données physiques, sonde hors d'usage.						275,8	-
SAP385								217,1	-
SAP386								303,2	-
SAP387								179,2	-
SAP388								286,5	-
SAP389	13/05/1997	5,3	9,5	15,0	14,9	2,93	3,50	72,5	447,5
SAP390		1,2	5,0	16,7	15,6	1,90	2,35	55,5	109,5
SAP391		0,5	1,1	16,8	16,5	1,36	1,36	101,5	336,5
SAP392		0,3	0,3	16,9	16,3	0,82	1,15	121,5	483,0
SAP418	31/05/1997	9,1	10,9	17,8	17,3	4,54	4,47	51,6	66,3
SAP419		5,6	7,4	18,1	17,6	4,11	3,80	49,2	160,2
SAP420		2,8	2,4	18,5	18,1	3,74	1,38	234,4	2211,0
SAP421		0,6	1,3	18,8	18,3	0,31	1,64	91,4	918,7
SAP422	10/06/1997	-	-	-	-	-	-	149,0	308,5
SAP423		-	-	-	-	-	-	154,0	261,0
SAP424		-	-	-	-	-	-	163,5	260,0
SAP425		-	-	-	-	-	-	131,0	292,5
SAP426		-	-	-	-	-	-	65,0	115,5
SAP427	20/06/1997	8,7	9,2	19,0	18,9	-	-	383,6	872,4
SAP428		8,1	12,9	19,2	18,3	7,98	-	244,0	517,5
SAP429		4,4	5,5	19,7	19,5	-	-	158,0	699,0
SAP430		2,1	3,9	20,2	19,8	-	-	126,4	155,0

N°station	Date	Salinité (P.S.U.)		Température (°C)		O ₂ dissous mg/l		M.E.S. (mg/l)	
		surface	fond	surface	fond	surface	fond	surface	fond
SAP351	17/04/1997	8,9	19,9	11,8	11,2	4,25	-	18,3	78,9
SAP352		12,4	19,7	11,9	11,2	-	-	-	-
SAP353		8,6	19,7	12,1	11,2	6,06	4,18	18,8	36,1
SAP354		4,9	18,9	12,7	11,2	9,39	7,73	-	-
SAP355		4,6	16,0	13,1	11,6	-	-	21,0	160,4
SAP356		5,3	13,9	13,1	11,8	1,05	-	-	-
SAP357		3,1	9,2	13,2	12,0	3,19	1,48	36,6	170,0
SAP358		1,6	11,0	13,3	12,0	5,04	11,49	-	-
SAP359		0,7	11,9	13,4	11,9	-	0,79	37,0	64,7
SAP360		1,3	9,0	13,2	12,2	0,61	0,62	-	-
SAP361		6,6	13,1	12,7	11,9	-	-	26,2	662,4
SAP362		11,6	17,1	12,3	11,6	0,10	-	-	-
SAP363		13,3	17,0	12,0	11,6	-	-	19,4	143,4
SAP364		13	18,2	11,9	11,7	-	3,71	-	-
SAP365		15,3	19,3	11,9	11,5	-	-	13,3	24,1
SAP366		13,4	18,5	11,9	11,5	-	-	-	-
SAP367		7,2	15,6	11,9	11,8	-	-	15,5	388,8
SAP368		5,9	12,8	12,4	12,0	-	-	-	-
SAP369		6,6	8,6	12,5	12,4	-	-	77,0	415,4
SAP370		3,1	5,2	12,7	12,6	-	-	-	-
SAP371		1,8	4,2	13,0	12,7	-	-	31,4	57,4
SAP372		0,8	4,9	13,0	12,6	-	-	-	-
SAP373		2,6	7,9	12,5	12,3	-	-	116,6	154,4
SAP374		7,4	12,0	12,1	11,9	-	-	-	-
SAP375		11,7	14,9	11,8	11,6	-	-	21,1	250,8
SAP393	18/05/1997	1,8	3,2	15,8	16,2	3,2	1,7	40,0	87,5
SAP394		-	-	-	-	-	-	-	-
SAP395		3,7	7,5	15,9	16,0	2,1	2,4	284,0	651,0
SAP396		-	-	-	-	-	-	-	-
SAP397		1,0	6,1	16,3	16,5	1,5	1,7	36,5	89,0
SAP398		-	-	-	-	-	-	-	-
SAP399		5,6	15,4	16,0	16,4	2,9	3,8	55,0	270,5
SAP400		-	-	-	-	-	-	-	-
SAP401		8,8	21,7	16,8	15,9	3,3	4,7	74,0	217,5
SAP402		-	-	-	-	-	-	-	-
SAP403		11,7	24,0	16,2	15,8	3,6	4,4	71,0	143,5
SAP404		-	-	-	-	-	-	-	-
SAP405		5,4	19,7	16,5	16,0	4,3	4,6	45,0	109,5
SAP406		-	-	-	-	-	-	-	-
SAP407		4,7	13,0	15,9	16,2	2,5	3,2	58,0	135,5
SAP408		-	-	-	-	-	-	-	-
SAP409		4,1	7,5	15,8	16,4	2,0	2,8	257,0	286,0
SAP410		-	-	-	-	-	-	-	-
SAP411		3,7	15,4	15,5	15,3	1,8	3,7	62,5	134,5
SAP412		-	-	-	-	-	-	-	-
SAP413		8,7	19,6	14,9	14,6	2,2	4,3	70,5	155,5
SAP414		-	-	-	-	-	-	-	-
SAP415		10,4	25,0	15,7	14,4	2,5	4,2	251,0	384,5
SAP416		-	-	-	-	-	-	-	-
SAP417		6,5	23,0	15,2	14,7	2,3	4,2	-	-

	Bs63μ335	Bs63μ336	Bs63μ337	Bs63μ338
nauplii	58222	191244	404311	114222
CI	9511	7800	16011	5900
CII	3789	3233	6667	5444
CIII	456	744	3256	10311
CIV	56	333	2278	17189
CV	44	144	3578	32300
Mâle	89	-	856	21633
Femelle NO	33	11	156	5556
Femelle Ov	-	-	133	6344

	SAPS335	SAPS336	SAPS337	SAPS338
nauplii	-	633	-	361
CI	17	266	2065	356
CII	41	701	6065	1354
CIII	2	295	1387	3906
CIV	1	277	606	7266
CV	-	115	348	6719
Mâle	-	23	44	2891
Femelle NO	-	11	54	1758
Femelle Ov	-	6	5	259

	SAPO335	SAPO336	SAPO337	SAPO338
nauplii	-	-	7	122
CI	-	88	14	673
CII	1904	3593	2910	3571
CIII	13462	6949	5113	15408
CIV	13385	4780	3757	32245
CV	6423	3051	5650	27347
Mâle	1317	2949	5311	31429
Femelle NO	257	827	2825	12245
Femelle Ov	79	773	784	15612

	Bs63μ339	Bs63μ340	Bs63μ341	Bs63μ342
nauplii	333333	413889	594444	264444
CI	33889	10833	56056	21111
CII	16044	6389	26389	12711
CIII	8889	6944	9444	7189
CIV	3611	5556	3056	3833
CV	3756	5556	3611	2556
Mâle	7500	8889	7500	8033
Femelle NO	2922	3333	2222	2556
Femelle Ov	10556	9722	9444	5500

	SAPS339	SAPS340	SAPS341	SAPS342
nauplii	386	2534	4722	5826
CI	4731	4142	5313	6697
CII	13138	10599	4722	9725
CIII	3220	5504	2031	7248
CIV	1112	1444	955	1273
CV	172	681	674	1135
Mâle	164	1540	1840	3142
Femelle NO	129	1294	2587	3647
Femelle Ov	-	170	83	356

	SAPO339	SAPO340	SAPO341	SAPO342
nauplii	-	605	670	50
CI	1479	3966	1738	100
CII	10059	13038	13110	2567
CIII	8935	4262	22105	5346
CIV	1450	2405	5455	1776
CV	820	1308	4785	1333
Mâle	2988	4599	9569	4262
Femelle NO	1972	2098	10431	2991
Femelle Ov	986	2557	1754	3551

	Bs63μ343	Bs63μ344	Bs63μ345	Bs63μ346
nauplii	120000	53889	200000	138889
CI	17500	5000	13822	7089
CII	12500	11667	25133	13611
CIII	10833	10278	24667	11111
CIV	8889	6111	10844	2778
CV	12222	13333	18778	12644
Mâle	12222	15278	15989	13889
Femelle NO	833	556	411	833
Femelle Ov	4722	3333	4200	5278

	SAPS343	SAPS344	SAPS345	SAPS346
nauplii	98	371	637	719
CI	624	898	3778	5531
CII	2276	5898	13881	20442
CIII	2670	9590	12444	22743
CIV	2232	5625	8994	12743
CV	2670	5840	11951	12566
Mâle	2473	5176	9651	13540
Femelle NO	536	1074	924	5664
Femelle Ov	274	391	2156	642

	SAPO343	SAPO344	SAPO345	SAPO346
nauplii	588	16	17	266
CI	471	389	268	950
CII	6824	5093	3154	8148
CIII	10294	14766	14228	17160
CIV	8529	9626	10537	8642
CV	9824	6869	11477	11605
Mâle	9176	6215	6376	11975
Femelle NO	1559	1838	1644	1899
Femelle Ov	1912	1698	1695	2908

	Bs63μ347	Bs63μ348	Bs63μ349	Bs63μ350
nauplii	811	33222	288444	494444
CI	89	8811	17111	35189
CII	44	9533	12467	22667
CIII	56	6867	9900	27556
CIV	11	1733	7211	20156
CV	11	967	6600	20156
Mâle	-	33	1089	2444
Femelle NO	-	-	111	222
Femelle Ov	-	22	44	222

	SAPS347	SAPS348	SAPS349	SAPS350
nauplii	1	-	1	62
CI	387	116	895	5664
CII	2695	2393	5437	19558
CIII	2746	1113	6111	30619
CIV	802	132	3598	29912
CV	236	40	3680	26460
Mâle	72	6	390	7301
Femelle NO	48	8	111	1139
Femelle Ov	44	1	43	456

	SAPO347	SAPO348	SAPO349	SAPO350
nauplii	-	-	-	-
CI	3	2	56	401
CII	12	569	2577	2994
CIII	20	934	9772	11667
CIV	98	289	7732	13457
CV	268	266	8107	8148
Mâle	200	6	1705	4722
Femelle NO	86	4	293	454
Femelle Ov	288	1	163	423

	Bs63μ376	Bs63μ377	Bs63μ378	Bs63μ379
nauplii	2222	49500	51111	79444
CI	5556	9833	28889	15111
CII	4556	6556	19078	6422
CIII	4444	2311	14167	2944
CIV	1222	378	7000	1222
CV	6333	400	15700	2444
Mâle	4000	389	17967	5556
Femelle NO	333	78	1111	333
Femelle Ov	1444	189	4444	1333

	SAPS376	SAPS377	SAPS378	SAPS379
nauplii	120	5628	9	1457
CI	1884	17056	313	7338
CII	3560	16883	191	7086
CIII	3207	6883	322	4029
CIV	1685	3766	304	1817
CV	3995	6277	1033	2410
Mâle	2138	6537	1152	6115
Femelle NO	326	1006	183	1259
Femelle Ov	228	1414	348	1103

	SAPO376	SAPO377	SAPO378	SAPO379
nauplii	103	699	-	537
CI	1210	4196	176	4597
CII	3333	10070	578	5436
CIII	4204	8252	784	4362
CIV	2162	3811	1359	2013
CV	4324	9021	3137	4597
Mâle	3544	5909	5539	9732
Femelle NO	762	1131	529	2483
Femelle Ov	658	720	873	3221

	Bs63μ380	Bs63μ381	Bs63μ382	Bs63μ383
nauplii	182222	686667	123333	117778
CI	37500	35922	7556	4889
CII	14311	6811	444	667
CIII	8800	4056	444	-
CIV	6811	2000	889	-
CV	4578	6322	1778	444
Mâle	9078	8800	2444	2000
Femelle NO	1056	944	222	889
Femelle Ov	1333	5611	2444	2444

	SAPS380	SAPS381	SAPS382	SAPS383
nauplii	1744	365	400	33
CI	22725	2682	7917	198
CII	25777	5052	2889	63
CIII	13733	2682	750	19
CIV	9264	2526	792	6
CV	14877	3698	1063	11
Mâle	4305	5417	3444	17
Femelle NO	1134	1237	2667	36
Femelle Ov	550	1745	4000	55

	SAPO380	SAPO381	SAPO382	SAPO383
nauplii	31	15	225	-
CI	977	216	458	25
CII	8457	1543	433	19
CIII	9691	2449	375	-
CIV	5988	2551	358	12
CV	5864	3395	767	12
Mâle	2623	6790	2313	43
Femelle NO	802	1559	1021	12
Femelle Ov	810	2325	3389	56

	Bs63μ384	Bs63μ385	Bs63μ386	Bs63μ387
nauplii	12133	38422	158889	87822
CI	78	25122	53333	26000
CII	78	19000	47033	19067
CIII	22	7667	35189	11056
CIV	11	878	16667	3689
CV	11	3700	16822	3644
Mâle	22	667	6000	956
Femelle NO	-	144	444	122
Femelle Ov	-	356	2889	289

	SAPS384	SAPS385	SAPS386	SAPS387
nauplii	29	169	2469	267
CI	288	8619	28395	24688
CII	271	8147	36461	24451
CIII	226	2902	21975	11157
CIV	100	857	14321	4273
CV	121	795	14486	3887
Mâle	79	198	6872	1558
Femelle NO	62	52	2497	217
Femelle Ov	40	41	1364	288

	SAPO384	SAPO385	SAPO386	SAPO387
nauplii	-	62	1215	1519
CI	4	2150	8972	6203
CII	36	9439	14486	17089
CIII	28	6402	17664	13544
CIV	16	3396	11028	11899
CV	12	5187	12336	12911
Mâle	3	1981	9252	7595
Femelle NO	5	535	872	1566
Femelle Ov	5	514	1184	2131

	Bs63μ389	Bs63μ390	Bs63μ391	Bs63μ392
nauplii	71556	784889	35111	17778
CI	24444	107556	1122	556
CII	16111	32000	422	367
CIII	15000	23111	278	189
CIV	15667	21333	189	-
CV	15333	31111	800	556
Mâle	4844	11889	511	189
Femelle NO	533	556	222	-
Femelle Ov	400	3667	322	189

	SAPS389	SAPS390	SAPS391	SAPS392
nauplii	359	12368	69	-
CI	13995	42763	992	47
CII	17344	19605	516	52
CIII	15431	14211	295	42
CIV	15789	15000	324	78
CV	17464	21842	791	89
Mâle	6758	14474	654	182
Femelle NO	1244	4474	318	495
Femelle Ov	754	5175	545	182

	SAPO389	SAPO390	SAPO391	SAPO392
nauplii	-	26	-	-
CI	2273	1775	177	6
CII	18030	7568	518	8
CIII	20606	8951	1064	8
CIV	18939	10340	709	31
CV	26515	19753	2163	109
Mâle	11894	14429	2589	226
Femelle NO	1799	2546	1253	285
Femelle Ov	1439	4360	4043	288

	Bs63μ418	Bs63μ419	Bs63μ420	Bs63μ421
nauplii	197556	152244	448889	424444
CI	60667	10578	6856	11556
CII	41067	4256	3144	3556
CIII	37644	5289	22000	12222
CIV	13222	2267	17778	24200
CV	15244	2667	29844	47111
Mâle	5078	511	37778	48000
Femelle NO	522	56	11333	7111
Femelle Ov	522	56	3222	25189

	SAPS418	SAPS419	SAPS420	SAPS421
nauplii	622	29	403	148
CI	10813	4183	3226	3070
CII	14928	5806	4073	2215
CIII	14880	4183	15323	4641
CIV	7416	1394	17903	15063
CV	5359	589	22581	13671
Mâle	938	55	38710	14177
Femelle NO	220	8	8710	4768
Femelle Ov	230	8	7258	3133

	SAPO418	SAPO419	SAPO420	SAPO421
nauplii	13	-	31	-
CI	65	7	247	17
CII	2121	1286	741	133
CIII	10000	20286	7222	1957
CIV	8571	11071	7654	4876
CV	8571	5607	10988	6667
Mâle	1792	1131	18148	7065
Femelle NO	455	236	3333	2711
Femelle Ov	519	75	36728	1808

	Bs63μ422	Bs63μ423	Bs63μ424	Bs63μ425
nauplii	7156	13467	46222	40400
CI	578	878	15111	12000
CII	100	167	5778	3233
CIII	22	56	4078	2356
CIV	11	22	3633	2200
CV	22	22	3522	2122
Mâle	-	11	3333	2378
Femelle NO	-	11	589	156
Femelle Ov	-	-	500	289

	SAPS422	SAPS423	SAPS424	SAPS425
nauplii	-	2	718	132
CI	81	262	4348	1935
CII	380	465	6049	2301
CIII	304	423	7108	1110
CIV	92	346	4650	1069
CV	136	670	7410	1232
Mâle	14	149	7977	1884
Femelle NO	19	191	1222	322
Femelle Ov	5	220	1474	489

	SAPO422	SAPO423	SAPO424	SAPO425
nauplii	1	-	39	-
CI	1	-	39	60
CII	7	30	30	302
CIII	64	876	551	2036
CIV	186	1150	896	4234
CV	190	3686	2174	4274
Mâle	85	1588	1623	7581
Femelle NO	114	1104	474	988
Femelle Ov	30	221	638	1260

	Bs63μ427	Bs63μ428	Bs63μ429	Bs63μ430
nauplii	200	344	444	48356
CI	200	289	1000	4156
CII	1533	1356	522	2533
CIII	800	2978	522	1289
CIV	1267	1589	722	789
CV	1667	3644	1444	2267
Mâle	200	3467	1522	2044
Femelle NO	133	289	200	189
Femelle Ov	67	544	276	189

	SAPS427	SAPS428	SAPS429	SAPS430
nauplii	-	8	34	-
CI	10	-	23	12
CII	51	149	339	138
CIII	166	3795	1610	1104
CIV	437	4950	2373	2853
CV	912	7063	5661	3483
Mâle	304	3333	5017	3183
Femelle NO	144	842	1397	360
Femelle Ov	67	425	1209	129

	SAPO427	SAPO428	SAPO429	SAPO430
nauplii	-	-	-	19
CI	11	-	-	19
CII	185	178	51	280
CIII	1475	1111	893	991
CIV	2527	3370	2449	1028
CV	2500	5278	3622	6636
Mâle	663	2200	3673	4206
Femelle NO	109	733	986	953
Femelle Ov	87	1022	260	991

	Bs63μ351	Bs63μ352	Bs63μ353	Bs63μ354	Bs63μ355	Bs63μ356	Bs63μ357	Bs63μ358	Bs63μ359	Bs63μ360	Bs63μ361	Bs63μ362	Bs63μ363
nauplii	822	67	22	33	89	89	156	733	394400	47911	26144	2522	1267
CI	200	-	11	-	-	22	33	233	21200	8167	5344	144	11
CII	100	-	-	-	11	22	44	11	6111	2778	3722	33	-
CIII	233	11	-	-	-	22	22	-	6744	2267	3667	11	-
CIV	156	-	-	-	11	11	-	-	8400	3733	1311	11	11
CV	267	11	-	-	-	-	11	-	14533	3622	700	0	-
Mâle	111	11	-	-	-	78	189	78	17733	4667	200	67	78
Femelle NO	22	11	-	-	11	-	-	22	2056	289	-	-	-
Femelle Ov	22	-	-	11	-	-	11	-	7200	367	33	-	-

	SAPS351	SAPS353	SAPS355	SAPS357	SAPS359	SAPS361	SAPS363	SAPS365	SAPS367	SAPS369	SAPS371	SAPS373	SAPS375
nauplii	-	-	1	10	17	-	-	5	-	n.p.	84	544	1
CI	36	1	41	495	2431	63	5	-	92	n.p.	1562	1172	26
CII	43	3	343	979	2959	1464	50	19	1099	n.p.	1771	2782	210
CIII	18	1	551	864	3028	2835	65	99	3491	n.p.	2280	4059	336
CIV	25	-	375	1371	3372	1172	32	241	3696	n.p.	3891	2176	217
CV	16	1	281	1829	4679	397	28	1427	8747	n.p.	4644	6862	320
Mâle	4	-	81	3429	6651	146	20	1418	4394	n.p.	9916	6444	134
Femelle NO	1	-	31	533	1755	31	6	529	1242	n.p.	3808	900	70
Femelle Ov	1	-	3	138	596	10	2	90	175	n.p.	241	105	8

	SAPO351	SAPO353	SAPO355	SAPO357	SAPO359	SAPO361	SAPO363	SAPO365	SAPO367	SAPO369	SAPO371	SAPO373	SAPO375
nauplii	-	-	-	-	22	-	-	1	-	-	-	-	2
CI	1	-	10	620	130	-	-	-	-	4	62	213	1
CII	24	11	112	3504	1017	123	3	-	685	18	628	1170	13
CIII	96	23	1563	8613	5411	2561	8	9	4065	57	1264	2553	81
CIV	317	38	1361	7591	7857	2105	14	26	5514	44	1862	3369	101
CV	798	37	1082	15620	10844	1096	32	156	12523	167	3517	6879	153
Mâle	676	8	356	16350	14416	1009	53	590	12150	3315	10828	14043	233
Femelle NO	163	43	77	5061	4416	351	18	78	1916	33	1586	2092	22
Femelle Ov	120	18	24	693	1948	105	15	40	187	20	352	160	30

n.p. : non prélevé

	Bs63μ364	Bs63μ365	Bs63μ366	Bs63μ367	Bs63μ368	Bs63μ369	Bs63μ370	Bs63μ371	Bs63μ372	Bs63μ373	Bs63μ374	Bs63μ375
nauplii	1200	3244	5200	189	67	211	478	2778	20933	3556	24278	1867
CI	67	11	22	11	67	11	22	33	1189	1000	389	67
CII	33	-	22	22	89	11	78	-	433	756	289	67
CIII	11	22	33	144	122	22	78	56	244	1689	200	33
CIV	67	56	22	622	156	22	122	33	356	711	78	-
CV	89	122	222	4033	311	11	133	89	822	2889	89	233
Mâle	244	156	267	48600	67200	38578	10500	6378	6267	3089	89	600
Femelle NO	22	11	33	522	156	133	167	289	156	133	33	33
Femelle Ov	56	167	78	567	400	44	144	89	289	644	-	-

	Bs63μ393	Bs63μ394	Bs63μ395	Bs63μ396	Bs63μ397	Bs63μ398	Bs63μ399	Bs63μ400	Bs63μ401	Bs63μ402	Bs63μ403	Bs63μ404	Bs63μ405
nauplii	989	18744	1033	9422	584889	889200	188222	35933	7067	5111	889	100	167
CI	389	8711	189	2111	622	14156	30222	3778	278	378	967	11	33
CII	211	7467	133	1067	389	4911	27333	2589	244	222	467	-	156
CIII	44	689	133	978	156	2844	11556	411	56	89	189	11	89
CIV	56	622	100	411	156	1444	2667	111	11	22	33	-	33
CV	211	8322	567	4667	544	2644	10778	278	11	144	256	-	100
Mâle	78	889	511	6400	700	1256	1911	111	-	11	-	-	22
Femelle NO	-	67	100	1411	389	578	189	-	-	22	-	-	11
Femelle Ov	-	233	122	5378	311	2211	211	11	-	-	11	-	-

	SAPS393	SAPS394	SAPS395	SAPS396	SAPS397	SAPS398	SAPS399	SAPS400	SAPS401	SAPS402	SAPS403	SAPS404	SAPS405
nauplii	1	13	70	266	919	14063	128	-	2	-	-	-	-
CI	515	4942	2108	3219	143	56563	15923	4711	475	20	1	1	1
CII	1585	9138	3208	2604	78	34375	17978	6226	846	34	1	1	5
CIII	806	6178	3138	1734	25	15156	12905	2617	453	8	-	-	4
CIV	212	3475	2740	2583	35	15938	7384	1240	219	1	-	1	5
CV	435	4916	6042	5625	105	32500	16308	1281	149	4	-	1	5
Mâle	72	1403	5808	8313	152	11875	4045	179	23	-	-	-	1
Femelle NO	20	219	1183	3906	61	7891	835	-	3	-	-	-	-
Femelle Ov	8	116	1124	6500	249	17969	835	-	-	-	-	-	-

	SAPO393	SAPO394	SAPO395	SAPO396	SAPO397	SAPO398	SAPO399	SAPO400	SAPO401	SAPO402	SAPO403	SAPO404	SAPO405
nauplii	-	-	5104	12	17	109	-	-	4	-	-	-	-
CI	1922	2377	16719	802	188	985	2424	498	434	70	29	46	-
CII	5529	15000	20156	2037	294	4161	12652	5195	1891	386	138	386	259
CIII	6647	12843	15938	1272	250	4416	12576	4141	630	132	100	250	190
CIV	52941	11667	14219	1907	188	5766	10076	2090	703	42	49	51	59
CV	7824	19216	25625	5000	421	10365	16364	2344	805	74	33	76	59
Mâle	3647	11373	21094	6167	508	7153	7500	379	141	13	14	20	11
Femelle NO	1902	2745	7500	3306	297	1934	682	55	55	4	7	19	11
Femelle Ov	757	2124	9766	7056	1258	3905	303	43	35	4	8	21	1

	Bs63μ406	Bs63μ407	Bs63μ408	Bs63μ409	Bs63μ410	Bs63μ411	Bs63μ412	Bs63μ413	Bs63μ414	Bs63μ415	Bs63μ416	Bs63μ417
nauplii	64656	54400	1522	24833	44800	53600	109200	45200	6333	n.p.	56	133
CI	19189	11900	233	3756	18822	19200	69622	11600	2733	n.p.	44	56
CII	8378	4556	211	1878	4922	8000	30622	12500	1033	n.p.	11	44
CIII	7156	3433	300	2000	4256	4900	18633	11900	544	n.p.	11	33
CIV	2967	3167	278	4789	7389	5300	9433	5400	278	n.p.	22	22
CV	8556	10300	4011	16333	18200	9000	27444	11500	322	n.p.	-	22
Mâle	3211	9256	4167	10833	19289	4900	13722	3600	289	n.p.	-	-
Femelle NO	322	2856	1033	4378	5444	2256	2700	700	67	n.p.	-	-
Femelle Ov	222	3200	1833	18833	20844	4756	5100	578	22	n.p.	-	-

	SAPS406	SAPS407	SAPS408	SAPS409	SAPS410	SAPS411	SAPS412	SAPS413	SAPS414	SAPS415	SAPS416	SAPS417
nauplii	-	57	14	343	1447	703	21	-	570	-	4	-
CI	4206	5211	1806	7383	5556	18750	24375	9346	14485	27	169	6
CII	10374	4114	1577	5187	4415	14844	23958	12617	24118	29	98	7
CIII	8411	2583	1462	3551	3392	10000	12917	10280	19559	16	24	2
CIV	4439	2766	4344	5467	4591	10703	9375	8879	8603	15	4	1
CV	5607	5943	7140	9065	9006	18594	14271	13084	13015	15	6	1
Mâle	2664	4754	8559	10841	6316	5938	10000	6308	2813	5	2	1
Femelle NO	771	1874	3054	7336	3392	3867	2479	1558	478	1	1	-
Femelle Ov	93	594	1692	6355	6550	8281	1479	935	184	1	1	-

	SAPO406	SAPO407	SAPO408	SAPO409	SAPO410	SAPO411	SAPO412	SAPO413	SAPO414	SAPO415	SAPO416	SAPO417
nauplii	-	n.p.	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-
CI	22	n.p.	23	96	385	476	81	27	200	6	15	-
CII	2017	n.p.	849	1769	4462	20159	3068	351	2778	291	450	6
CIII	2487	n.p.	1145	1962	9615	54286	4469	728	7833	362	1654	14
CIV	2278	n.p.	2103	2096	8846	49524	2478	809	6222	208	1731	9
CV	2748	n.p.	2967	4692	17538	79048	5796	1457	8722	224	2346	25
Mâle	1139	n.p.	3505	5115	27538	57143	5265	647	3083	78	1320	14
Femelle NO	196	n.p.	1110	2718	7692	16984	929	270	667	27	512	6
Femelle Ov	65	n.p.	1495	3500	18308	32857	664	200	667	18	392	4

ANNEXE V

Campagnes SEAV pk28 et 29 18-21 avril 1998 et 27-29 avril 1998

Tableaux récapitulatifs des localisations et des paramètres physico-chimiques, des densités du copépode Eurytemora affinis ($N. m^{-3}$).

Radiales transversales :

1-Bouée 26

2-Pont de Tancarville (PT)

Débit moyen : SEAV Pk25 : $1160 m^3.s^{-1}$

SEAV Pk26 : $388 m^3.s^{-1}$

Nombre de prélèvements

- Mésozooplancton : 20

Date	N° prélèvement	Heure	Localisation	Profondeur (m)	Salinité de surface	Volume filtré (l)
20/04/1998	BS439	6h30	Bouée 26 - Rive gauche	0	2,5	60
	BS440			4	10,6	60
	BS441			7	20,5	60
	BS442			10	21,0	60
	BS443	7h00	Bouée 26 - Centre	0	2,5	60
	BS444			4	9,5	60
	BS445			7	17,5	60
	BS446			10	21,0	60
	BS447	7h30	Bouée 26 - Rive droite	0	2,5	60
	BS448			4	8,5	60
	BS449			7	18,1	60
	BS450			9	20,5	60
27/04/1998	BS479	16h30	PT - Rive droite	5	1,7	30
	BS480			0	1,7	30
	BS481	16h45	PT - Centre	fond	3,7	30
	BS482			mi-hauteur	1,9	30
	BS483			surface	1,4	30
	BS484	17h00	PT - Rive gauche	fond	2,1	30
	BS485			mi-hauteur	1,1	30
	BS486			surface	0,8	30

Rive gauche	BS439	BS440	BS441	BS442
profondeur (m)	0	4	7	10
Nauplii	1700	34300	65267	64500
CI	500	22633	33733	35167
CII	600	22167	22917	21000
CIII	1567	4433	17783	9417
CIV	1583	5017	8250	5000
CV	667	6767	8250	4450
mâle	183	7583	6717	6000
femelle ovigère	67	1050	2967	2233
femelle non ovigère	17	1983	1100	1333

Centre	BS443	BS444	BS445	BS446
profondeur (m)	0	4	7	10
Nauplii	300	9000	16133	69667
CI	50	4650	7600	20167
CII	17	8500	9400	26333
CIII	0	10000	10000	36333
CIV	0	5650	6600	23333
CV	0	4450	5333	15333
mâle	0	1333	4717	13500
femelle ovigère	17	117	1017	3467
femelle non ovigère	0	250	433	1967

Rive droite	BS447	BS448	BS449
profondeur (m)	surface	1/2	fond
Nauplii	1100	18667	91000
CI	67	2367	9000
CII	100	4767	16000
CIII	33	36633	47000
CIV	0	25900	18167
CV	0	11100	15333
mâle	33	1500	11767
femelle ovigère	33	100	2667
femelle non ovigère	0	400	2633

Rive gauche	BS480	BS479
profondeur (m)	0	5
Nauplii	23667	32667
CI	1300	2133
CII	1267	1933
CIII	1400	2800
CIV	3100	3333
CV	4567	10567
mâle	3867	6800
femelle ovigère	1167	2067
femelle non ovigère	433	1467

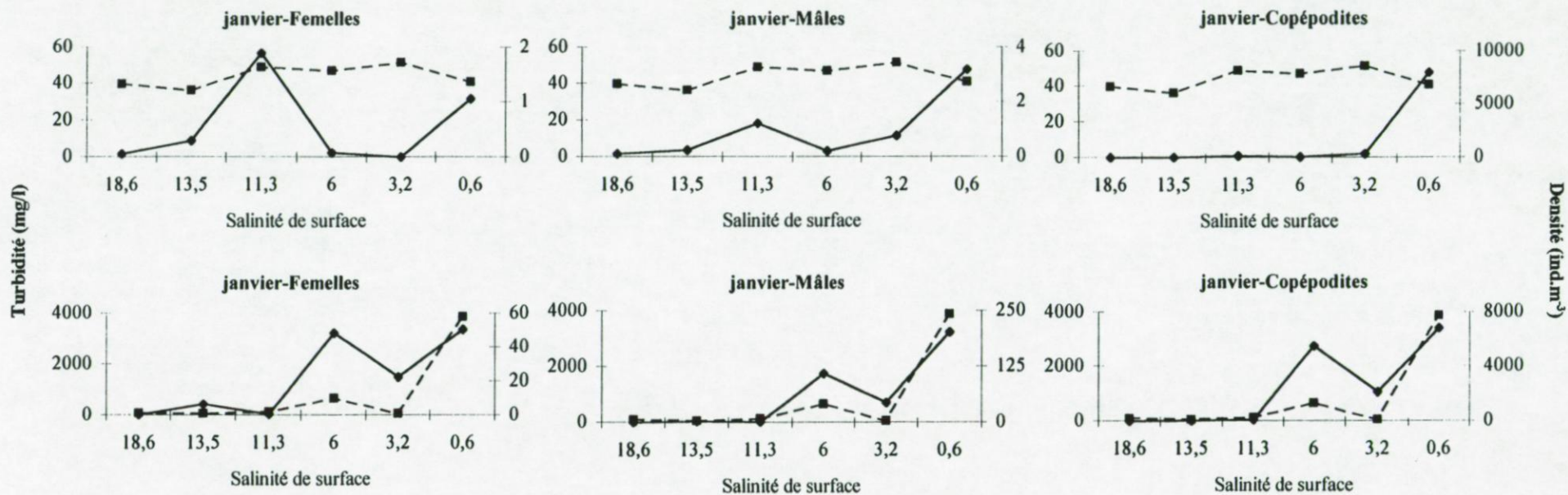
Centre	BS483	BS482	BS481
profondeur (m)	surface	1/2	fond
Nauplii	26400	28800	30000
CI	5800	11600	4250
CII	2600	7600	3250
CIII	3600	4600	4250
CIV	4800	6200	7250
CV	7200	13600	18000
mâle	5600	5800	30250
femelle ovigère	600	1800	10000
femelle non ovigère	800	800	5250

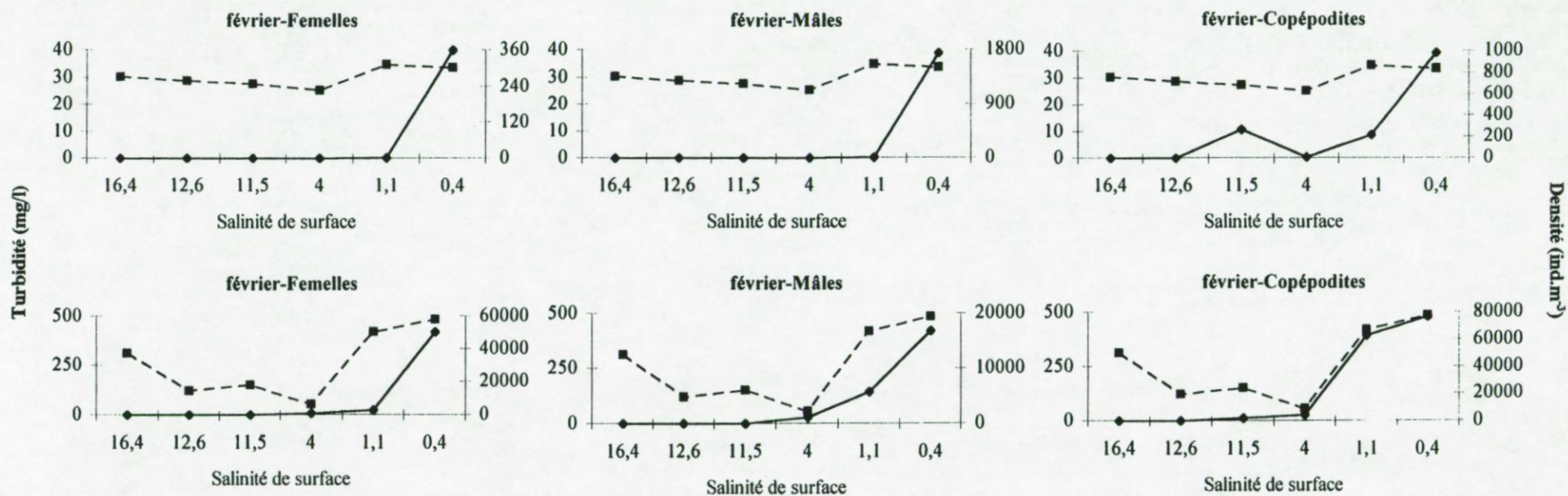
Rive droite	BS486	BS485	BS484
profondeur (m)	surface	1/2	fond
Nauplii	2100	13600	13500
CI	233	1200	2000
CII	467	1133	1500
CIII	583	1700	600
CIV	933	2067	500
CV	933	3967	4000
mâle	817	4533	3000
femelle ovigère	467	1133	1500
femelle non ovigère	233	567	500

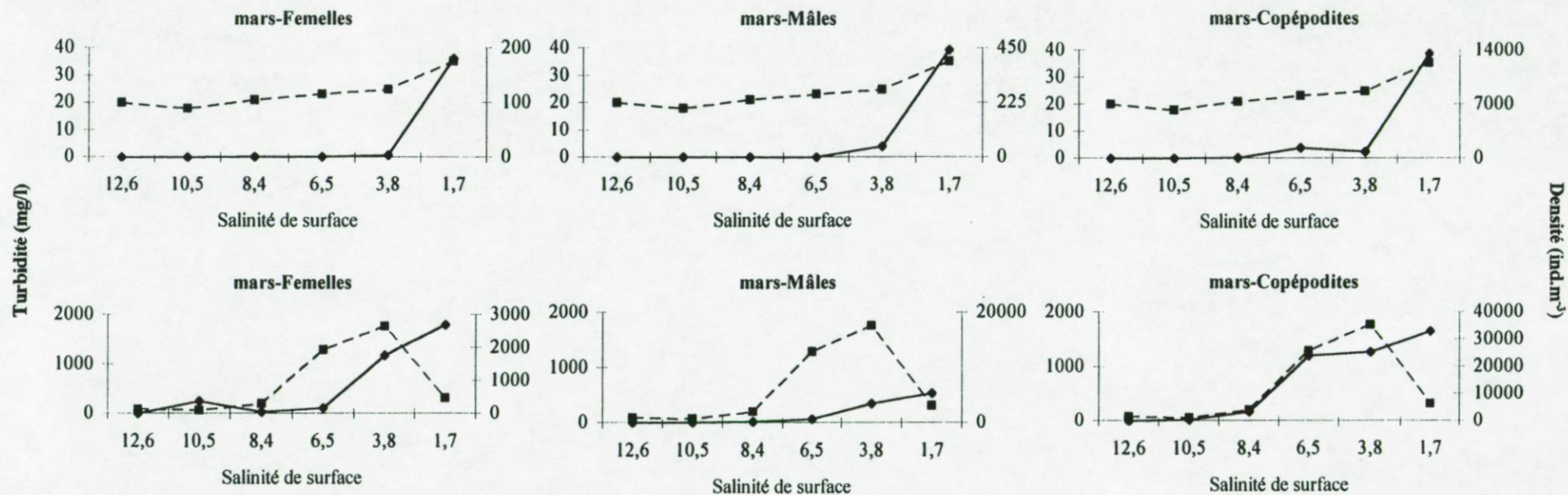
ANNEXE VI.A.

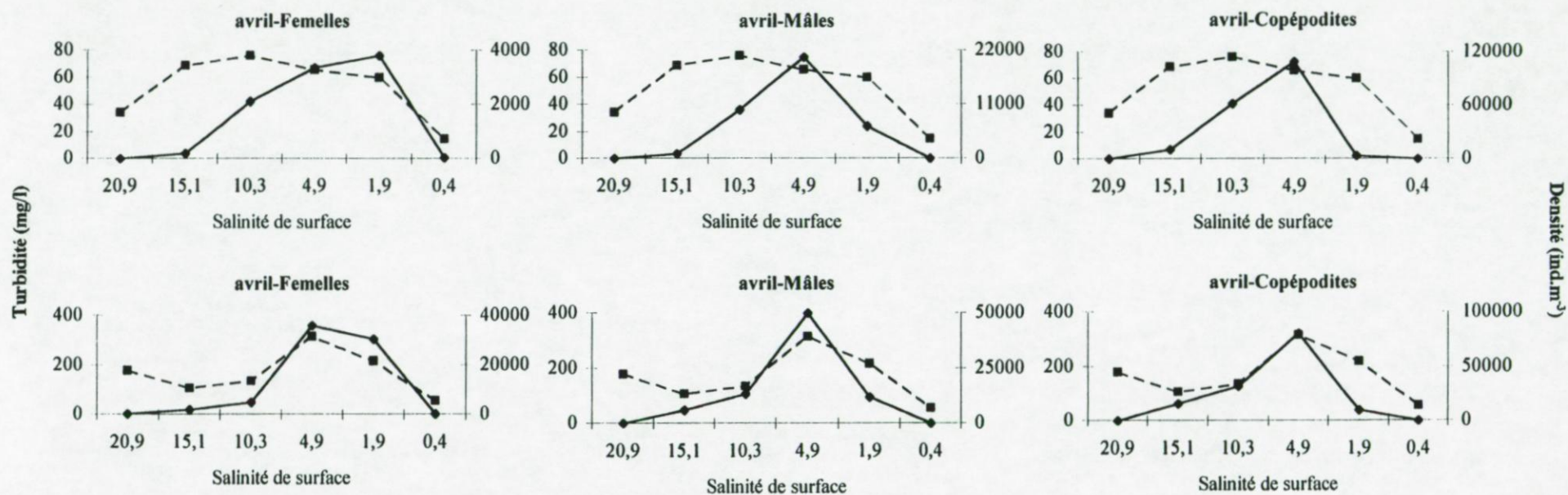
*Représentations graphiques des évolutions longitudinales des densités du copépode *Eurytemora affinis* ($N. m^{-3}$) et de la turbidité de surface (graphes en position haute) et de fond (graphes en position basse) (mg/l) le long du gradient de salinité de surface lors de chaque campagne de 1996.*

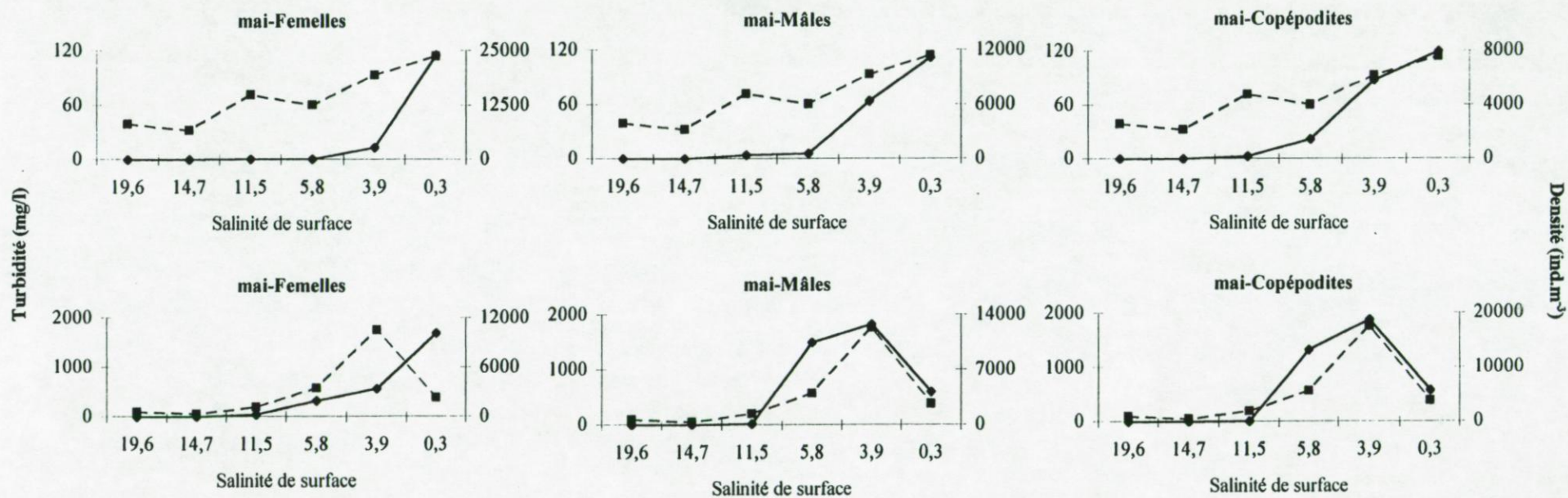
— — — — · Turbidité
———— Densité

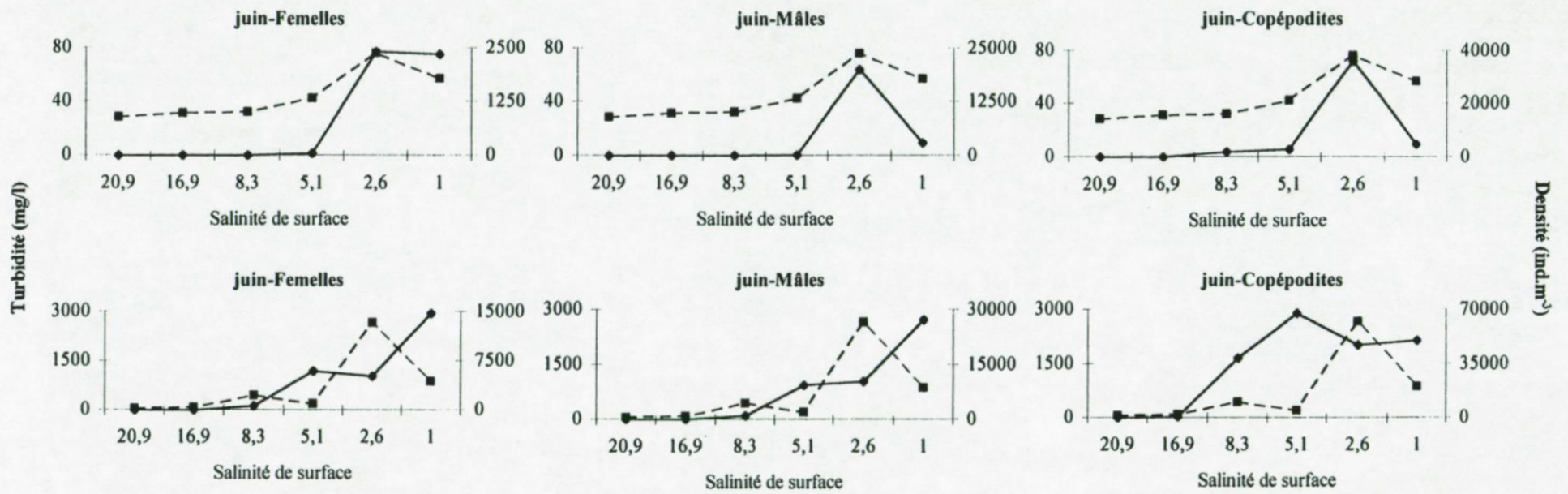


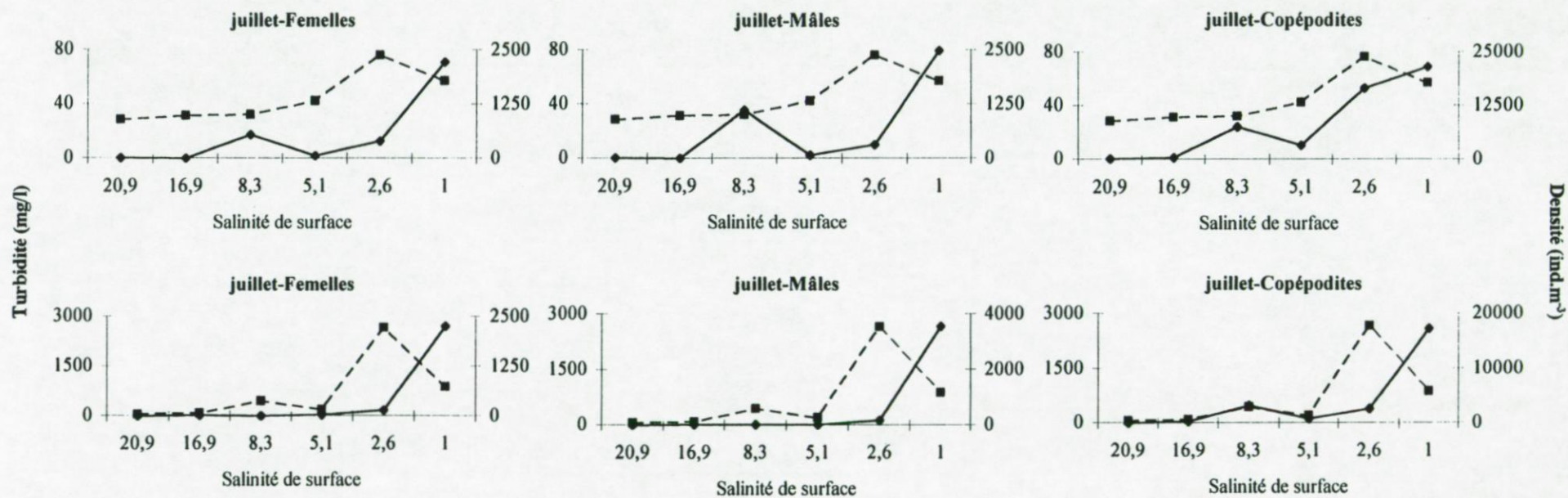


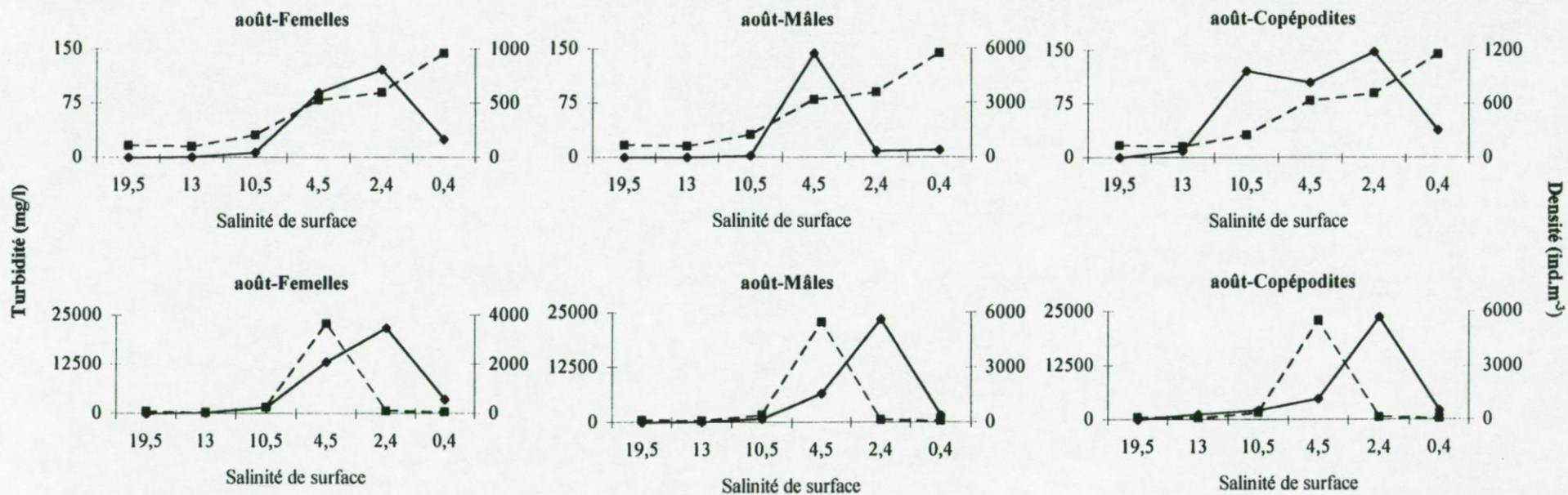


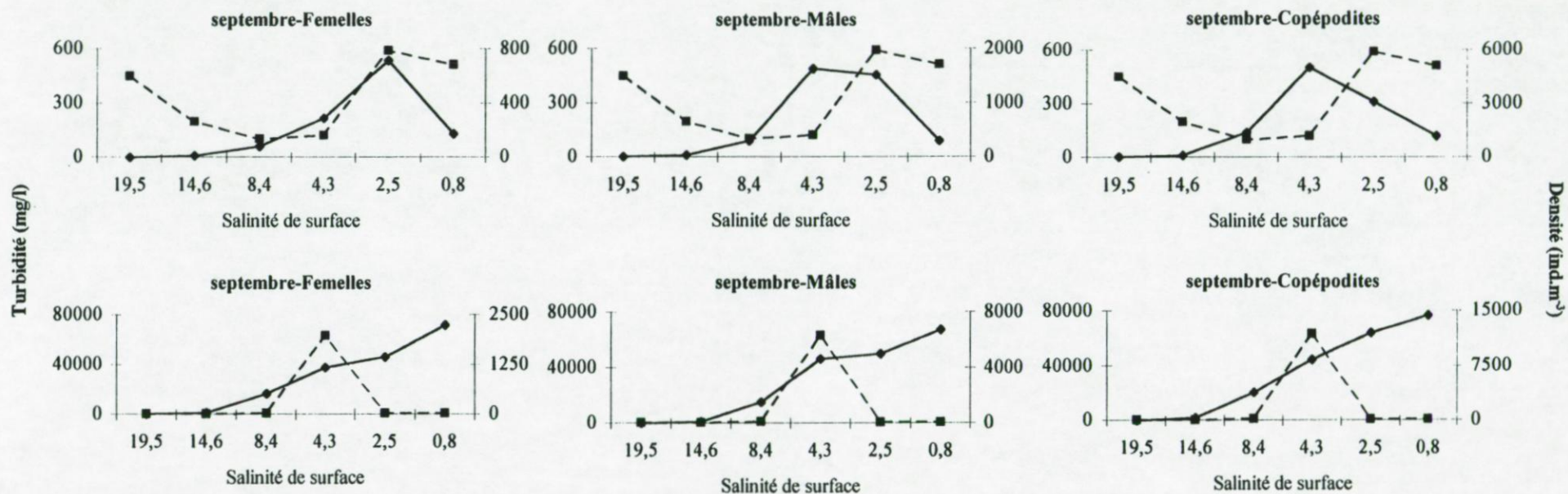


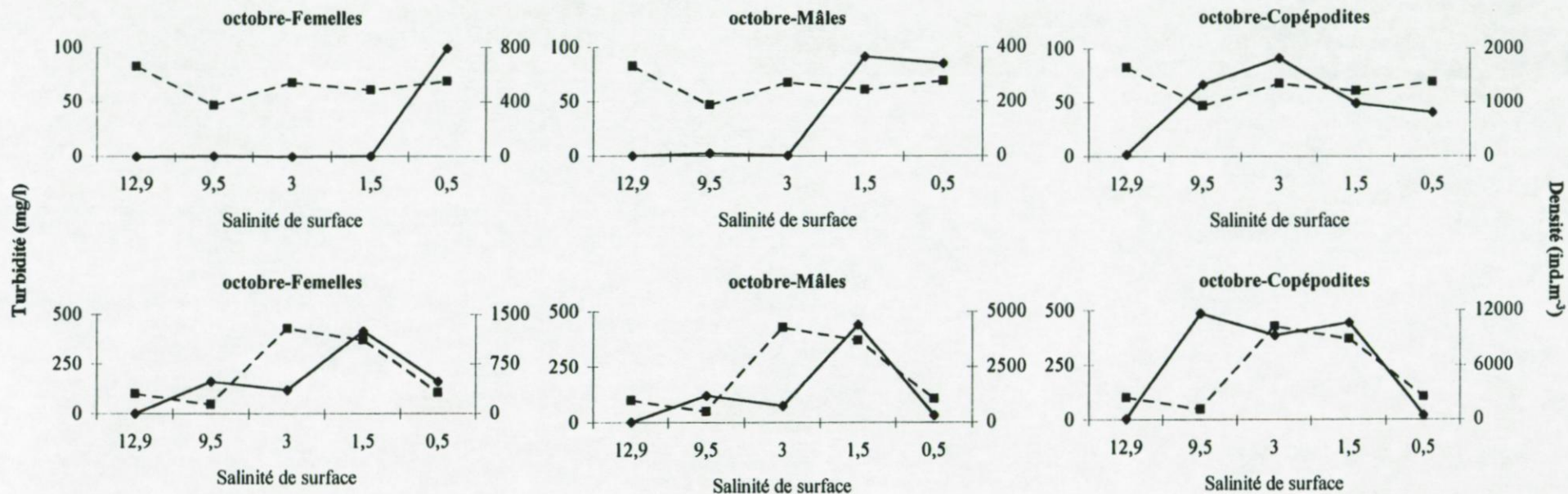


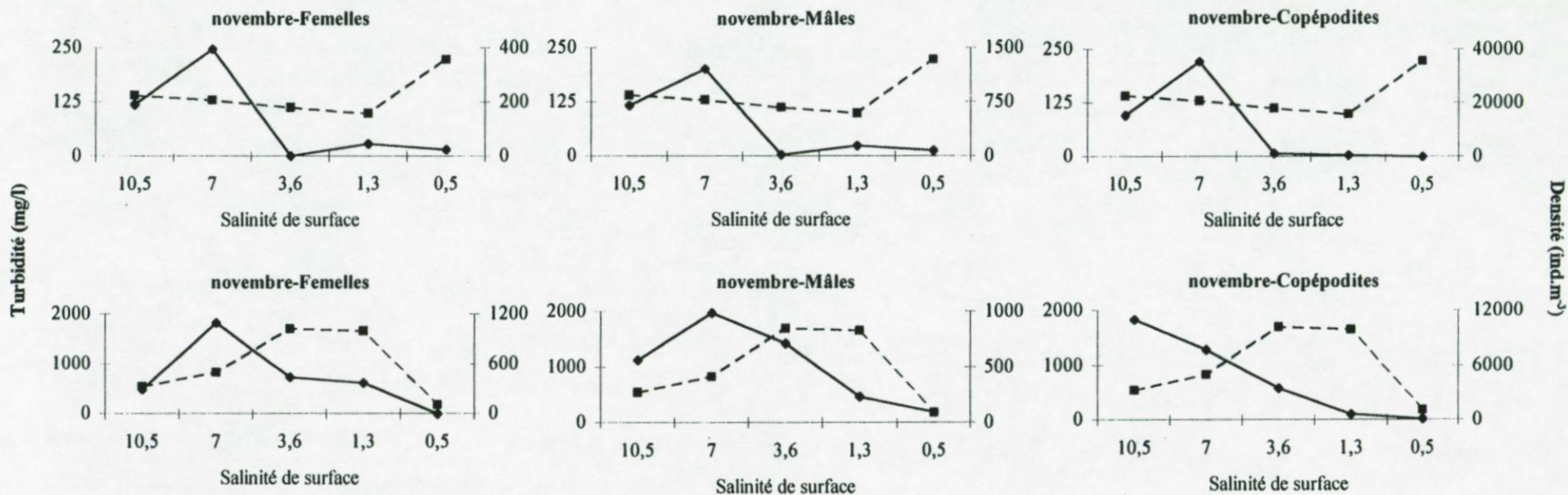


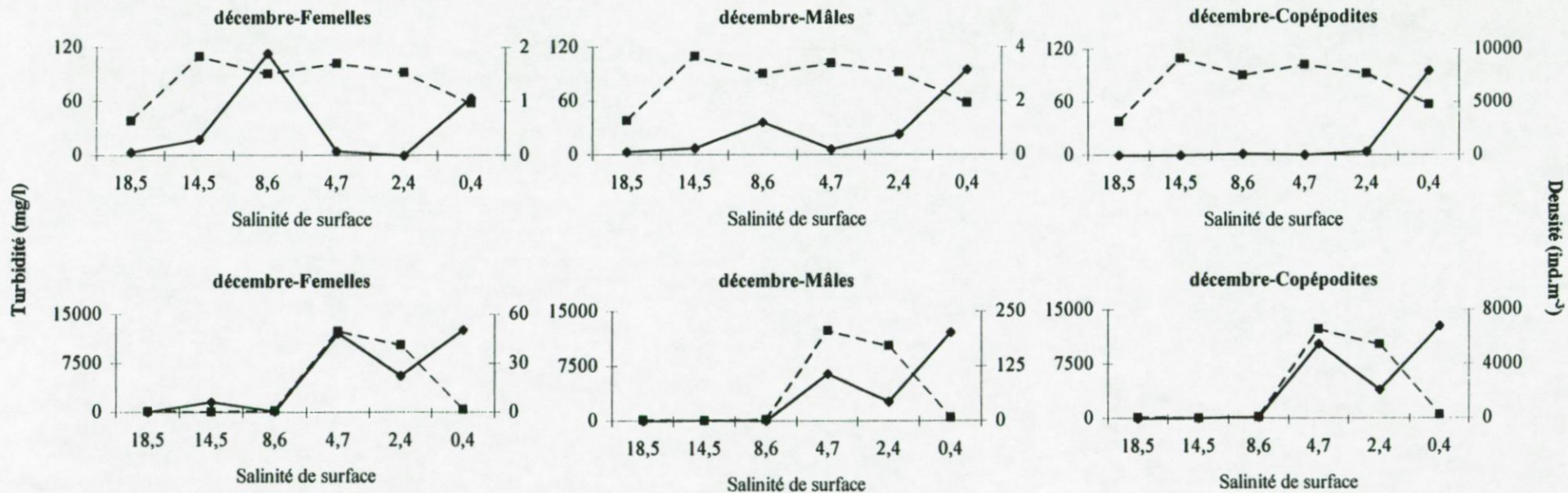








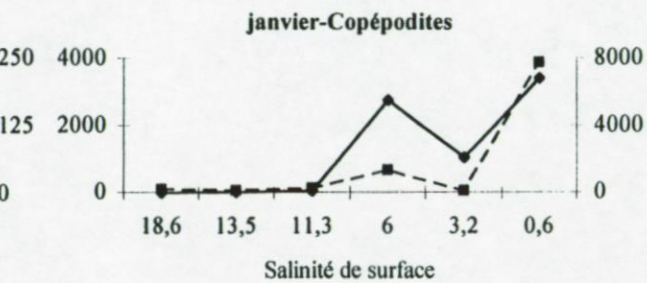
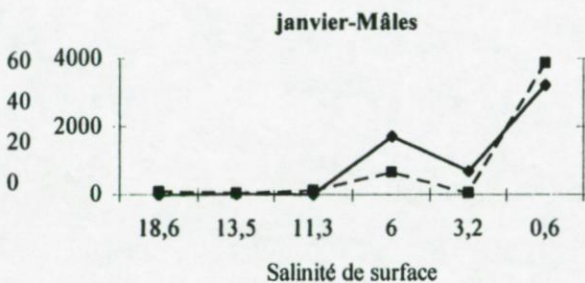
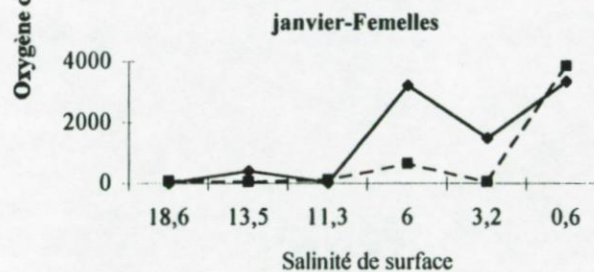
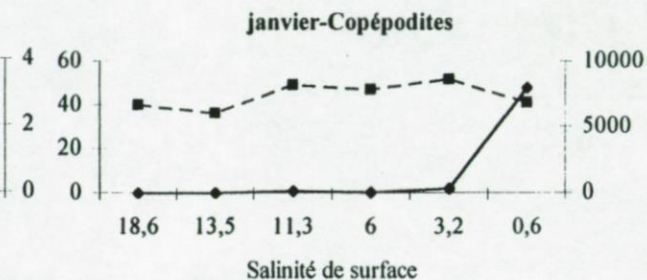
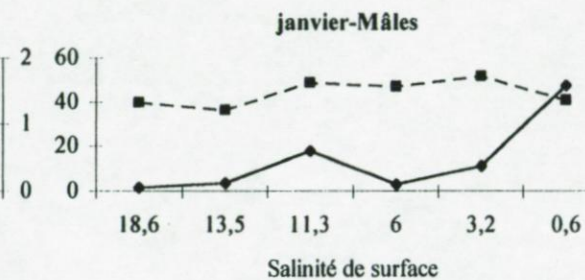
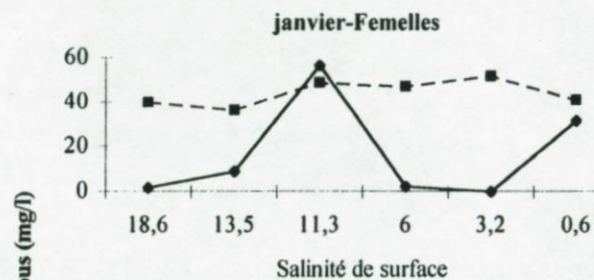




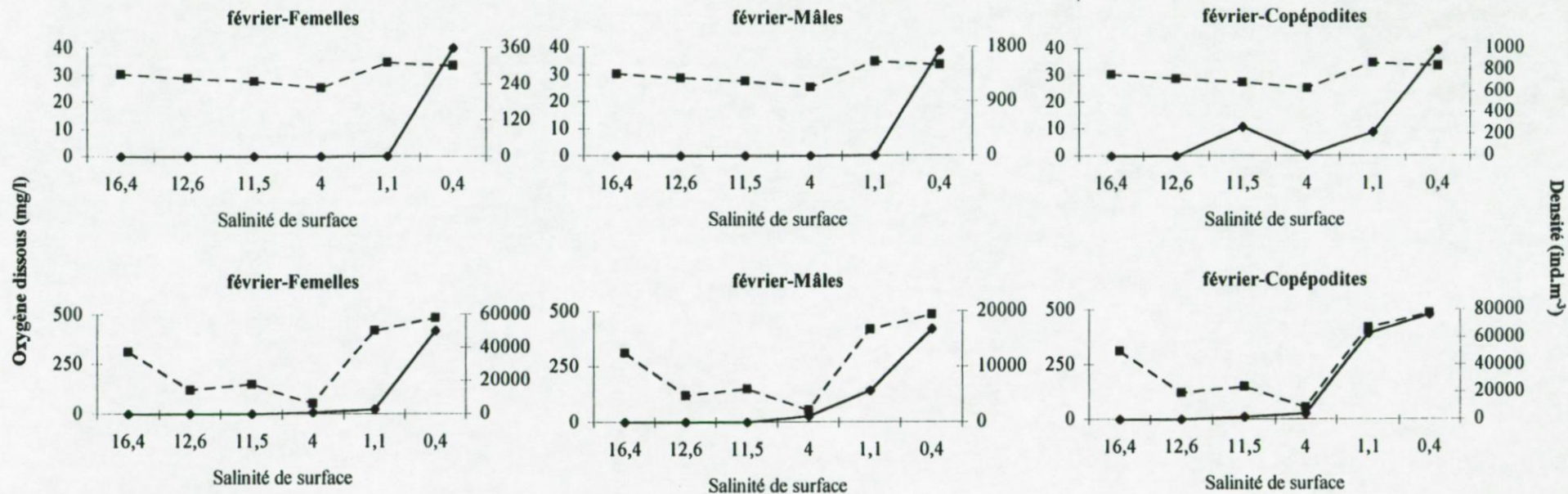
ANNEXE VI.B.

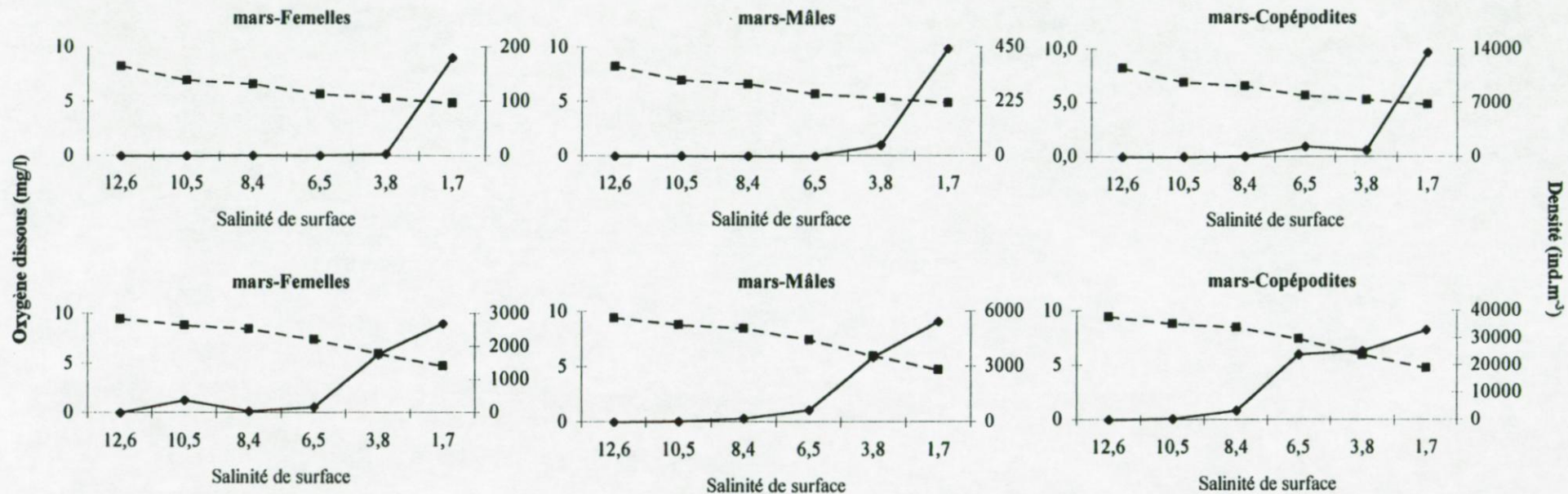
*Représentations graphiques des évolutions longitudinales des densités du copépode *Eurytemora affinis* ($N. m^{-3}$) et de la concentration en oxygène dissous de surface (graphes en position haute) et de fond (graphes en position basse) (mg/l) le long du gradient de salinité de surface lors de chaque campagne de 1996.*

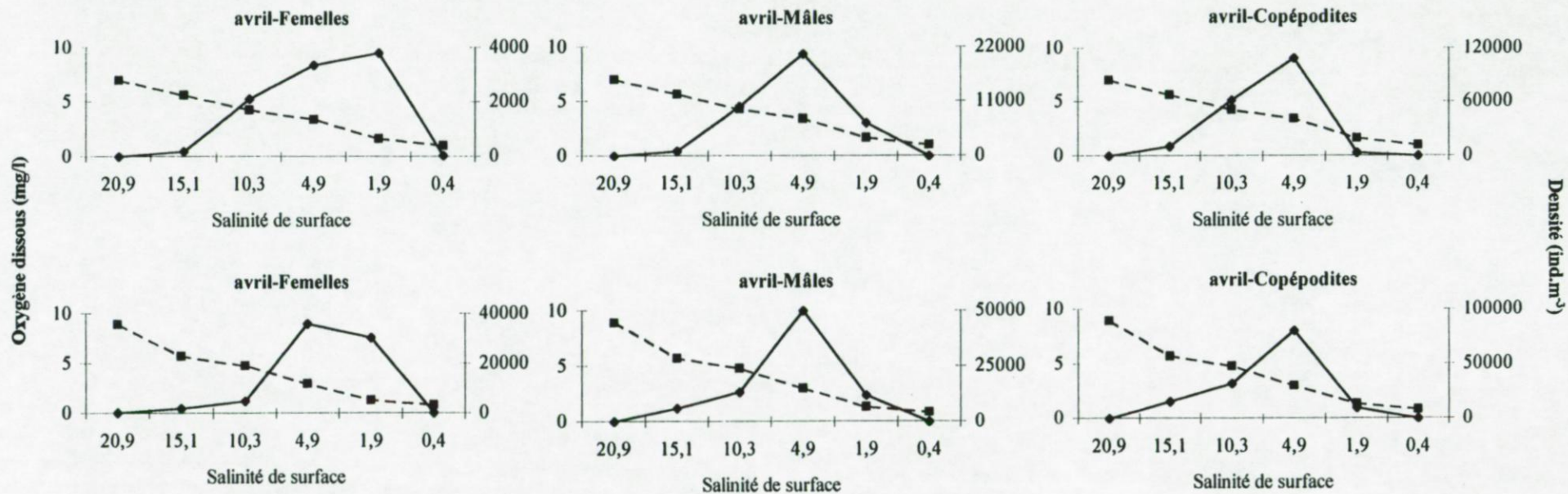
— — — — · Oxygène dissous
————— Densité

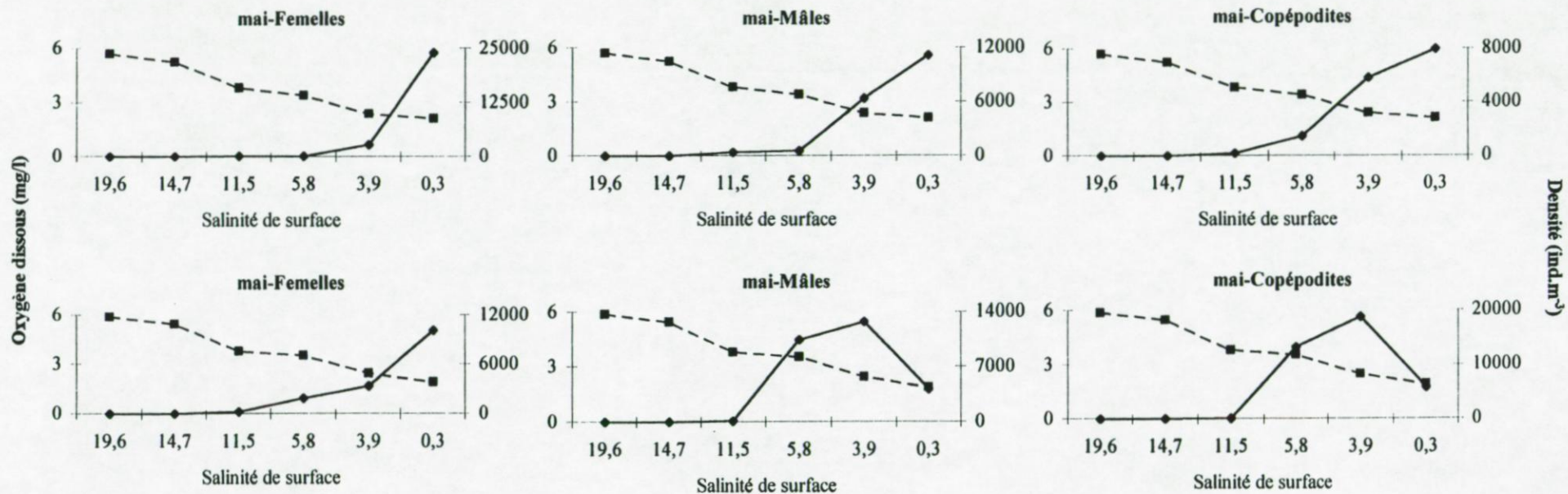


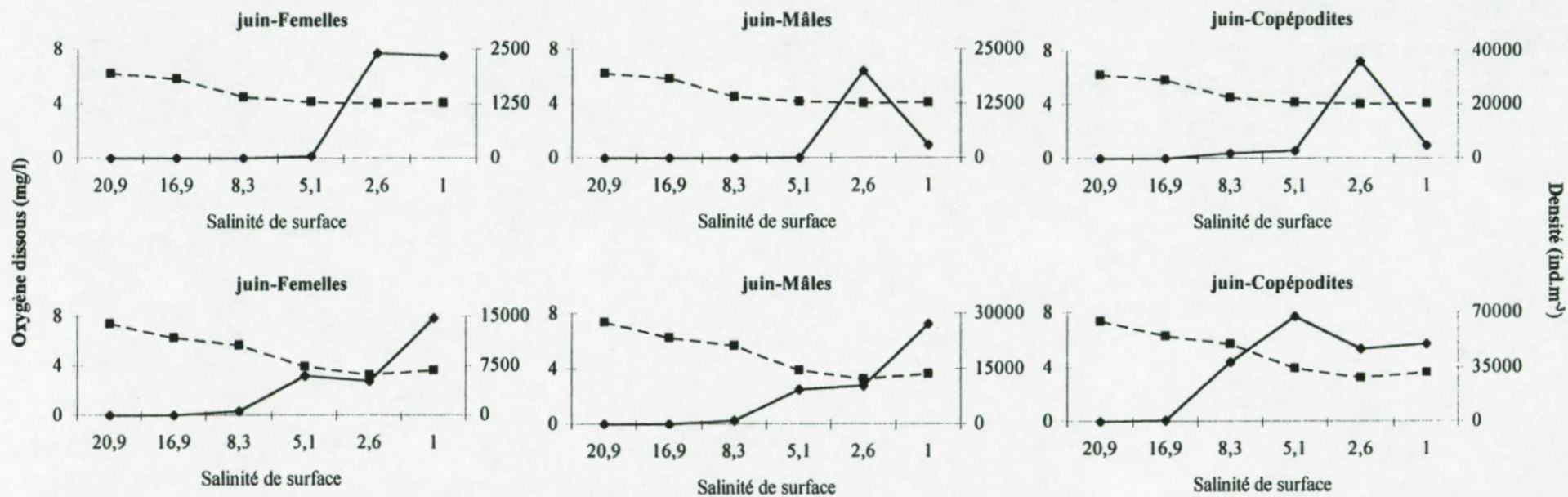
Densité (ind.m⁻³)

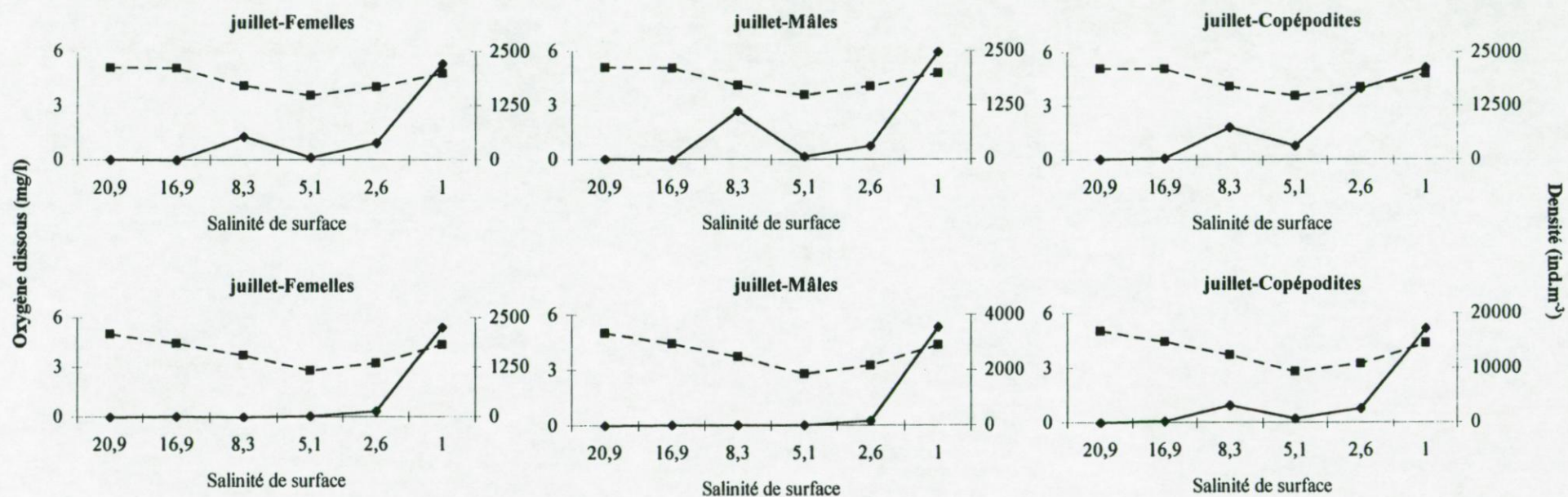


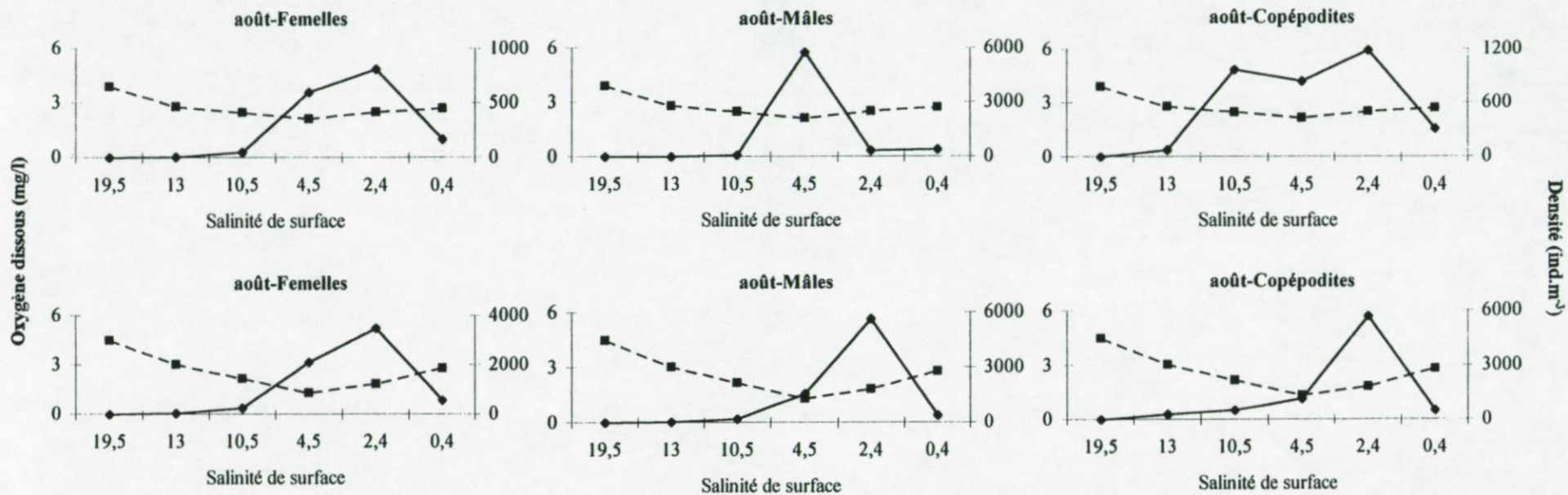


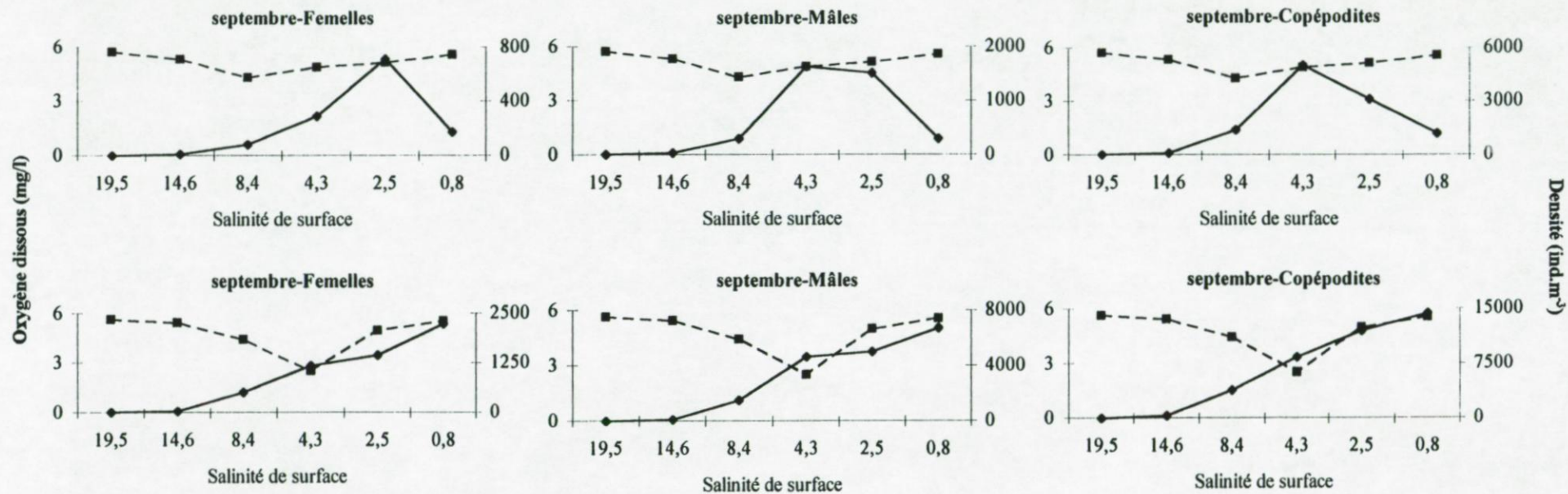


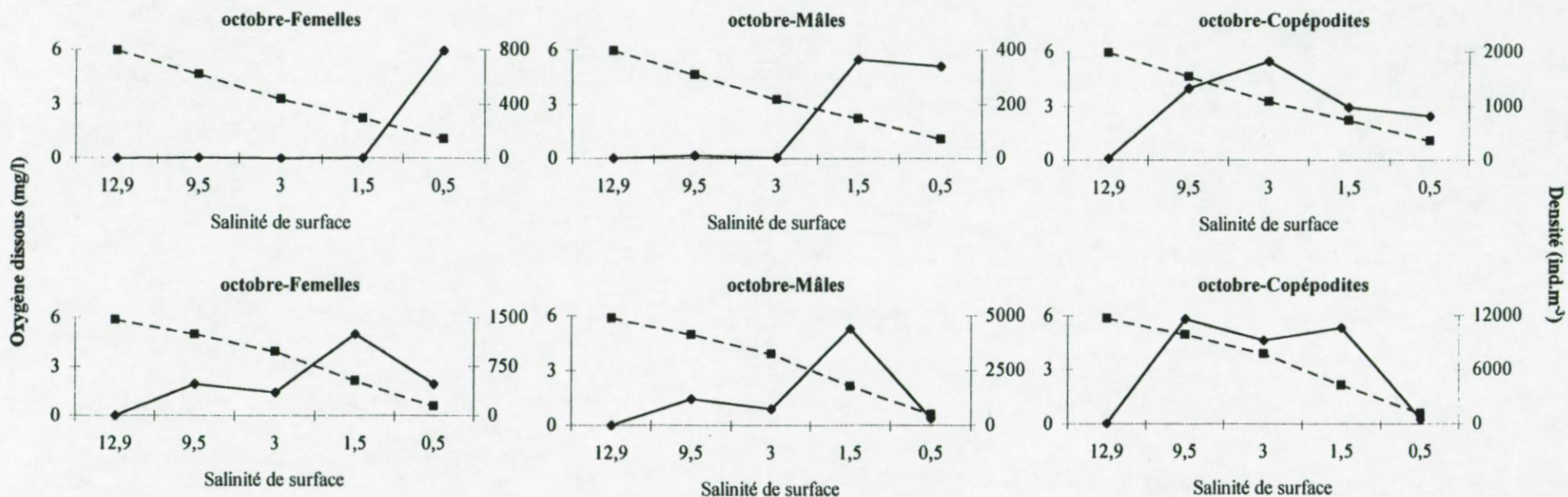


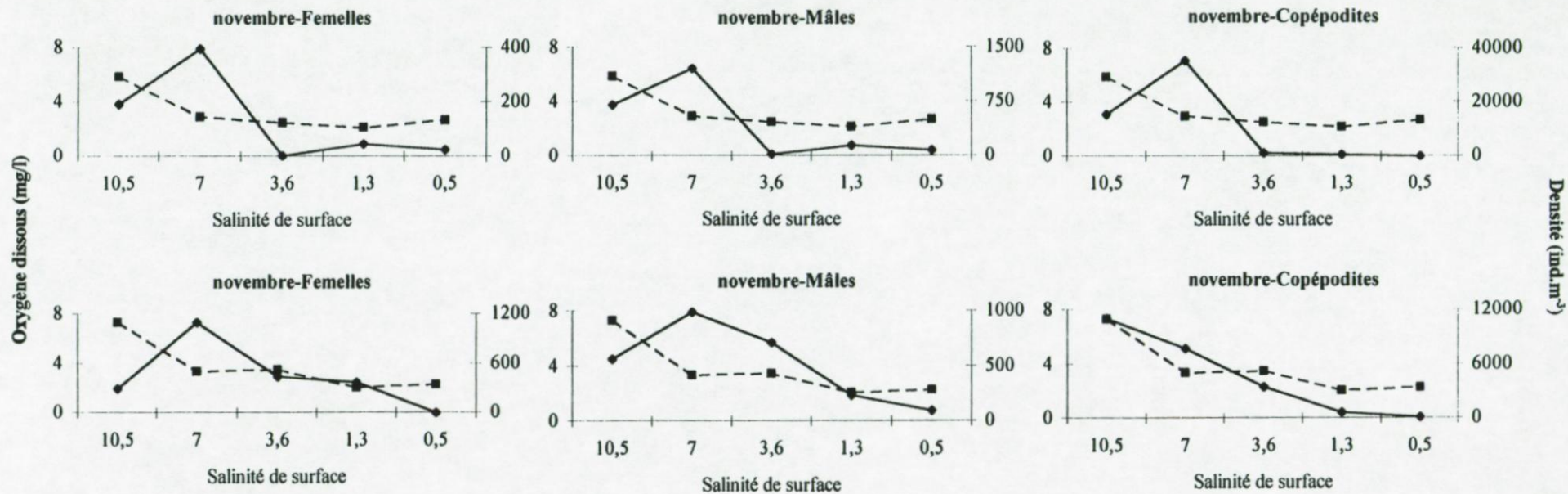


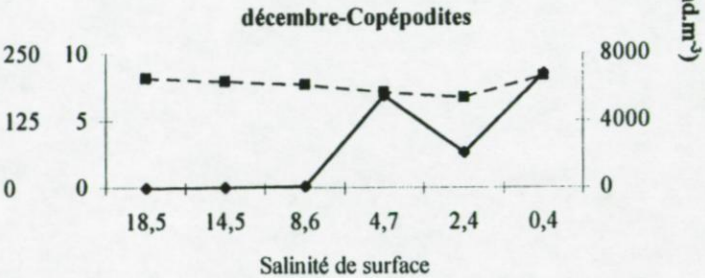
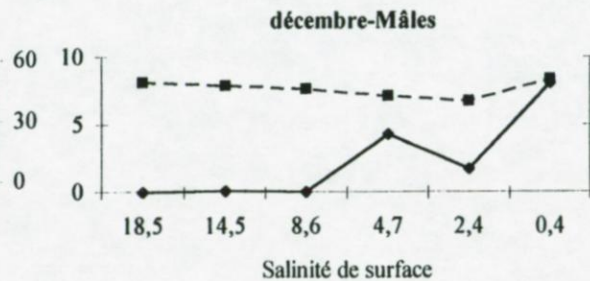
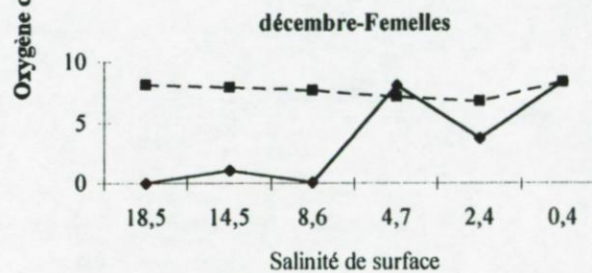
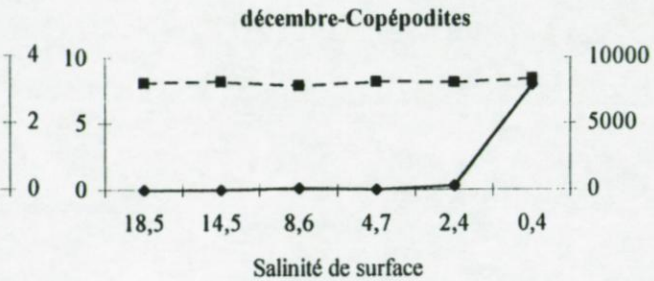
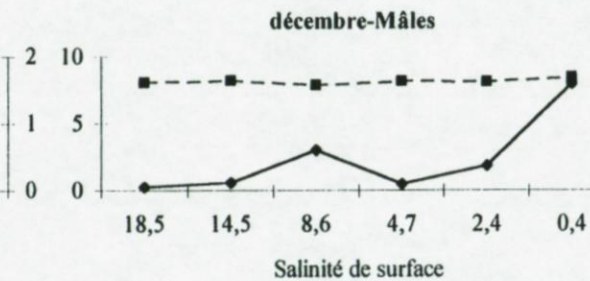
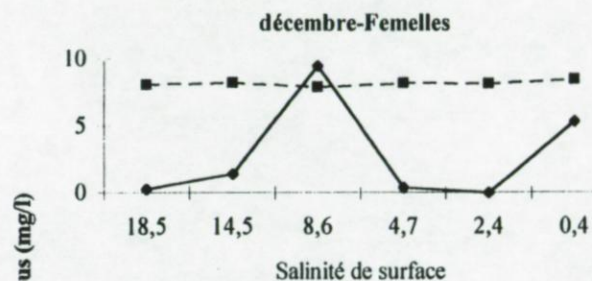












PREMIÈRES DONNÉES SUR LA STRUCTURE SPATIO-TEMPORELLE DU MÉSOZOOPLANKTON ET DU SUPRABENTHOS DE L'ESTUAIRE DE LA SEINE

Pascal MOUNY, Zixian WANG et Jean-Claude DAUVIN

Laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins et Malacologie
CNRS-URA 699, Muséum National d'Histoire Naturelle
57, rue Cuvier, F-75231 Paris Cedex 05

Mots clés : mésozooplancton, suprabenthos, estuaire de la Seine, évolution saisonnière

Résumé : La composition qualitative et quantitative des communautés planctoniques (mésozooplancton) et suprabenthiques de l'estuaire de la Seine a été étudiée pour la première fois à partir de prélèvements saisonniers sur tout le gradient halin depuis les eaux marines de la baie de Seine aux eaux douces fluviales. Le zooplancton est typique de celui rencontré dans les autres grands estuaires nord-européens avec la dominance des copépodes du genre *Eurytemora*, des mysidacés *Neomysis integer* et *Mesopodopsis slabberi*, des crustacés décapodes *Palaemon longirostris* et *Crangon crangon* et du poisson gobiidé *Pomatoschistus microps*. La salinité est le principal facteur environnemental contrôlant la répartition spatiale du zooplancton. Deux principales zones estuariennes dont la structure faunistique est tranchée sont décrites : (1) une zone mésohaline (5-18 P.S.U.), avec des densités et des biomasses relativement faibles, dominée par les copépodes mésozooplanctoniques du genre *Acartia* et par les espèces suprabenthiques *Crangon crangon* et *Mesopodopsis slabberi*, et (2) une zone oligohaline (0-5 P.S.U.) avec des densités et des biomasses élevées notamment au printemps, caractérisée par la dominance du copépode *Eurytemora affinis* et par les espèces suprabenthiques *Pomatoschistus microps*, *Palaemon longirostris* et *Neomysis integer*.

PRELIMINARY DATA ON THE SPATIO-TEMPORAL STRUCTURE OF MESOZOOPLANKTON AND SUPRABENTHOS OF THE SEINE ESTUARY

Key words: mesozooplankton, suprabenthos, Seine estuary, seasonal changes

Abstract: The qualitative and quantitative composition of planktonic community (mesozooplankton) and suprabenthos of the Seine estuary is analysed for the first time with seasonal sampling along the salinity gradient from marine water of the baie of Seine to freshwater. The composition of the zooplankton is similar to other north-european estuaries with the dominance of copepods of the genus *Eurytemora*, mysids, *Neomysis integer* and *Mesopodopsis slabberi*, decapods *Palaemon longirostris* and *Crangon crangon* and gobiidae *Pomatoschistus microps*. The salinity seems to be the major environmental factor controlling the spatial distribution of the zooplankton. Two main zones are described: (1) mesohaline zone (5-18 P.S.U.), with slightly high densities and biomasses, dominated by the mesozooplanktonic copepods *Acartia clausi* and *Temora longicornis* for the mesozooplankton and the suprabenthic species *Crangon crangon* and *Mesopodopsis slabberi*; and (2) oligohaline zone (0-5 P.S.U.) with high densities and biomasses, especially during spring, characterised by the dominance of the copepod *Eurytemora affinis* and the suprabenthic species *Pomatoschistus microps*, *Palaemon longirostris* and *Neomysis integer*.

INTRODUCTION

La Seine est le seul grand fleuve se jetant en Manche ; malgré la superficie relativement faible de son bassin versant (78650 km²), il draine une région où vit un quart de la population française (dont la région parisienne) et où s'exerce plus du tiers de l'activité économique agricole et industrielle de la France. Bien que des recherches aient été faites en baie de Seine, notamment dans le cadre du programme Baie de Seine du GDR Manche (Cabioch, 1986) ou sur le débouché en mer de la Seine et l'estuaire proprement dit dans le cadre du Schéma d'Aptitude à l'Utilisation de la Mer (SAUM, 1980), il n'a jamais été entrepris de grands programmes d'étude intégrée de l'estuaire de la Seine. Toutefois les données sur le suivi des paramètres physico-chimiques (polluants, oxygène) effectués par l'agence de bassin Seine-Normandie dans le

but de suivre le développement des pollutions dans cet estuaire, ou des recherches sur le bouchon de turbidité (Avoine, 1981) sont abondantes. En revanche, mis à part un travail sur la faune méso- et macrozooplanctonique au débouché en mer de la Seine par Wang *et al.* (1994) les données sur les maillons biologiques sont inexistantes. Ce constat contraste avec le niveau de connaissance atteint sur le compartiment vivant des autres grands estuaires nord-européens ; en effet, plusieurs études ont été entreprises au cours de ces dernières décennies sur la Gironde (Castel, 1981 ; Sorbe, 1981), la Loire (Marchand, 1981), l'Ems ou l'Escaut (Baretta & Malschaert, 1988 ; Mees, 1994 ; Mees *et al.*, 1995 ; Soetaert & Rijswijk, 1993), permettant ainsi d'avoir un bon niveau de

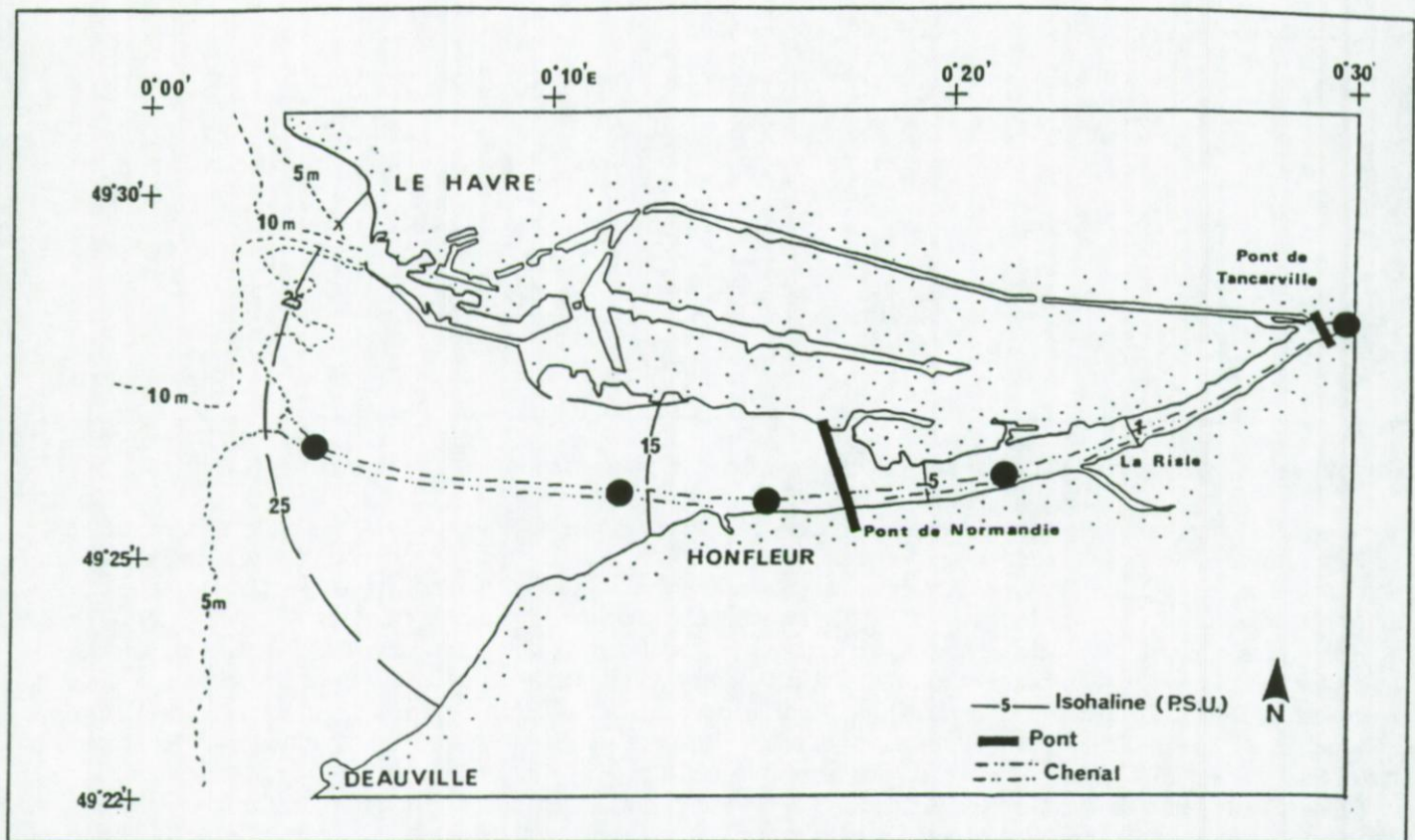


Figure 1 : Estuaire de la Seine montrant la position des isohalines (situation de flot) et les stations d'échantillonnage (●) en période printanière.
 Figure 1: Estuary of the Seine showing the position of the isohalines (flood tide) and the sampling stations (●) during the spring cruise.

connaissance sur le fonctionnement de ces écosystèmes estuariens.

Des premières campagnes d'échantillonnage du plancton dans l'estuaire de la Seine, entreprises dans le cadre du programme Seine-Aval (coordonné par la Mission Environnement du Conseil Régional de Haute Normandie et dont le but principal est l'étude de la qualité des eaux et de l'état de santé de l'écosystème estuarien), ont eu pour but d'une part de faire un inventaire des espèces planctoniques de l'estuaire et d'autre part de décrire la structure spatiale du zooplancton estuarien. L'objectif de cette note est de fournir les premiers résultats acquis à partir de prélèvements saisonniers dans l'estuaire de la Seine.

Matériel et méthodes

Depuis le lancement du programme Seine Aval, quatre campagnes d'échantillonnages planctoniques et suprabenthiques ont été menées (Campagne 1, novembre 1993, situation automnale ; Campagne 2, mai 1994, situation printanière, Campagne 3, février 1995, situation hivernale et Campagne 4, septembre 1995, situation estivale).

Échantillonnage

Lors de chaque campagne une radiale a été effectuée de l'aval vers l'amont afin d'étudier la composition des populations estuariennes le long du gradient de salinité ; la remontée de l'estuaire a été faite avec le flot c'est à dire en période de déplacement des isohalines vers l'amont (figure 1).

Le mésozooplancton a été récolté à l'aide d'un filet WP2 (maille de 200 μ m) traîné pendant 2 mn contre le courant (un trait en sub-surface et un trait oblique échantillonnant toute la colonne d'eau). Un volucompteur de type TSK

fixé au centre du filet permet de mesurer le volume d'eau filtré durant chaque pêche.

Le suprabenthos a été échantillonné à l'aide du traîneau suprabenthique Macer-GIROQ modifié (Dauvin & Lorgère, 1989 ; Dauvin *et al.*, 1995) équipé de quatre filets WP2 superposés (maille de 500 μ m). Chaque trait de traîneau est réalisé contre le courant durant 5 mn. Un volucompteur de type TSK permet d'estimer le volume d'eau filtré par chacun des quatre filets.

Paramètres physiques

La salinité en P.S.U. (Practical Salinity Unit) et la température (en °C) ont été mesurées à chaque station avec une sonde C.T.D. de type Sea Bird 25. La température de sub-surface a été enregistrée en continu à partir de la sonde du bateau.

Tri des échantillons

- Mésozooplancton

Au laboratoire, les prélèvements de mésozooplancton sont lavés sur un tamis de maille de 200 μ m et sous-échantillonnés à l'aide d'une boîte de Motoda (de 1/4 à 1/64^{ème}) pour les échantillons les plus riches. Les échantillons suprabenthiques sont lavés sur une colonne de quatre tamis de 5 mm, 2 mm, 1 mm et 0,5 mm en fonction de l'abondance des détrit. Les échantillons retenus sur les différents tamis sont triés sous une binoculaire en utilisant une cuve Dollfus puis conservés dans l'alcool à 70 %.

Que ce soit pour le suprabenthos ou le mésozooplancton, les individus sont déterminés, dans la mesure du possible, jusqu'au niveau spécifique puis comptés ; les densités sont exprimées en ind.m⁻³ pour le mésozooplancton ; en ind.100 m⁻³ pour le suprabenthos (moyenne des valeurs

observées pour les quatre niveaux échantillonnés par le traîneau).

Cinquante et un taxa ont été récoltés au cours des quatre campagnes d'échantillonnages (Tableau II). La richesse en espèces est plus élevée en février du fait de la présence d'espèces d'eau douce amenées dans l'estuaire par les fortes crues à cette époque (débit $> 2000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$; débit moyen annuel de la Seine : $380 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) (Tableau I).

Tableau I : Nombre de prélèvements planctoniques effectués en 1993-1995 le long du gradient de salinité dans l'estuaire de la Seine.

Table I: Number of planktonic samples made in 1993-1995 along the salinity gradient in the Seine estuary.

	Campagne 1 novembre 1993	Campagne 2 mai 1994	Campagne 3 février 1995	Campagne 4 septembre 1995
Suprabenthos		6	4	5
Mésoplankton	14	12	22	10
Paramètres physiques				
Température (°C)	10,1	16,6	9,0	18,6
Débit ($\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$)	600	600	2000	150

Tableau II : Densité des espèces mésozooplanktoniques récoltées dans l'estuaire de la Seine en 1993-1995. pas de * absent ; * rare (0-20 ind. m^{-3}) ; ** peu abondant (20-100 ind. m^{-3}) ; *** abondant (100-1000 ind. m^{-3}) ; **** très abondant ($>1000 \text{ ind. m}^{-3}$). C1 : campagne 1, automne ; C3 : campagne 3, hiver ; C2 : campagne 2, printemps ; C4 : campagne 4, été.

Table II: Density of mesozooplanktonic species collected in the Seine estuary in 1993-1995. no * absent ; * rare (0-20 ind. m^{-3}) ; ** few abundant (20-100 ind. m^{-3}) ; *** abundant (100-1000 ind. m^{-3}) ; **** very abundant ($>1000 \text{ ind. m}^{-3}$). C1: first campaign, Autumn ; C3: third campaign, Winter ; C2: second campaign, Spring ; C4: fourth campaign, Summer.

Espèces	C1	C3	C2	C4
Cténaires				
<i>Pleurobrachia pileus</i> (O.F. Müller, 1776)	*	*	**	
Cladocères				
<i>Acroperus elongatus</i> (Sars, 1862)	*			
<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1835)		*		
<i>Alona quadrangularis</i> (O.F. Müller, 1785)		*		
<i>Alonella exigua</i> (Lilljeborg, 1853)	**		*	
<i>Alona rectangula</i> (Sars, 1862)		*		
<i>Biapertura affinis</i> (Leydig, 1860)	**	*	*	*
<i>Bosmina coregoni</i> (Baird, 1857)	***	***	*	***
<i>Bosmina longirostris</i> (O.F. Müller, 1785)	***	***	***	****
<i>Ceriodaphnia</i> sp.	*	*	*	*
<i>Chydorus</i> sp.	*	*	*	*
<i>Daphnia ambigua</i> (Scourfield, 1946)		*		
<i>Daphnia cucullata</i> (Sars, 1862)	*			*
<i>Daphnia hyalina</i> (Leydig, 1860)	***	***	**	***
<i>Daphnia magna</i> (Straus, 1820)	*			
<i>Disparalona rostrata</i> (Koch, 1841)		*		
<i>Eurycerus lamellatus</i> (O.F. Müller, 1785)		*		
<i>Evadne nordmanni</i> (Loven)	*	*	***	
<i>Iliocryptus sordidus</i> (Lévin, 1848)	**	*	*	*
<i>Leydigia acanthocercoides</i> (Fisher, 1854)	**	*	*	*
<i>Leydigia quadrangularis</i> (Leydig, 1860)		*		*
<i>Macrothrix hirsuticornis</i> (Norman & Brady, 1867)		*		
<i>Macrothrix laticornis</i> (Jurine, 1820)	*	*		
<i>Pleuroxus aduncus</i> (Jurine, 1820)		*		
<i>Pleuroxus uncinatus</i> (Baird, 1850)	*	*	*	
<i>Pleuroxus</i> sp.		*		
<i>Podon</i> sp.		*	*	*
<i>Scapholeberis mucronata</i> (O.F. Müller, 1785)				*
<i>Simocephalus exspinosus</i> (Koch, 1841)	*	*	*	
Copépodes				
<i>Acartocyclops robustus</i> (Sars, 1862)	*	***	*	***
<i>Acartia</i> sp.	***	***	***	****
<i>Acartia discaudata</i> (Giesbrecht, 1881)	*	***	**	****
<i>Calanus helgolandicus</i> (Claus, 1863)	*		*	*
<i>Centropages hamatus</i> (Lilljeborg, 1853)		*	*	**
Autres Centropagidés		***		*
<i>Corycaeus anglicus</i> (Lubbock, 1855)	*	*		*
<i>Dactylopodella</i> sp.		*		
<i>Eurytemora affinis</i> (Poppe, 1880)	****	****	****	****
<i>Eurytemora velox</i> (Lilljeborg, 1853)			*	
<i>Euterpina acutifrons</i> (Dana, 1852)	***	*	*	***
<i>Harpacticoides</i>		*		*
<i>Lernaeocera branchialis</i> (L., 1758)				*
<i>Metis</i> sp.		*		
<i>Microsetella norvegica</i> (Boeck, 1864)		*		
<i>Paracalanus parvus</i> (Claus, 1863)	*	**	**	**
<i>Parapontella brevicornis</i> (Lubbock, 1857)			*	*
<i>Pseudocalanus elongatus</i> (Boeck, 1872)	**	**	**	**
<i>Temora longicornis</i> (O.F. Müller, 1792)	*	**	***	**
stade nauplien	*	*	*	
Ostracodes	*	*	***	*
Acarlens		*		
Collembolés				
<i>Isotona maritima</i> (Tullberg)		*		*
Nombre total de taxons	29	42	28	28

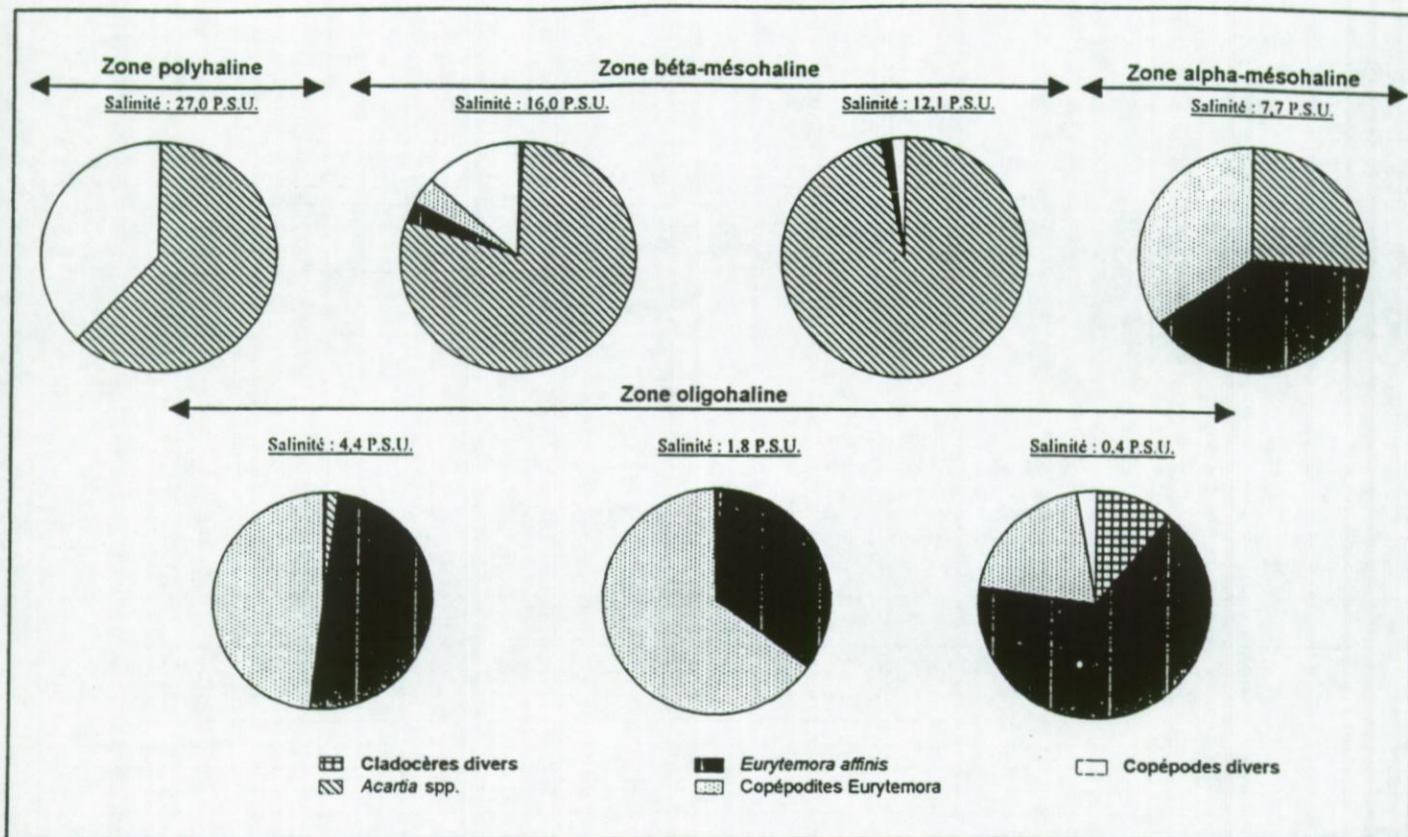


Figure 2 : Structure (% d'abondance) de la communauté mésozooplanctonique le long du gradient de salinité dans l'estuaire de la Seine (septembre 1995). Souligné : Salinité sub-surface.

Figure 2: Structure (% of abundance) of mesozooplanktonic community along the salinity gradient in the Seine estuary (September 1995). Underlined : Sub-surface salinity.

Résultats

- Mésozooplancton

Composition faunistique

Bien que la richesse spécifique soit relativement élevée pour cet estuaire en chaque saison, seulement sept taxa caractérisent le mésozooplancton de l'estuaire de Seine par leur fortes abondances : les copépodes *Acartia* spp., *Pseudocalanus elongatus*, *Temora longicornis* et *Eurytemora affinis*, les cladocères du genre *Bosmina* et *Daphnia* et le cténaire *Pleurobrachia pileus*. Cette dernière espèce n'est présente en forte abondance qu'au printemps (Wang *et al.*, 1995).

Structure spatiale et variations saisonnières

L'analyse des prélèvements lors des radiales Baie-Fleuve révèle une structure spatiale bien définie avec trois principales zones (figure 2) :

1 - Zone polyhaline ($S > 18$ P.S.U. en sub-surface) caractérisée par la présence d'espèces marines comme les copépodes *Temora longicornis* et *Pseudocalanus elongatus*, les cladocères *Evadne nordmanni* et *Podon* sp. et le cténaire prédateur *Pleurobrachia pileus* très abondant dans cette zone au printemps jusqu'à 29 ind. m^{-3} (Wang *et al.*, 1995).

2 - Zone mésohaline ($5 > S > 18$ P.S.U. en sub-surface) divisée en deux sous zones : zone β -mésohaline ($18 > S > 10$ P.S.U.) dominée par le copépode *Acartia* spp. (figure 2) ; zone α -mésohaline ($10 > S > 5$ P.S.U.) caractérisée par une dominance partagée entre les copépodes *Acartia* spp. et *Eurytemora affinis*.

3 - Zone oligohaline ($0 > S > 5$ P.S.U. en sub-surface) surtout caractérisée par le copépode *Eurytemora affinis*. Dans cette zone sont rencontrées également des espèces limniques euryhalines comme les cladocères *Bosmina* spp. et *Daphnia* spp dont la distribution se situe entre les isohalines 5 et 0 P.S.U.

Deux principaux résultats peuvent être mis en évidence en comparant les évolutions saisonnières observées :

1. Stabilité temporelle de la structure spatiale : les espèces suivent les déplacements des isohalines au cours des saisons. Quelle que soit la saison, les densités sont toujours plus élevées dans la zone oligohaline que dans la zone mésohaline (Tableau III).
2. Très grande variation de l'abondance des principales espèces. Elle est exceptionnellement forte en mai, époque printanière marquée par l'augmentation de la production primaire et période de reproduction de beaucoup d'espèces ($\approx 200\,000$ ind. m^{-3} , dans la zone oligohaline au voisinage de l'isohaline 0,5 P.S.U.), la densité maximale modérée en fin d'été et en automne ($\approx 15\,000$ ind. m^{-3} dans la zone oligohaline au voisinage de l'isohaline 2 P.S.U.) et en hiver ($\approx 20\,000$ ind. m^{-3} dans la zone oligohaline au voisinage de l'isohaline 5 P.S.U.).

- Suprabenthos

Composition faunistique

Quatre vingt neuf taxa ont été identifiés dans l'ensemble des prélèvements (Tableau IV). La richesse spécifique varie entre un minimum de 33 en février et un maximum de 55 au printemps en raison de la collecte de nombreuses larves de poissons et de crustacés ; on note lors de la campagne de novembre une richesse spécifique peu élevée (12 espèces) a été notée, cependant cette richesse n'est pas

comparable avec les autres campagnes car les prélèvements ont été faits uniquement dans la partie amont la plus paucispécifique

Six espèces majeures caractérisent le suprabenthos de l'estuaire de la Seine : les gobiidés *Pomatoschistus microps* et *P. minutus*, les mysidacés *Neomysis integer* et *Mesopodopsis slabberi* et les décapodes natantia *Palaemon longirostris* et *Crangon crangon*.

Tableau III : Variations temporelles des abondances maximales (ind.m⁻³) des principales espèces mésozooplanctoniques dans deux zones de salinités différentes. S : salinité sub-surface. C1 : campagne 1, automne ; C3 : campagne3, hiver ; C2 : campagne 2, printemps ; C4 : campagne 4, été.
Table III: Temporal changes of maximum abundances (ind.m⁻³) of principal mesozooplanktonic species in two different salinity zones. S: sub-surface salinity. C1: first campaign, Autumn ; C3: third campaign, Winter ; C2: second campaign, Spring ; C4: fourth campaign, Summer.

	C1	C3	C2	C4
S>S>18 P.S.U.				
<i>Acartia</i> spp.	330	320	980	6200
<i>Eurytemora affinis</i>	100	140	130	850
<i>Bosmina</i> spp.	0	0	0	300
Densité totale	430	460	1110	7350
0>S>5 P.S.U.				
<i>Acartia</i> spp.	10	20	1	6900
<i>Eurytemora affinis</i>	16000	26500	220000	13700
<i>Bosmina</i> spp.	640	770	900	2000
Densité totale	16650	27290	220901	22600

Tableau IV : Densité des espèces suprabenthiques récoltées dans l'estuaire de la Seine depuis 1993. Pas de * absent ; * rare (< 5 ind.100 m⁻³) ; ** peu abondant (5-20 ind.100 m⁻³) ; *** abondant (20-100 ind.100 m⁻³) ; **** très abondant (>100 ind.100 m⁻³). C1 : campagne 1, automne ; C3 : campagne3, hiver ; C2 : campagne 2, printemps ; C4 : campagne 4, été.

Table IV: Density of suprabenthic species collected in the Seine estuary since 1993. no * absent ; * rare (< 5 ind.100 m⁻³) ; ** few abundant (5-20 ind.100 m⁻³) ; *** abundant (20-100 ind.100 m⁻³) ; **** very abundant (>100 ind.100 m⁻³). C1 : first campaign, Autumn ; C3 : third campaign, Winter ; C2: second campaign, Spring ; C4: fourth campaign, Summer.

Espèces	C1	C3	C2	C4
Cnidaires				
Méduses		*		
Amphipodes				
<i>Aora typica</i> (Kröyer, 1845)			*	*
<i>Ampelisca tenuicornis</i> (Liljeborg, 1855)			*	*
<i>Ampelisca typica</i> (Bate, 1856)			*	
<i>Apherusa bispinosa</i> (Bate, 1856)		*		
<i>Apherusa clevei</i> (Sars, 1904)				*
<i>Apherusa ovalipes</i> (Norman & Scott, 1906)			*	*
<i>Atylus falcatus</i> (Metzger, 1871)			*	*
<i>Atylus guttatus</i> (Costa, 1851)				*
<i>Bathyporeia elegans</i> (Watkins, 1938)		*		
<i>Bathyporeia pilosa</i> (Lindström, 1855)			*	
<i>Corophium volutator</i> (Pallas, 1766)	*	*		*
<i>Gammarus</i> spp.		*		*
<i>Gammarus crinicornis</i> (Stock, 1966)				*
<i>Gammarus duebeni</i> (Liljeborg, 1852)		*		*
<i>Gammarus zaddachi</i> (Sexton, 1912)		*	*	*
<i>Leptocheirus pilosus</i> (Zaddach, 1844)				*
<i>Orchomenella nana</i> (Kröyer, 1846)			*	
<i>Pariambus typicus</i> (Kröyer, 1844)		*		
<i>Phitisica marina</i> (Slabber, 1769)		*		*
Isopodes				
<i>Janira maculosa</i> (Sars, 1899)		*		
<i>Sphaeroma serratum</i> (LeJuez, 1966)	*			*
Mysidacés				
<i>Anchialina agilis</i> (Sars, 1877)			*	*
<i>Gastrosaccus spinifer</i> (Goës, 1864)		*	**	*
<i>Mesopodopsis slabberi</i> (Van Beneden, 1861)	*		****	****
<i>Neomysis integer</i> (Leach, 1814)	****	****	****	****
<i>Schistomysis kervillei</i> (Sars, 1885)			**	
<i>Schistomysis ornata</i> (Sars, 1864)			*	
<i>Schistomysis spiritus</i> (Norman, 1860)		**	***	
<i>Siriella clausii</i> (Sars, 1846)			*	
Décapodes				
<i>Carcinus maenas</i> (L., 1758)				*
<i>Crangon crangon</i> (L., 1758)	**	****	****	****
<i>Liocarcinus depurator</i> (L., 1758)				*
<i>Liocarcinus pusillus</i> (Leach, 1815)			*	
<i>Macropodia linearesi</i> (Forest & Zariquely)				*
<i>Palaemon longirostris</i> (Milne Edwards, 1837)	****	***	****	****
<i>Pandalus montagui</i> (Leach, 1814)			*	
<i>Pinnotheres pisum</i> (L., 1767)			*	
<i>Furcilia d'Euphausiacés</i>			*	

Larves d'Hippolytidés			****	
Larves de Palaemonidés			*	
Larves de <i>Pandalus</i>			*	
Mégaloques de brachyours			****	***
Mégaloques de Majidés			*	
Mégaloques de Parguridés			**	*
Mégaloques <i>Pisidia</i>			*	
Métazoés <i>Porcellana</i>			*	
Postlarves de <i>Palaemon</i>				*
Zoés de brachyours			****	**
Zoés d'Hippolytidés				*
Zoés de <i>Pagurus</i>			**	
Zoés de <i>Pandalina</i>			*	
Cumacés				
<i>Bodotria scorioides</i> (Montagu, 1804)			*	
<i>Diastylis laevis</i> (Norman, 1869)		*	**	
<i>Diastylis rugosa</i> (Sars, 1865)				*
<i>Pseudocuma longicornis</i> (Bate, 1858)			*	
Oligochètes		*		
Polychètes (épitoques)				
<i>Polydora</i> spp.		*		
Syllidae (épitoques)		*		
Appendiculaires				
<i>Oikopleura dioica</i> (Fol, 1872)	***	*		
Chaetognathes				
<i>Sagitta elegans</i> (Verrill, 1873)	***	****	*	****
<i>Sagitta setosa</i> (Müller, 1847)				*
Poissons				
<i>Anguilla anguilla</i> (L., 1758)		*		*
<i>Ciliata mustela</i> (L., 1758)		*		*
<i>Clupea harengus</i> (L., 1758)		*		***
<i>Dicentrarchus labrax</i> (L., 1758)	*	*		**
<i>Gasterosteus aculeatus</i> (L., 1758)		*	*	
<i>Gobius niger</i> (L., 1758)			*	
<i>Lampetra fluviatilis</i> (L., 1758)			*	
<i>Merlangius merlangus</i> (L., 1758)				*
<i>Platichthys flesus</i> (L., 1758)		*	**	*
<i>Pomatoschistus microps</i> (Krøyer, 1838)	****	****	****	****
<i>Pomatoschistus minutus</i> (Pallas, 1770)	***	***	***	****
<i>Solea vulgaris</i> (Quensel, 1806)			*	*
<i>Sprattus sprattus</i> (L., 1758)	*	***	*	**
<i>Syngnathus acus</i> (L., 1758)		*	**	*
Larve de Callionymidés			*	
Larves de <i>Callionymus lyra</i> (L., 1758)			*	
Larve <i>Callionymus reticulatus</i> (Valenciennes, 1834)			*	
Larves de Bothidés			*	
Larves de Clupéidés			****	**
Larves de Gadidés			***	
Larves de Goblidés				***
Larves de Pleuronectidés			***	
Larves de Soléidés			***	
Poissons divers				*
Céphalopodes				
<i>Loligo vulgaris</i> (Lamarck)				*
Larves d'insectes		*	**	
Larves de chironomidés		*		
Nombre total de taxons	12	33	55	46

Structure spatiale

Trois zones principales peuvent être identifiées (figure 3) :

1-Zone polyhaline ($S > 18$ P.S.U. en sub-surface) dominée essentiellement par le chaetognathe *Sagitta elegans*, le cumacé *Diastylis laevis* et les mysidacés *Schistomysis* spp. (notamment *S. spiritus*) et *Gastrosacus spinifer*.

2-Zone mésohaline ($5 > S > 18$ P.S.U. en sub-surface) divisée en deux sous zones : zone β -mésohaline ($18 > S > 10$ P.S.U.) dominée par les mysidacés *Mesopodopsis*

slabberi et *Schistomysis spiritus* ; zone α -mésohaline ($10 > S > 5$ P.S.U.) caractérisée par la présence du décapode *Crangon crangon*.

3-Zone oligohaline ($0 > S > 5$ P.S.U. en sub-surface) la plus riche, caractérisée par le gobiidé *Pomatoschistus microps* qui présente un maximum d'abondance dans la zone délimitée par les salinités de 5 P.S.U. en aval et 0,5 P.S.U. en amont, par le mysidacé *Neomysis integer* avec un maximum d'abondance localisé à proximité de l'isohaline 5 P.S.U. et par le décapode *Palaemon longirostris* (figure 3).

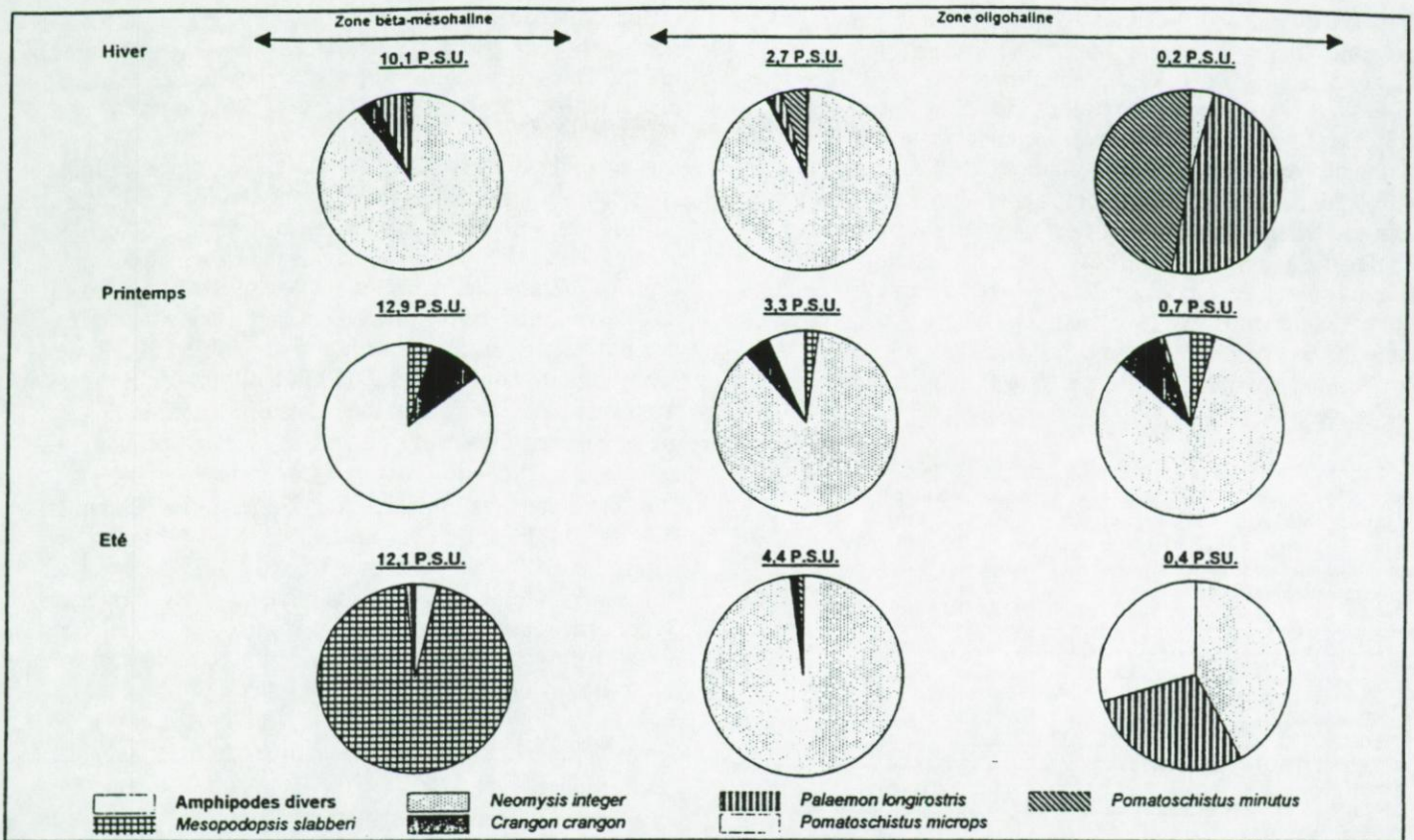


Figure 3 : Variations saisonnières du pourcentage d'abondance des principales espèces suprabenthiques le long du gradient de salinité (18-0 P.S.U.). Souligné : salinité sub-surface.

Figure 3: Seasonal changes of the occurrence of the main suprabenthic species along the salinity gradient (18-0 P.S.U.). Underlined : sub-surface salinity.

Deux points majeurs ressortent de ces premières observations :

1. Grande variabilité de la structure spatiale au cours des saisons en relation avec la migration d'espèces dans l'estuaire (*Crangon crangon* et *Mesopodopsis slabberi*) (figure 3).
2. Densités totales maximales toujours enregistrées dans la zone oligohaline (Tableau V). Cependant les densités totales varient selon la saison : inférieures à 1000 ind. 100 m⁻³ en février, elles dépassent 230.000 ind. 100 m⁻³ en septembre.

Discussion

Composition faunistique

Ce travail fournit les premières données sur la composition qualitative et quantitative du mésozooplancton et du suprabenthos de l'estuaire de la Seine. La composition faunistique de ces deux maillons de l'écosystème pélagique sont typiques de celles rencontrées dans d'autres estuaires européens (Castel, 1981 ; Bakker, 1994 ; Bamber & Henderson, 1994) ; la composition du suprabenthos de la Seine est semblable à celle rencontrée dans les grands estuaires européens comme la Loire (Lardeux, 1986) et la Gironde (Sorbe, 1981 ; Mees, 1994). La dominance des copépodes des genres *Eurytemora* ou *Temora*, des mysidacés et des crustacés décapodes est d'ailleurs une caractéristique observée dans tous les estuaires tempérés et boréaux.

Structure spatiale

La structure spatiale du mésozooplancton reste relativement constante au cours des saisons : les espèces planctoniques suivent les déplacements des différentes

masses d'eau sous l'influence des paramètres environnementaux (variation du débit du fleuve, cycles tidaux). Dans l'estuaire de la Seine, le gradient de salinité semble être le principal facteur contrôlant la répartition spatiale du mésozooplancton (concentration maximale des espèces dans la zone oligohaline) alors, que dans l'estuaire de la Gironde, le facteur déterminant est la concentration maximale en M.E.S. (bouchon vaseux) qui limite la répartition de l'espèce *Eurytemora affinis* vers l'aval (Castel & Feurtet, 1989). Des études supplémentaires devraient permettre de mettre en évidence le rôle éventuel de l'oxygène dissous sur la répartition du mésozooplancton.

La répartition du suprabenthos dans l'estuaire de la Seine varie en fonction des rythmes biologiques des espèces qui sont moins dépendantes que le mésozooplancton des mouvements des masses d'eau. Ainsi au printemps, la distribution de *Pomatoschistus microps* s'étend depuis la zone marine de la baie de Seine jusqu'aux eaux de 1 P.S.U. (Tableau V) alors qu'en hiver, sa distribution se limite à la zone oligohaline de l'estuaire. Dans l'estuaire de la Gironde, les populations estivales de *Pomatoschistus microps* occupent les eaux de 1 P.S.U. à 18 P.S.U. avec un maximum d'abondance à 4 P.S.U. alors que dans l'estuaire de l'Escaut, cette espèce n'est présente en été que dans la zone de salinité > 10 P.S.U. (Mees, 1994). *Mesopodopsis slabberi* présente une tolérance plus grande aux salinités élevées (présente jusqu'à 24 P.S.U.) alors que *Neomysis integer* ne se retrouve que rarement et en faible nombre (< 400 ind.100 m⁻³) dans des eaux dont la salinité est supérieure à 10 P.S.U. Ce type de distribution des mysidacés est conforme à celle observée dans les autres estuaires européens (Sorbe, 1981 ; Lardeux, 1986 ; Baretta *et al.*, 1988, Mees *et al.*, 1993, 1995). Cependant

Neomysis integer, comme *Pomatoschistus microps*, présente dans l'estuaire de l'Escaut un maximum d'abondance dans les eaux mésohalines de 19 à 10 P.S.U. (Mees et al., 1995). Les adultes de *Crangon crangon* colonisent des zones plus salées que leurs juvéniles qui abondent dans la zone oligohaline avec une salinité inférieure à 5 P.S.U. au printemps et en été ; ces juvéniles sont totalement absents dans l'estuaire en novembre et en février. Le même schéma d'évolution spatio-temporelle a été mis en évidence pour ce décapode dans l'estuaire de la Loire (Marchand, 1981). *Palaemon longirostris* occupe toujours la zone la moins salée de l'estuaire ; sa répartition spatiale est cependant plus étendue au printemps qu'en hiver.

Tableau V : Variations temporelles de la densité (ind.100 m⁻³) des principales espèces suprabenthiques dans deux zones de salinités différentes. (-) : pas de données. S : salinité sub-surface.

Table V: Temporal changes of the density (ind.100 m⁻³) of the main suprabenthic species in two different salinities zones. (-) : no data. S : sub-surface salinity.

	Automne	Hiver	Printemps	Été
18>S>5 P.S.U.	-			
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	-	0	50	34300
<i>Neomysis integer</i>	-	410	0	260
<i>Crangon crangon</i>	-	20	100	115
<i>Palaemon longirostris</i>	-	25	1	0
<i>Pomatoschistus microps</i>	-	0	860	60
<i>Pomatoschistus minutus</i>	-	5	0	140
Densité totale	-	460	1011	38875
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	0	0	6000	20100
<i>Neomysis integer</i>	940	700	67000	220000
<i>Crangon crangon</i>	15	1	3000	1200
<i>Palaemon longirostris</i>	1000	1150	400	1300
<i>Pomatoschistus microps</i>	700	300	3900	8600
<i>Pomatoschistus minutus</i>	15	10	5	2400
Densité totale	2670	2161	80305	253600

En résumé, les espèces dominantes du suprabenthos sont concentrées dans la partie amont de l'estuaire (< 10 P.S.U.) (tableau V) ; leur répartition est cependant plus vaste au printemps qu'en hiver. Certaines espèces comme le décapode *Crangon crangon* ou le mysidacé *Mesopodopsis slabberi* entrent dans l'estuaire au printemps pour s'y reproduire et y rencontrer des conditions favorables au recrutement et à la croissance des juvéniles, puis repartent en milieu marin en fin d'été.

Variations des densités

Les variations temporelles de densité du mésozooplancton sont fortement influencées par la dominance du copépode *Eurytemora affinis* qui peut représenter jusqu'à 95 % de la densité totale du mésozooplancton quelle que soit la saison ; en outre, le maximum de densité totale du mésozooplancton est toujours observé dans la zone oligohaline de l'estuaire (tableau III). Ainsi, les densités d'*Eurytemora affinis* observées en mai dans l'estuaire de la Seine sont 10 fois plus élevées que celles mesurées dans la Gironde (Castel & Feurtet, 1989 ; Castel & Veiga, 1990 ; Castel, 1995), dans l'Escaut ou dans l'Ems (Sautour & Castel, 1995). En revanche, les densités printanières des copépodes du genre *Acartia* sont du

même ordre de grandeur dans les trois grands estuaires nord-européens (Escaut, Seine et Gironde) (< 1000 ind. m⁻³), l'Ems se caractérisant par des abondances beaucoup plus fortes de l'ordre de 18 000 ind.m⁻³ (Sautour & Castel, 1995).

En ce qui concerne la communauté suprabenthique (Tableau V), les densités totales sont élevées dès le début du printemps et le maximum est enregistré en fin d'été avec plus de 230000 ind.100 m⁻³ dans la zone oligohaline. Dans cette zone, les densités totales sont très largement influencées par celles de *Neomysis integer* avec des densités variant entre un minimum de 700 ind.100 m⁻³ en hiver et un maximum de 220000 ind.100 m⁻³ en fin d'été. Au niveau des quatre grands estuaires nord-européens précédemment cités, les densités maximales printanières du mysidacé *Neomysis integer* (rapportées en m⁻²) sont plus fortes dans les estuaires de la Seine et de l'Escaut (≅ 200 ind. m⁻²) alors qu'elles ne dépassent pas 30 ind.m⁻² en Gironde et dans l'Ems (Mees et al., 1995). Pour les autres principales espèces suprabenthiques, le schéma d'abondance est le suivant : *Pomatoschistus microps* présente un gradient d'abondance décroissant du sud vers le nord avec des abondances maximales printanières les plus fortes en Gironde (≅ 7000 ind. 1000 m⁻²), les densités relevées dans l'estuaire de Seine étant intermédiaires (≅ 4000 ind. 1000m⁻²) ; pour les décapodes, *Palaemon longirostris* présente une valeur maximale des densités printanières dans l'estuaire de la Seine de l'ordre de 6000 ind.1000 m⁻² tandis que dans les trois autres estuaires cette valeur n'excède pas 500 ind.1000 m⁻². En revanche, la densité de *Crangon crangon* dans l'estuaire de la Seine est du même ordre de grandeur que celles enregistrées dans l'Escaut et l'Ems (≅ 1000 ind. 1000 m⁻²) ; dans la Gironde la valeur printanière est extrêmement faible (< 50 ind. 1000 m⁻²) (Mees et al., 1995).

En résumé, ces premiers résultats montrent que :

- la zone oligohaline (0 < S < 5 P.S.U.) est la zone de maximum de densité aussi bien pour le mésozooplancton que pour le suprabenthos quelle que soit la saison ;
- la structure spatiale de la communauté mésozooplanctonique présente une plus grande stabilité saisonnière que celle de la communauté suprabenthique ;
- l'estuaire de la Seine est caractérisé par une très forte abondance du copépode *Eurytemora affinis* et du décapode natantia *Palaemon longirostris*.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AVOINE, J., 1981. L'estuaire de la Seine : sédiments et dynamique sédimentaire. Thèse 3ème cycle, Univ. Caen, 236 pp.
- BAKKER, C., 1994. Zooplankton species composition in the Oosterschelde (SW Netherlands) before, during and after construction of a storm-surge barrier. *Hydrobiologia*, 282/283 : 117-126.
- BAMBER, R.N. & HENDERSON, P.A., 1994. Seasonality of caridean decapod and mysid distribution and movements within the Severn Estuary and Bristol estuary. *Biol. J. Linn. Soc.*, 51 : 83-91.
- BARETTA, J.W. & MALSCHAERT, J.F.P., 1988. Distribution and abundance of zooplankton of the Ems estuary (North sea). *Neth. J. Sea. Res.*, 22 : 69-81.
- CABIOCH, L. (ed), 1986. La baie de Seine. *Actes Colloq. IFREMER*, 4 : 1-531.
- CASTEL, J., 1981. Aspects de l'étude écologique du plancton de l'estuaire de la Gironde. *Océanis*, 6 : 535-577.
- CASTEL, J., 1995. Long-term changes in the population of *Eurytemora affinis* (Copepoda, Calanoida) in the Gironde estuary (1978-1992). *Hydrobiologia*, 311 : 85-101.

- CASTEL, J. & FEURTET, A., 1989. Dynamics of the copepod *Eurytemora affinis hirundoides* in the Gironde estuary. *Scient. Mar.*, 53 : 577-584.
- CASTEL, J. & VEIGA, J., 1990. Distribution and retention of the copepod *Eurytemora affinis hirundoides* in a turbid estuary. *Mar. Biol.*, 107 : 119-128.
- DAUVIN, J.C. & LORGERE, J.C., 1989. Modifications du traîneau Macer-Giroq pour l'amélioration de l'échantillonnage quantitatif étagé de la faune suprabenthique. *J. Rech. Océanogr.*, 14 : 65-67.
- DAUVIN, J.C., SORBE, J.C. & LORGERE, J.C., 1995. Benthic Boundary layer Macrofauna from the upper continental slope and the Cap Ferret Canyon. *Oceanologica Acta*, 18 : 113-122.
- LARDEUX, F., 1986. Biologie, écologie et dynamique de population de l'éperlan (*Osmerus eperlanus* L.) (Poisson, Clupéiforme, Osméridé) dans l'estuaire de la Loire. *Thèse Doct. Univ. Nantes*, 587 pp.
- MARCHAND, J., 1981. Observations sur l'écologie de *Crangon crangon* (Linné) et *Palaemon longirostris* H.Milne Edwards (Crustacea, Decapoda, Natantia) - Estuaire interne de la Loire (France). *Vie Milieu*, 31 : 83-92.
- MEES, J., 1994. *The hyperbenthos of shallow coastal waters and estuaries: community structure and biology of the dominant species*. PhD Thesis, Univ. of Gent, Belgium, 212 pp.
- MEES, J., CATRUISSE, A. & HAMERLYNCK, O., 1993. Distribution and abundance of shallow-water hyperbenthic mysids (Crustacea, Mysidacea) and euphausiids (Crustacea, Euphausiacea) in the Voordelta and the Westerschelde, south-west Netherlands. *Cah. Biol. Mar.*, 34 : 165-186.
- MEES, J., FOCKEY, N. & HAMERLYNCK, O., 1995. Comparative study of the suprabenthos of three European estuaries. *Hydrobiologia*, 311 : 153-174.
- S.A.U.M., 1980. Dossier n° 4 : a - eau et sédiments - M.E.B.S. - M.A.B.N., rapport ronéotypé.
- SAUTOUR, B. & CASTEL, J., 1995. A comparison of zooplankton communities in European estuaries. *Hydrobiologia*, 311 : 85-101.
- SOETAERT, K. & RIJSWIJK van, P., 1993. Spatial and temporal patterns of the zooplankton in the Westerschelde estuary. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 97 : 47-59.
- SORBE, J.C., 1981. La macrofaune vagile de l'estuaire de la Gironde. Distribution et migration des espèces. Modes de reproduction. Régimes alimentaires. *Océanis*, 6 : 579-592.
- WANG, Z., DAUVIN, J.C. & THIEBAUT, E., 1994. Preliminary data of the near-bottom meso- and macrozooplanktonic fauna from the eastern Bay of Seine : faunistic composition, vertical distribution and density variation. *Cah. Biol. mar.*, 35 : 157-176.
- WANG, Z., THIEBAUT, E. & DAUVIN, J.C., 1995. Spring abundance and distribution of the ctenophore *Pleurobrachia pileus* in the Seine estuary: advective transport and diel vertical migration. *Mar. Biol.*, 124 : 313-324.

ANNEXE VIII



Biological components from the Seine estuary: first results

Pascal Mouny¹, Jean Claude Dauvin⁴, Christophe Bessineton², Bernard Elkaim³
& Serge Simon²

¹ Muséum National d'Histoire Naturelle, Laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins et Malacologie, URA CNRS 699, 57 rue Cuvier, F-75231 Paris Cedex 05

² Cellule de suivi du littoral Haut-Normand, Quartier des Affaires Maritimes, 4 rue du Colonel Fabien, F-76083 Le Havre Cedex, France

³ Université P. & M. Curie, Laboratoire d'Hydrobiologie, 12 rue Cuvier, F-75005 Paris Cedex 05, France

⁴ Station Marine de Wimereux, Université de Lille 1, CNRS UPRES A ELICO, BP80, 28 Avenue Foch, F-62930 Wimereux, France

Key words: Seine estuary, macrobenthos, mesozooplankton, suprabenthos, ichthyofauna, trophic chains

Abstract

The Seine estuary plays an important role in the dynamics of the eastern English Channel ecosystem. Nevertheless, its biological compartment is poorly known. This constitutes an important handicap to establish the precise state of the health of this major European estuary. The objectives of this study were to identify the life resources of the estuary: macrobenthos, mesozooplankton, suprabenthos, and fish populations and to define the main trophic links in two parts of the estuary (i.e. the polyhaline and oligohaline zones). There is an impoverishment of the biological diversity from the polyhaline zone to the oligohaline zone. The benthic and pelagic fauna of the Seine estuary is similar to other North-Eastern Atlantic estuaries. But the pelagic fauna, especially the copepod *Eurytemora affinis* and the shrimp *Palaemon longirostris* seemed to be more abundant in the Seine estuary than in other estuaries. Two macrobenthic communities occurred in the estuary: a diversified and abundant *Abra alba*-*Pectinaria koreni* community in the outer part of the estuary and a *Macoma balthica* community in the inner part. This latter was especially poor in specific richness, density and biomass, in all areas, except on tidal mud flats. Two trophic chains were identified. In the oligohaline zone corresponding to the maximum turbidity zone (high turbidity, low concentration of oxygen), the trophic chain was exclusively planktonic due to the dredging of the estuary which prevented permanent benthic fauna formation. In this zone, the number of fishes was relatively low in spite of high biomass of mesozooplankton and suprabenthos. In the outer part of the estuary, low turbidity and high concentration of oxygen are more favourable to fish populations which feed especially on benthic fauna.

Introduction

The Seine estuary is the largest macrotidal estuary in the English Channel, with an area of about 150 km² at high tide. Freshwater input into the estuary is mainly from the Seine river with a drainage area of approximately 78 650 km². The discharge varies seasonally from a maximum of 2 000 m³ s⁻¹ in winter to a minimum of 100–200 m³ s⁻¹ in summer. Mean annual discharge ranges from 240 to 625 m³ s⁻¹ with an average of 380 m³ s⁻¹ (Avoine, 1986). It is an im-

portant area for the French economy, because 1/4 of the French population and 1/3 of the industry and agriculture are concentrated along the Seine river.

Several multidisciplinary research programs have occurred in the Bay of Seine (especially during the beginning of the 1980s; Cabioch, 1986). The distribution and dynamics of marine benthic communities in the eastern part of the Bay of Seine were studied (e.g. Gentil et al., 1986; Dauvin & Gillet, 1991; Thiébaud et al., 1997). Data on mesozooplankton and suprabenthos were given later by Wang & Dauvin (1994) and

Wang et al. (1994, 1995) at the mouth of the estuary. The distribution of the ctenophore *Pleurobrachia pileus* was also studied in spring with several sets of spring plankton and suprabenthos samples (Wang et al., 1995).

Nevertheless, knowledge on the composition and distribution of the fauna in the Seine estuary remained very limited, and concerned only the outer part of the estuary during the 'Schéma d'Aptitude à l'Utilisation de la Mer' (at the end of the 1970s, SAUM, 1980). In 1978–1979, quantitative measurement on the distribution of subtidal macrobenthic communities was conducted from the mouth of the estuary to the upstream limit of the salinity intrusion (Proniewski & Elkaim, 1980). The distribution of intertidal macrobenthic communities was also studied by Desprez (1981). In the inner part of the estuary, the distribution of the Maximum Turbidity Zone and environmental parameters, e.g. concentrations of pollutants and dissolved oxygen are well described (Avoine, 1981).

Moreover, the Seine estuary was the main nursery ground of the English Channel (Duval, 1982). Conversely, the data on the fauna from other main estuaries of French coasts and North-Eastern Atlantic was well documented: e.g. Gironde (Castel, 1981; Sorbe, 1981), Loire (Robineau & Marchand, 1984; Marchand, 1981), Schelde (Mees, 1994; Mees et al., 1995; Soetaert & van Rijswijk, 1993), and Ems (Baretta & Malschaert, 1988).

The present study, as a part of the French Seine-Aval program, was initiated in 1995 to examine the life resources and to define the main trophic links within each part of the Seine estuary in order to: (i) to describe the gross taxonomic composition of the main biological compartments, i.e. macrobenthos, mesozooplankton, suprabenthos and ichthyofauna mainly in two seasons spring and autumn, (ii) to describe the main components of the trophic chains in the inner and outer parts of the estuary.

Study site

To assess the distribution of live resources, samples were collected from the mouth of the estuary (East of 0 of longitude) to the upstream limit of the salinity intrusion upstream Pont de Tancarville (see Figure 1).

Sampling strategy and treatment of the samples

Macrobenthos

Three replicates were collected at each station using a Smith McIntyre grab (0.10 m²). 14 were taken on November 1993 to estimate the specific composition, density and biomass of the macrofauna from the subtidal zone of the mouth of the estuary (Fosse Nord: five stations, and Fosse Sud: five stations, three from the outer part and two from the inner part), and in the navigation channel along a transect of four stations from the mouth of the Seine estuary to the inner part of the estuary near the Pont de Tancarville. Three transects (Pont de Normandie, Marais du Hode and Pont de Tancarville) with four to six stations were sampled in the inner part of the estuary in May and October 1995: 14 stations in May (3 intertidal and 11 subtidal), and 12 subtidal stations in October. The samples were taken with a benthic corer with a surface 0.0625 m² (four replicates at each station) at the intertidal stations. A 'Rallier du Baty' dredge was used in the subtidal stations, so that about 30 to 40 l of sediment were preserved for each dredge sample.

After, the sediment was sieved (1 mm mesh), the retained material was sorted twice. The samples were fixed with 10% neutral formalin and identified to specific level. The dry weight (DW) of each species was determined and results were expressed as number of animals or biomass per m².

Mesozooplankton

Mesozooplankton were obtained using a WP2 (200 µm mesh size) plankton net with a TSK flowmeter in the mouth part to measure the volume of filtered water. The plankton net was hauled oblique from bottom to the surface against the tide. To assess the spatial distribution of the mesozooplankton in the estuary, a set of samples was taken during a daytime flood tide along a transect of 5 to 6 stations with a salinity gradient from 25.6 to 0.4 P.S.U. (SAPO32/Pk371 to SAPO37/Pk336 upstream Pont de Tancarville) in May 1994 and 12.1 to 0.4 P.S.U. in September 1995 (SAPO96/Pk365 to SAPO100/Pk336) (see Figure 1, Table 1). Materials collected were fixed with 5% neutral formalin for approximately one week then washed and preserved in 70% alcohol. Planktonic organisms were identified and counted under a dissecting microscope according to Frontier's subsampling method (Frontier, 1972). The ash-fresh dry weight (AFDW) of each species was determined and results were expressed as number of organisms or AFDW biomass m⁻³.

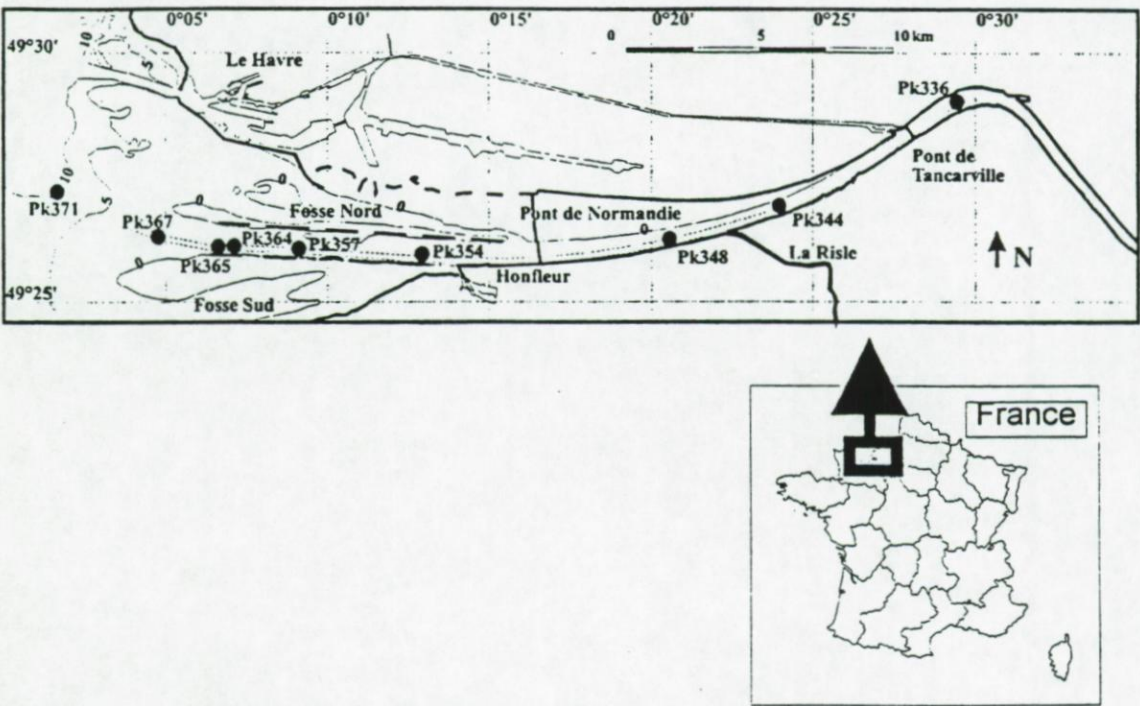


Figure 1. Map of the Seine estuary showing the different sampling stations.

Table 1. Sampling stations for the different areas of the estuary with indication of their environmental characteristic. Nm: number of mesozooplankton sample, Ns: number of suprabenthic sample, Pk: kilometric point (Pk=0 at Paris), Hr: hour of sampling (HT: High tide at the Havre; May 1994: HT = 15:55, September 1995: HT = 15:55).

	Date	Type	Sampling station				Environmental characteristics	
			Nm	Ns	Pk	Hr (UT+2)	Surface salinity	Temperature (C)
Suprabenthos and Mesozooplankton	May 1994	Transect	SAPO32	SAT11	371	11:00	25.5	13.3
			SAPO33	SAT12	364	12:00	20.3	14.2
			SAPO34	SAT13	357	14:00	12.9	15.5
			SAPO35	SAT14	348	15:00	4.3	16.6
			SAPO36	SAT15	344	16:15	0.7	17.6
			SAPO37	SAT16	336	17:15	0.3	17.8
	September 1995	Transect	SAPO96	SAT44	365	10:30	12.1	17.8
			SAPO97	SAT45	362	11:30	7.7	18.0
			SAPO98	SAT46	354	13:00	4.4	18.2
			SAPO99	SAT47	348	14:00	1.8	18.5
			SAPO100	SAT48	336	15:00	0.4	18.6
Ichtyofauna	May 1995	2 areas: Honfleur	-	-	-	HT	14.0	17.2
		Tancarville	-	-	-	HT	0.5	16.4
	September 1995	3 areas: Bouée Amfard	-	-	367	HT	32.5	17.9
		Honfleur	-	-	-	HT	24.0	16.0
		Tancarville	-	-	-	HT	6.0	16.5

Table 2. Densities of benthic species collected in eight areas from the seine estuary.

Zone	Fosse Sud		Fosse Nord	Chenal downstream Honfleur	Chenal upstream Honfleur	Pont de Normandie			Marais du Hode		Pont de Tancarville		
	Outer part	Inner part											
Date	November 93		November 93	November 93	November 93	May 95		October 95	May 95		October 95	May 95	October 95
Number stations	3, subtidal	2, subtidal	5, subtidal	2, subtidal	2, subtidal	1, intertidal	3, subtidal	6, subtidal	2, intertidal	3, subtidal	3, subtidal	6, subtidal	3, subtidal
Species richness	25	13	12	8	4	7	11	14	6	7	9	5	6
N. endobenthic species	23	12	9	4	—	6	5	7	3	2	3	1	2
N. vagile species	2	1	3	4	4	1	6	7	3	5	6	4	4
Endobenthic species													
<i>Abra alba</i>	566	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Cerastoderma edule</i>	—	213	13	8	—	—	—	4	—	—	—	—	—
<i>Eteone longa</i>	11	4	4	5	—	10	10	2	—	—	10	—	3
<i>Hediste diversicolor</i>	—	—	4	—	—	615	9	6	42	2	6	16	12
<i>Macoma balthica</i>	3	5	21	9	—	58	18	7	—	—	—	—	—
<i>Nephtys hombergii</i>	66	17	32	1	—	40	11	13	5	2	2	—	—
<i>Owenia fusiformis</i>	345	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Pectinaria koreni</i>	344	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Other polychaeta	27	8	8	—	—	—	—	8	—	—	—	—	—
Divers	26	7	1	—	—	37	—	—	13	—	—	—	—
Vagile species													
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	3	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—
<i>Carcinus maenas</i>	2	—	1	4	—	—	—	1	2	1	—	2	—
<i>Crangon crangon</i>	—	5	2	22	5	—	28	21	—	9	6	—	29
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	—	—	4	20	7	—	22	24	—	7	6	—	—
<i>Neomysis integer</i>	—	—	—	—	—	—	8	3	—	33	4	28	25
<i>Palaeomon longirostris</i>	—	—	—	—	—	—	17	—	—	22	16	40	3
Amphipoda													
<i>Corophium volutator</i>	—	—	—	—	—	1022	—	—	—	—	—	—	—
Other amphipoda	—	—	—	—	5	—	1	2	3	—	2	2	1
Isopoda	—	—	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—
Divers	—	—	—	2	—	—	11	12	3	—	—	—	—
Total density m ⁻²	1393	270	90	82	21	2252	138	100	68	76	52	88	73
Total Biomass mg m ⁻²	44961	2366	655	3912	441	6120	1661	1928	221	2878	1206	4545	1928
Endobenthic													
Biomass mg m ⁻²	44807	2148	389	211	0	5060	193	43	40	40	46	53	43
Vagile Biomasse mg m⁻²	154	218	266	3701	441	1060	1468	1885	181	2838	1160	4492	1885

Table 3. Densities of mesozooplanktonic species collected along the salinity gradient (oblic samples) in the Seine estuary in May 1994 and September 1994.

Date	May 1994						September 1995				
Samples	SAPO32	SAPO33	SAPO34	SAPO35	SAPO36	SAPO37	SAPO96	SAPO97	SAPO98	SAPO99	SAPO100
Kilometric Point	371	364	357	348	344	336	365	362	354	348	336
Sub-surface Salinity (P.S.U.)	27.6	23.0	17.8	4.2	1.3	0.4	12.1	7.7	4.4	1.8	0.4
Cladocera											
<i>Bosmina</i> spp.	-	-	1	257	218	907	88	-	8	7	2000
<i>Daphnia</i> spp.	-	-	-	16	29	88	-	-	-	-	105
<i>Evadne nordmanni</i>	19	132	174	3	-	-	-	-	-	-	-
Other cladocera	14	3	1	1	21	7	-	7	-	-	158
Copepoda											
<i>Acartia</i> spp.	283	282	6	-	-	-	62941	6897	190	-	-
<i>Eurytemora affinis</i>	-	1	945	47145	157890	1033	853	10414	5337	464	13684
<i>Euterpina acutifrons</i>	5	1	6	-	-	-	853	7	-	-	-
<i>Temora longicornis</i>	56	185	3	-	-	-	-	-	-	-	-
Other copepoda	19	69	3	-	-	-	412	14	24	-	579
Copepodid											
<i>Acartia</i> spp.	274	692	-	-	-	-	1235	62	-	-	-
<i>Eurytemora affinis</i>	-	127	13826	47000	35266	45	-	9172	5159	879	4105
<i>Temora longicornis</i>	27	1104	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Other copepodid	7	162	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cirriped larvae	30	812	260	-	10	48	-	-	-	-	-
Mysidacea											
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	-	4	437	2	-	-	81	-	-	-	-
<i>Neomysis integer</i>	-	-	-	11	-	-	657	757	104	8	21
Other mysidacea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chaetognatha											
<i>Sagitta elegans</i>	-	1	-	-	-	-	35	-	-	-	-
Appendicular											
<i>Oikopleura dioica</i>	65	212	30	-	-	-	-	-	-	-	-
Fish larvae and fishes											
Gobiidae	1	1	3	-	-	-	19	4	8	5	17
Other species	3	1	7	-	-	-	-	-	-	-	-
Decapoda larvae	6	11	7	1	-	-	3	1	1	1	-
Ostracoda	29	113	122	-	-	1	-	7	-	-	-
Amphipoda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Polychaeta larvae	2	15	3	-	-	-	-	-	-	-	-
Ctenophore	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleurobrachia pulex</i>	8	10	3	-	-	-	-	-	-	-	-
Other taxa	6	19	27	-	-	-	-	-	-	-	-
Species richness	27	32	25	14	8	14	14	12	9	7	11
Total density (ind m ⁻³)	854	3957	15864	94436	193434	2129	67177	27342	10831	1364	20669
Total biomass (mg m ⁻³)	5.26	14.97	218.81	536.00	1513.10	11.62	1558.85	1582.24	257.02	21.05	181.52

Suprabenthos

A suprabenthic sledge with a principle similar to the GIROQ version of the MACER sledge was used (Dauvin & Lorgeré, 1989; Dauvin et al., 1995). Four WP2 zooplankton nets (0.5 mm mesh size) were superposed on 0.10–0.40 (net 1), 0.45–0.75 (net 2), 0.80–1.10 (net 3) and 1.15–1.45 m (net 4) above the sea bed. Each net held a TSK flowmeter to measure the volume of water filtered. Mean trawling speed during the 5-min-long hauls was 1.5 knots against the tide. As for the mesozooplanktonic samples, a set of samples was taken along a transect of six stations (SAT11/Pk371 to SAT16/Pk336) in May 1994, and a transect of five stations in September 1995 (SAT44/pk365 to SAT48/pk336) at the same stations for mesozooplanktonic samples (see Figure 1 and Table 3).

Materials collected were fixed with 10% neutral formalin for approximately one week then the materials were washed and preserved in 70% alcohol. Suprabenthic fauna was examined by a dissecting microscope. The ash fresh dry weight (AFDW) of each species was estimated and the mean of total number of individuals of the four nets or biomass in a haul was standardized to 100 m³.

Ichthyofauna

Trawling with a prawn trawl (22 mm mesh size) was carried out in May 1995 and in September–October 1995 at stations 'Bouée Amfard/Pk367', Honfleur and Pont de Tancarville (see Figure 1). Fresh fishes were identified, counted and weighted. The weight of fishes sampled were standardized to 1000 m².

Trophic chains

To determine the trophic chains, stomach contents of four main fishes collected in the estuary (i.e. the flounder *Platichthys flesus*: 187 stomachs, the sole *Solea vulgaris*: 56 stomachs, the sea perch *Dicentrarchus labrax*: 34 stomachs, the goby *Pomatoschistus microps*: 200 stomachs) and the shrimp *Palaemon longirostris* (420 stomachs) were examined to identify the main prey of these species. Sampling sites were in the meso-oligohaline (downstream Pont de Tancarville) and meso-euhaline (downstream Pont de Normandie) zones. For the goby *P. microps* and the shrimp *P. longirostris*, the number of prey (Np) and the ratio in percentage of number of prey *i* on the total number of preys (Cn) were calculated. For the demersal fishes the occurrence of prey was only recorded.

Physical environment

The main characteristics of the environment parameters in May and September–October were given in the Table 1. In May the turbidity, near the sea-bed, increased regularly from the outer part of the estuary to the inner part which varied from < 50 mg l⁻¹ at Pk371 to 375 mg l⁻¹ at Pk344 and then decreased upstream from less than 50 mg l⁻¹. In September there was the same gradient but the Suspended Particulate Matter (SPM) concentration exceeded 1000 mg l⁻¹ near the Pont de Tancarville (lowest water level of the Seine River).

Results

Macrobenthos

During the autumn (November 1993 and October 1995), 25 species were sampled in the subtidal outer part of the estuary in the 'Fosse Sud' (Table 2). The species richness was lower in Honfleur and 'Marais du Hode' (i.e. 14 and 4 respectively). Total density and biomass showed also a similar pattern which decreased from the outer part of the estuary in the 'Fosse Sud' to the inner part of the estuary in Honfleur. The density was particularly low (< 21 ind m⁻²) in the channel station near Honfleur; in the other stations the density was near 100 ind m⁻². The biomass showed a very high value in the outer part of the 'Fosse Sud' (DW = 45 g m⁻²) and was lower than 4 g m⁻² in the other part of the estuary. It was important to notice the contribution of the vagile species (suprabenthic species) at the stations from the navigable channel and the stations upstream Honfleur. In these stations, the biomass of the endobenthic macrofauna was very low (Table 2).

The specific richness, density and biomass at stations of Pont de Normandie, Marais du Hode and Pont de Tancarville showed no seasonal changes.

For the intertidal zone, the 'Pont de Normandie' station showed a low species richness but a high density which was due to the amphipod *Corophium volutator* and the polychaete *Hediste diversicolor* (Table 2). In the 'Marais du Hode' intertidal station, although the density was of the same order of magnitude as the subtidal station, its biomass was very low.

In summary, the benthic macrofauna showed a drastic reduction of species richness, density and biomass from the outer part of the estuary in the 'Fosse

Table 4. Densities of suprabenthic species collected along the salinity gradient in the Seine estuary in May 1994 and September 1995.

Date	May 1994						September 1995				
Samples	SAT11	SAT12	SAT13	SAT14	SAT15	SAT16	SAT44	SAT45	SAT46	SAT47	SAT48
Kilometric Point	371	364	357	348	344	336	365	362	354	348	336
Sub-surface Salinity (P.S.U.)	27.6	23.0	17.8	4.2	1.3	0.4	12.1	7.7	4.4	1.8	0.4
Amphipoda	6	2	1	-	-	-	1300	569	57	12	-
Mysidacea											
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	19	1	8	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	1	1	47	522	22	-	34329	12	-	-	-
<i>Neomysis integer</i>	-	-	-	20443	332	4	261	77056	56425	2153	1137
Other Mysids	21	40	11	-	-	-	8	-	-	-	-
Decapoda											
<i>Crangon crangon</i>	81	37	104	1055	43	-	2	555	446	41	-
<i>Palaemon longirostris</i>	-	-	1	157	4	-	-	-	175	1769	776
Other decapoda	1	3	-	-	-	-	116	2	2	-	-
Decapoda larvae	137	34	109	-	-	-	19	69	3	-	-
Cumacea	14	-	-	-	-	-	55	-	-	-	-
Chaetognatha											
<i>Sagitta elegans</i>	1	-	-	-	-	-	71	-	6	-	-
Fishes											
<i>Pomatoschistus microps</i>	649	630	862	1588	26	-	61	59	209	251	992
<i>Pomatoschistus minutus</i>	-	-	-	45	-	-	141	126	435	14	2
Other fishes	-	-	-	-	-	1	2	2	7	1	1
Clupeidae larvae	240	283	58	10	-	-	3	-	-	-	-
Gadidae larvae	36	7	3	1	-	-	-	-	-	-	-
Gobiidae larvae	-	-	-	-	-	-	614	81	24	1	65
Pleuronectidae larvae	5	1	8	5	-	-	-	-	-	-	-
Soleidae larvae	28	9	1	1	-	-	-	-	-	-	-
Other larvae	5	1	6	3	-	-	-	-	-	-	-
Total richness	26	19	18	13	5	2	20	11	15	9	6
Total density (ind 100 m ⁻³)	1244	1049	1219	23831	427	5	36982	78531	57789	4242	2973
Total biomass (mg 100 m ⁻³)	75749	72892	93922	224631	4139	72	57341	100634	142037	216774	188864

Sud' to the channel especially in the part between Honfleur and Pont de Tancarville. In this zone, the contribution of the vagile fauna was important. No seasonal changes was observed in the channel stations.

Mesozooplankton

For both seasons, spring and autumn, the mesozooplankton community showed the same changes along the salinity gradient (Table 3). The species richness decreased from the outer part to the inner part of the estuary; the maximum value in May (i.e. 32 species) was recorded for a salinity of 23.0 P.S.U. and the minimum value in September (i.e. 14 species) was in a salinity zone of 12.1 P.S.U. The lowest species

richness was recorded in May for a salinity of 1.3 (i.e. 8 species) and in September for a salinity of 1.8 P.S.U. (i.e. 7 species). Upstream, the species richness increased with the increasing of freshwater species (cladocerans).

The mesozooplankton community showed three distinct patterns (Table 3). In the polyhaline zone (18–30 P.S.U., Venice system of classification of saline waters; Anonymous, 1959) the community was characterized by marine copepods (*Pseudocalanus elongatus*, *Paracalanus parvus* and *Temora longicornis*), ostracods and the ctenophore *Pleurobrachia pileus*. In the mesohaline zone (5–18 P.S.U.) the community was characterized by the copepod *Acartia* (64,176 ind m⁻³ in autumn) and the mysid *Neomysis integer*. In

Table 5. Biomass (g fresh weight/1000 m⁻²) of fishes collected by trawls in three areas of the Seine estuary.

Species	Pont de Tancarville		Honfleur		Bouée Amfard
	Pk 340		Pk 356		Pk 367
	May	October	May	October	September
<i>Anguilla anguilla</i> (L., 1758)	-	-	-	-	206
<i>Agonus cataphractus</i> (L., 1758)	-	-	-	-	13
<i>Buglossidium luteum</i> (Risso, 1810)	-	-	-	-	434
<i>Callionymus lyra</i> L., 1758	-	-	-	-	561
<i>Ciliata mustela</i> (L., 1758)	-	-	-	45	-
<i>Clupea harengus</i> L., 1758	-	2	130	955	710
<i>Dicentrarchus labrax</i> (L., 1758)	99	5	-	105	34
Gobiidae	-	-	-	-	1
<i>Limanda limanda</i> (L., 1758)	-	-	-	-	392
<i>Merlangius merlangus</i> (L., 1758)	-	-	-	843	21
Mugilidae	-	8	-	-	-
<i>Platichthys flesus</i> (L., 1758)	131	228	860	473	239
<i>Pleuronectes platessa</i> L., 1758	-	-	-	-	156
<i>Pomatoschistus microps</i> (Kröyer, 1838)	-	1	35	39	57
<i>Solea vulgaris</i> Quensel, 1806	-	-	-	-	40
<i>Sprattus sprattus</i> (L., 1758)	-	1	206	-	138
<i>Trachinus draco</i> L., 1758	-	-	-	1	13
<i>Trachurus trachurus</i> (L., 1758)	-	-	-	24	307
<i>Trigla lucerna</i> L., 1758	-	-	-	44	1
<i>Trisopterus luscus</i> L., 1758	-	-	639	360	238
Species richness	2	6	5	10	18
Biomass (g fresh weight/1000 m ²)	230	245	1870	2889	3561

the oligohaline zone (0.5–5 P.S.U.), the community was characterized by the dominance of the copepod *Eurytemora affinis* ($\cong 190,000$ ind m⁻³ in May) and the presence of freshwater cladocerans (*Bosmina* spp.). In the oligohaline zone, the density and biomass reached their maximum in May with the values of 193,434 ind m⁻³ and 1,513 mg m⁻³ respectively, while in the mesohaline zone in September they were 67,177 ind m⁻³ and 1,582 mg m⁻³ respectively. During spring, the biomass in the polyhaline zone was lower than those found in the meso- and oligohaline zones (Table 3).

Suprabenthos

At both seasons, the specific richness decreased as the salinity decreased. The maximum species richness was 26 species in May and 20 in September for salinities of 27.6 P.S.U and 12.1 P.S.U. respectively, while few species were reported in the low salinity zone (i.e.

only two species in May and six species in September for a salinity of 0.4 P.S.U. (Table 4).

The suprabenthic community was characterized by six dominant species: the mysids *Mesopodopsis slabberi* and *Neomysis integer*, the decapods *Crangon crangon* and *Palaemon longirostris*, the gobies *Pomatoschistus minutus* and *P. microps*. The quantitative composition of this compartment varied between the mesohaline zone which was dominated by *M. slabberi* (34,330 ind 100 m⁻³ in September), *C. crangon* (104 ind 100 m⁻³ in May) and the young gobies (860 ind 100 m⁻³) in spring and the oligohaline zone which was characterized by the dominance of *N. integer*, *P. longirostris* and *P. microps*, with maximal densities of 77 000, 1 769 and 991 ind 100 m⁻³ respectively in September (Table 4).

The total density of suprabenthic community was always higher in the oligohaline zone than in the mesohaline zone (Table 4). The biomass was higher in the summer than in the spring. At both seasons the

Table 6. Diet of three size classes of the gobiidae *Pomatoschistus microps* in the oligohaline zone of the Seine estuary in May 1994 and September 1995. Np: Number of prey; Cn: Ratio in percentage of number of prey i on the number of total prey; L1: 10–29 mm; L2: 29–39 mm; L3: 39–50 mm.

	May 1994					
	L1		L2		L3	
Number of stomach	34		34		33	
Stomachs with prey	33		34		33	
Total number of prey	308		2029		2766	
Mean number of prey per stomach	9.1	59.7	83.8			
	Np	Cn	Np	Cn	Np	Cn
Copepoda						
<i>Eurytemora affinis</i>	308	100	2023	99.6	2741	99.1
Other copepoda	–	–	–	–	9	0.3
Cladocera						
<i>Bosmina</i> spp.	–	–	4	0.30	3	0.1
Mysidacea						
<i>Neomysis integer</i>	–	–	–	–	6	0.2
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	–	–	–	–	3	0.1
Decapoda						
<i>Crangon crangon</i>	–	–	1	0.05	–	–
Other decapoda	–	–	–	–	1	0.04
Decapoda larvae	–	–	–	–	1	0.04
Ostracoda	–	–	1	0.05	–	–
Pleuronectidae larvae	–	–	–	–	1	0.04
Chironomidae larvae	–	–	–	–	1	0.04

	September 1995					
	L1		L2		L3	
Number of stomach	53		44		3	
Stomachs with prey	38		35		3	
Total number of prey	207		192		21	
Mean number of prey per stomach	5.4		5.5		7.0	
	Np	Cn	Np	Cn	Np	Cn
Copepoda						
<i>Eurytemora affinis</i>	186	89.9	162	84.4	9	42.9
Mysidacea						
<i>Neomysis integer</i>	21	10.1	29	15.1	12	57.1
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	–	–	1	0.5	–	–

biomass was maximum in the salinity zone around 4 P.S.U. (Table 4).

Ichthyofauna

A total of 20 fish species was identified from all trawls. The major ichthyofauna components of the Seine estuary were the flounder *Platichthys flesus*, the sole *Solea vulgaris*, the sea perch *Dicentrarchus labrax*, the her-

ring *Clupea harengus* and the sprat *Sprattus sprattus* (Table 5).

The species richness in the outer part of the estuary was 5 in May and 10 in October at downstream Honfleur, and 18 in September at Bouée Amfard. By contrast, low species richness as 2 in May and 6 in October at Pont de Tancarville was observed in the inner part of the estuary (Table 5). The biomass showed the same pattern as 3561 and only 245 g of fresh weight.

Table 7. Diet of two size classes of the decapoda *Palaemon longirostris* in the oligohaline zone of the Seine estuary. Np: Number of prey; Cn: ratio in percentage of number of prey *i* on the number of total prey. L1: 20–29 mm; L2: > 29 mm.

	May 1994			
	L1		L2	
Number of stomach	159		77	
Stomachs with prey	29		16	
Total number of prey	26		17	
Mean number of prey per stomach	0.9		1.1	
	Np	Cn	Np	Cn
Copepoda				
<i>Eurytemora affinis</i>	8	30.8	9	52.9
Other copepoda	4	15.4	–	–
Mysidacea				
<i>Neomysis integer</i>	7	26.7	4	23.5
Other mysid	6	23.1	2	11.8
Decapoda				
<i>Crangon crangon</i>	–	–	1	5.9
Other decapoda	1	0.04	1	5.9
Number of stomach with Detritus	29	–	9	–
	September 1995			
	L1		L2	
Number of stomach	121		63	
Stomachs with prey	42		27	
Total number of prey	145		62	
Mean number of prey per stomach	3.5		2.3	
	Np	Cn	Np	Cn
Cladocera				
<i>Bosmina</i> spp.	3	2.1	–	–
Other cladocera	1	0.7	–	–
Copepoda				
<i>Eurytemora affinis</i>	134	92	54	87.1
Other copepoda	5	3	4	6.5
Mysidacea				
<i>Neomysis integer</i>	–	–	1	1.6
Other mysid	2	1.4	3	5
Number of stomach with detritus	42	–	27	–

1000 m⁻² for respective by the outer and the inner parts of the estuary in October. Comparatively speaking, species richness and total biomass were higher in autumn than in spring. For example at Honfleur, 10 species were present in autumn for a total biomass of 2889 g of fresh weight 1000 m⁻² while in spring only 5 species were sampled for a total biomass of 1870 g of fresh weight 1000 m⁻².

Inner part trophic chain

The stomach contents analysis showed that the copepod *Eurytemora affinis* was the main prey of the goby *Pomatoschistus microps* (Table 6). The diet of the young goby (Length < 30 mm) was based exclusively on this copepod in spring, while some *Neomysis integer* were present in the diet in autumn. The diet of the large *P. microps* (length > 30 mm) was not so specific, including the decapod *Crangon crangon* and cladocerans (Cn: 0.1 to 0.3). In spring, the mean number of preys per stomach in large goby was higher than the small ones (L2: 59.7 and L3: 83.8). However, it was similar for the three size classes in autumn (5.4 to 7.0). In general, the copepod *E. affinis* was a dominant diet component at both seasons, although mysids were also found in autumn (Table 6).

In the decapod *Palaemon longirostris* (Table 7) as in the *P. microps*, the copepod *E. affinis* was also the major food component of the diet (Cn 30.8 to 92.0%). The mysid *N. integer* composed the secondary diet (Cn: 1.6 to 26.7%). Detritus was always present in the stomach of *P. longirostris*. No seasonal change of the diet was observed, but the mean number of prey per stomach was higher in autumn than in spring.

Outer part trophic chain

Table 8 showed the analysis of stomach contents of three main fishes sampled in the lower estuary. An important number of stomachs with prey was recorded: 100% for the three size class of *D. labrax*, 93.3 to 100% for *P. flesus* and 6.3 to 92.3% for *S. vulgaris*. The flatfishes *P. flesus* and *S. vulgaris* showed more benthic diet than *D. labrax*. The suprabenthic Decapoda Caridea were the major diet component of the three species. The diet of *D. labrax* and *P. flesus* were more diverse (respectively 5 and 6 preys) than *S. vulgaris* (3 preys). There was also an intraspecific variability of the diet: the juveniles of *P. flesus* and *D. labrax* presented a more diverse diet than adults which preferred planktonic copepods and mysids. The diet of young *D. labrax* was characterized by mysids (Cn:

68%) while copepods represented 31% of the diet of the young *P. flesus*. Generally, the benthic preys in the diet increased with the size of the fish. For example, benthos formed 33% of the juvenile and 92% of the adult *S. vulgaris* diets.

Discussion

This present study furnished the first quantitative data on the mesozooplankton, suprabenthos and the first quantitative data for the subtidal macrobenthos in the mesohaline and oligohaline areas of the Seine estuary at only two seasons spring and autumn. It gave also supplementary data on fish composition and analysis on 5 dominant suprabenthic species with accomplishment of the food chains in two parts of the estuary. Among the abundant literature on estuaries, data were mainly compared with these available on four other north-eastern Atlantic estuaries, the Ems and the Schelde (The Netherlands), and the Loire and the Gironde (France) (see Heip & Herman, 1995).

Faunistic composition and spatio-temporal distribution

Macrobenthos. The fauna belongs to two distinct benthic communities. (i) In the outer part of the Fosse Sud, it was an *Abra alba*-*Pectinaria koreni* community which occurred in the eastern part of the Bay of Seine on muddy fine sand (Gentil et al., 1986; Thiébaud et al., 1997). It was dominated by the bivalve *Abra alba*, and the polychaetes *Pectinaria koreni*, *Owenia fusiformis*, and *Nephtys hombergii* which exhibited high density and biomass (Table 2). (ii) In the other parts of the estuary, it was a *Macoma balthica* community which commonly occurs in the north-eastern Atlantic estuaries (Bachelet, 1979; Robineau & Marchand, 1984; Meire et al., 1991). In the Seine estuary, the *Macoma balthica* community showed a very low number of species in relation to the salinity gradient. Very low density and biomass were also found, except on intertidal stations near the Pont de Normandie where *Hediste diversicolor* and *Corophium volutator* were important species in density. Nevertheless, as a 1 mm mesh size sieve was used, the densities of small species like the Oligochaeta which may constitute very high densities in the less haline zone of the estuaries was not estimated. In the Seine estuary on 1 mm mesh size sieve, the density of the *Macoma balthica* was nearly 100 ind m⁻² and the biomass ranged from

0.2 to 6 g m⁻², while the maximum density and biomass exceeded 10 000 ind m⁻² and 10 g m⁻² in the other estuaries (Bachelet, 1979; Robineau & Marchand, 1984; Meire et al., 1991). Our results agreed with the previous study from Proniewski & Elkaim (1980) on the subtidal macrofauna of the Seine estuary, who described both communities and underlined the absence of typical oligohaline fauna in this estuary. The commonest species was the polychaete *Hediste diversicolor* which occurred along the salinity gradient. In the Fosse Nord and Fosse Sud (Figure 1), the community was dominated by the bivalves *Cerastoderma edule* and *Macoma balthica*. In contrast, in the inner part of the estuary, the mysid and decapod suprabenthic species were dominant. This distribution patterns with two distinct zones was due to a strong abiotic limitation of maximum SPM concentration and oxygen deficiency in the inner estuary compared to the outer part with low turbidity and high concentration of oxygen, and to a regular dredging of the channel which prevented the settlement of species in the channel. In the outer part of the Fosse Sud (Figure 1), the *Abra alba*-*Pectinaria koreni* exhibited a high density and biomass which indicated an eutrophic condition without anoxia (Gentil et al., 1986).

Mesozooplankton. In the Seine estuary, the gross composition of the mesozooplankton was similar to those found in the other north-European estuaries (Castel, 1981; Bakker, 1994; Sautour & Castel, 1995) which included 3 different zones. (i) A polyhaline zone (18 to 30 P.S.U.) where neritic copepods *Temora longicornis*, *Euterpina acutifrons*, *Pseudocalanus elongatus* and *Paracalanus parvus*, and the cladocera *Evadne nordmanni* were common. In spring, copepod abundance was in the same order of magnitude as in other estuaries (maximum values: 2 600 ind m⁻³ in the Seine, 3 800 ind m⁻³ in the Ems, 2 300 ind m⁻³ in the Gironde and 5 100 ind m⁻³ in the Schelde, Sautour & Castel, 1995). (ii) A mesohaline zone, with the salinity between 5 and 18 P.S.U., was dominated by the copepods *Acartia* spp. especially in autumn, but *Eurytemora affinis* could also develop a dense population at both seasons. In spring, copepod abundance reached to 15 000 ind m⁻³ while in autumn it exceeded 62 000 ind m⁻³. The density of *Acartia* spp. was very low in winter and autumn (≈ 300 ind m⁻³) (Mouny et al., 1996). In spring, the maximum density of *Acartia* spp. in the Seine estuary (1 000 ind m⁻³) was in the same order of magnitude as in the Gironde (1 100 ind m⁻³) but lower than found in the West-

Table 8. Occurrence of prey items in the stomach of 3 size classes of *Dicentrarchus labrax* (D.L.), *Platichthys flesus* (P.L.) and *Solea vulgaris* (S.v.) from May and October hauls in the downstream Seine estuary (Pk 340, Pk 356 and Pk 367) (L1 = 9–15 cm; L2 = 16–21 cm; L3 > 21 cm).

	D.L.			P.L.			S.v.		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
Number of stomachs	15	16	3	137	30	20	16	27	13
% of Stomachs with prey	100	100	100	95.6	93.3	100	6.3	77.7	92.3
Copepod	8	–	–	31	7	–	–	–	–
Mysid	68	9	–	1	4	–	–	–	–
Decapod Caridea	12	57	66	4	40	40	60	26	8
Benthic preys	4	6	–	7	19	20	33	74	92
Fishes	–	8	–	2	4	–	–	–	–
Other preys	12	20	33	22	22	40	7	–	–
Detritus	–	–	–	33	4	–	–	–	–

Table 9. Comparative densities of mesozooplankton and suprabenthos from four North-European Atlantic estuaries (Gironde, Schelde and Ems: Mesozooplankton data: Sautour & Castel, 1995; Suprabenthic data: Mess et al., 1995; Seine: this study).

	Gironde	Seine	Schelde	Ems
Mesozooplankton				
Type of samples	Surface/Bottom	oblique	oblique	oblique
Gyre	WP2 net (200 μ m)	WP2 net (200 μ m)	WP2 net (200 μ m)	WP2 net (200 μ m)
Date of sampling	March to June	May	March, April and June	March and May
Maximum spring density (ind m ⁻³) of				
<i>Acartia</i> spp.	1100	1000	2800	18200
<i>Eurytemora affinis</i>	14500	193160	11500	16800
Suprabenthos				
Gyre	Sledge (mesh size: 2–1 mm)	Sledge (mesh size: 500 μ m)	Sledge (mesh size: 2–1 mm)	Sledge (mesh size: 2–1 mm)
	(Hamerlynck & Mees, 1989)	(Dauvin & Lorange, 1991)	(Hamerlynck & Mees, 1991)	(Hamerlynck & Mees, 1991)
Date of sampling	August	September	August	August
Maximum summer density (ind m ⁻²)				
<i>Neomysis integer</i>	30	240	200	20
<i>Palaemon longirostris</i>	224	6000	0	1
<i>Pomatoschistus</i> spp.	6300	4000	5	435

erschelde (2800 ind m⁻³) and the Ems (18200 ind m⁻³) (Table 9). (iii) An oligohaline zone (0.5 to 5 P.S.U.) which was dominated by the copepod *Eurytemora affinis*. The spring peak of abundance of *E. affinis* in the Seine estuary was more than ten times higher than those found in Gironde, Schelde and Ems estuaries (Table 9). The density of *Eurytemora affinis* remained relatively high during the autumn and

the winter (16000 to 27000 ind m⁻³) (Mouny et al., 1996).

Suprabenthos. The suprabenthic fauna was composed of 39 species in May and 34 species in September. There was a decrease in the number of species along the salinity gradient from the polyhaline zone (> 20 species), the mesohaline zone (11–20 species), to the oligohaline zone (< 15 species). In the eu-

Table 10. Comparative fish species richness in four north-european estuaries (fishes sampled with a suprabenthic sledge). Gironde, Schelde & Ems: Mees et al., 1995; Seine: this study.

Material	Gironde Sledge (mesh size: 2-1 mm) (Hamerlynck & Mees, 1991)	Seine Sledge (mesh size: 500 μ m) (Dauvin & Lorgère, 1989)	Schelde Sledge (mesh size: 2-1 mm) (Hamerlynck & Mees, 1991)	Ems Sledge (mesh size: 2-1 mm) (Hamerlynck & Mees, 1991)
Species				
<i>Anguilla anguilla</i>	*	*		
<i>Callionymus lyra</i>		*		
<i>Callionymus reticulatus</i>		*		
<i>Ciliata mustela</i>		*		
<i>Clupea harengus</i>		*	*	*
<i>Dicentrarchus labrax</i>		*		
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	*	*	*	
<i>Gobius niger</i>		*		
<i>Gymnocephalus cernuus</i>				*
<i>Lampetra fluviatilis</i>		*		
<i>Limanda limanda</i>				*
<i>Liparis liparis</i>				*
<i>Merlangius merlangus</i>		*		
<i>Osmerus eperlanus</i>	*			*
<i>Platichthys flesus</i>		*		
<i>Pleuronectes platessa</i>				*
<i>Pomatoschistus lozanoi</i>	*		*	*
<i>Pomatoschistus microps</i>	*	*	*	*
<i>Pomatoschistus minutus</i>	*	*	*	*
<i>Solea</i> spp.	*	*		*
<i>Sprattus sprattus</i>	*	*	*	*
<i>Syngnathus</i> spp.	*	*	*	*
<i>Trisopterus luscus</i>				*
<i>Zoarces viviparus</i>				*
Total number of fish species	9	16	7	14

haline zone of the Seine estuary (Wang & Dauvin, 1994), the suprabenthos was more diverse than in the estuarine zones, with 46 species of Decapoda and Peracarida sampled, especially amphipods, mysids, and cumaceans, and 19 other macrozooplankton taxa (Wang et al., 1994). Spatial changes of the suprabenthos fauna were less pronounced than the mesozooplankton because some species, e.g. the decapod caridea *Crangon crangon* and the mysid *Mesopodopsis slabberi* showed seasonal migrations between the bay and the estuary. However, dominant species presented their maximal abundance in the mesohaline zone: the mysids *Mesopodopsis slabberi* and *Neomysis integer*, or in the oligohaline zone: the decapods *Palaemon longirostris* and *Crangon crangon*, and the

goby *Pomatoschistus microps*. The maximum density in spring increased from the polyhaline zone to the oligohaline zone (Table 4), but the density of the fauna decreased dramatically if the salinity below 1.0 P.S.U. In the euhaline zone, the suprabenthic fauna was dominated by the ctenophore *Pleurobrachia pileus* and fishes larvae in spring (Wang et al., 1994, 1995). In summer, the abundance of *Palaemon longirostris* in the Seine estuary was higher than found in the Gironde, Schelde and Ems estuaries (Table 9). The abundance of *Neomysis integer* in the Seine was similar to the Schelde estuaries. *Pomatoschistus* spp. was in the same order of magnitude in the Gironde and the Seine estuaries (Table 9).

Ichthyofauna. The fish composition of the Seine estuary was relatively similar to those found in the Loire (Lardeux, 1986), the Forth and the Tyne estuaries (Pomfret et al., 1991), and the Gironde, Schelde and Ems estuaries (Mees et al. 1995). Comparative sampling of fishes by suprabenthic sledge was available for four estuaries (Table 10), the number of species recorded was in the same order of magnitude in the Seine and Ems estuaries, and higher than Schelde and Gironde estuaries.

Trophic chains

In the Seine estuary, two trophic chains were identified.

Upstream of Pont de Normandie, the shrimp *Palaemon longirostris* and the goby *Pomatoschistus microps* preyed on the pelagic compartment exclusively (copepods and mysids) (Tables 6 & 7). In this zone, the dominant copepod *Eurytemora affinis* was the main prey for both species. But, *Pomatoschistus* spp. (in the Ythan estuary, North Sea) and *P. longirostris* (in the Loire estuary) had a diet mainly on benthic preys (Healey, 1972; Marchand, 1981). However, the diet of the shrimp *Palaemon* in the Loire estuary included also pelagic prey (*N. integer*): the role of the detritus which should be an important source of organic materials found in the stomach of the shrimp in the Seine estuary and the Loire estuary should be elucidated. In the Ythan estuary, the diet of the common goby showed seasonal changes with a more diverse diet in spring than in autumn, coinciding with the availability of preys (Healey, 1972). Conversely, no seasonal changes of the diet of the Palaemonidae was observed in the Loire estuary. The difference between the Seine estuary and the other estuaries might be due to the dredging of the navigation channel of the Seine estuary which prevented the formation of a permanent benthic fauna.

The diet of fishes downstream of Honfleur showed a classical change of diet with age: juveniles eating mainly on planktonic prey (copepods, mysids and decapods) and adults eating benthic prey (polychaetes and bivalves). The benthic prey were especially important for *Solea vulgaris*. This result agreed with those of studies that the diet of the demersal fishes especially the flounder *Platichthys flesus* (Arntz, 1977) was mainly based on the benthic fauna. In summary, in the oligohaline zone (high turbidity, low concentration of oxygen) the diversity and density of fishes are relatively low in spite of high biomass of meso-

zooplankton and suprabenthos. In the outer part of the estuary, low turbidity and high concentration of oxygen are favourable of older fish populations which especially eat benthic fauna. In this area, a high macrozoobenthic biomass and a weak planktonic biomass are found.

Acknowledgements

This study was undertaken within the framework of the Seine-Aval program co-ordinated by the 'Région Haute Normandie'. The authors are grateful to the crew of 'N.O. Pluteus II', and 'N.O. Côte d'Aquitaine', Mrs C. Conq, J.C. Lorgeré and F. Proniewski for their valuable assistance in field sampling and, Mr. E. Thiébaud, and Miss Li-Lian Liu for comments on the manuscript, and two anonymous referees for their very useful remarks on the first version of the manuscript.

References

- Anonymous, 1959. Symposium on the classification of brackish waters. Venice 8-14th April 1958. Archivio di oceanografia Limnologia Volume 11. Supplemento (Simposio sulla Classificazione della Acque Salmastre. Venezia 8-14 Aprile, 1958).
- Arntz, W. E., 1978. Predation on benthos flounders, *Platichthys flesus* (L.) in the deeper parts of Kiel bay. Ber. dt. wiss. Kommn. Meeresforsch. 26: 70-78.
- Avoine, J., 1981. L'estuaire de la Seine: sédiments et dynamique sédimentaire. Thèse 3ème cycle, Université de Caen, 236 pp.
- Avoine, J., 1986. Evaluation des apports fluviaux dans l'estuaire de la Seine. Actes Colloq. IFREMER 4: 117-124.
- Bachelet, G., 1979. Les peuplements macrobenthiques de l'estuaire de la Gironde: évolution annuelle des paramètres démographiques. J. Rech. Océanogr. 4: 3-13.
- Bakker, C., 1994. Zooplankton species composition in the Oosterschelde (SW Netherlands) before, during and after construction of a storm-surge barrier. Hydrobiologia 282/283: 117-126.
- Baretta, J. W. & J. F. P. Malschaert, 1988. Distribution and abundance of zooplankton of the Ems estuary (North sea). Neth. J. Sea. Res. 22: 69-81.
- Cabioc, L. (ed), 1986. La baie de Seine. Actes Colloq. IFREMER 4: 1-531.
- Castel, J., 1981. Aspects de l'étude écologique du plancton de l'estuaire de la Gironde. Océanis 6: 535-577.
- Dauvin, J. C. & P. Gillet, 1991. Spatio-temporal variability of demographic structure of *Owenia fusiformis* Delle Chiaje (Annelida-Polychaeta) from the Bay of Seine (eastern English Channel). J. exp. mar. Biol. Ecol. 152: 105-122.
- Dauvin, J. C. & J. C. Lorgeré, 1989. Modifications du traineau Macer-Giroq pour l'amélioration de l'échantillonnage quantitatif étage de la faune suprabenthique. J. Rech. Océanogr. 14: 65-67.
- Dauvin, J. C., J. C. Sorbe & J. C. Lorgeré, 1995. Benthic boundary layer macrofauna from the upper continental slope and the Cap Ferret Canyon. Oceanol. Acta 18: 113-122.

- Desprez, M., 1981. Etude du macrozoobenthos intertidal de l'estuaire de la Seine. Thèse 3ème cycle, Université de Rouen, 186 pp.
- Duval, P., 1982. Etude des nurseries littorales de la baie de Seine. Rapport GRPCM/ISTPM, 25 pp.
- Frontier, S., 1972. Calcul de l'erreur sur un comptage de zooplankton. J. exp. mar. Biol. Ecol. 10: 121-132.
- Gentil, F., J. P. Irlinger, B. Elkaïm & F. Proniewski, 1986. Premières données sur la dynamique du peuplement macrobenthique des sables fins envasés à *Abra alba* de la baie de Seine orientale. Actes Colloq. IFREMER 4: 409-420.
- Healey, M. C., 1972. On the population ecology of the common goby in the Ythan estuary. J. Nat. Hist. 6: 133-145.
- Heip, C. & P. Herman, 1995 (eds). Major Biological Processes in European Tidal Estuaries. Hydrobiologia 311: 1-7.
- Lardeux, F., 1986. Biologie, écologie et dynamique de population de l'éperlan (*Osmerus eperlanus* L.) (Poisson, Clupéiforme, Osmeridae) dans l'estuaire de la Loire. Thèse de Doctorat, Université de Nantes, 587 pp.
- Marchand, J., 1981. Observations sur l'écologie de *Crangon crangon* (Linné) et *Palaemon longirostris* H. Milne Edwards (Crustacea, Decapoda, Natantia) - Estuaire interne de la Loire (France). Vie Milieu 31: 83-92.
- Mees, J., 1994. The hyperbenthos of shallow coastal waters and estuaries: community structure and biology of the dominant species. PhD Thesis, Univ. of Ghent, Belgium, 212 pp.
- Mees, J., N. Fockehey & O. Hamerlynck, 1995. Comparative study of the hyperbenthos of three European estuaries. Hydrobiologia 311: 153-174.
- Meire, P. M., J. J. Seys, T. J. Ysebaert & J. Coosen, 1991. A comparison of the macrobenthic distribution and community structure between two estuaries in SW Netherlands. In M. Elliott & J. P. Duerotoy (eds), Estuaries and Coasts: Spatial and Temporal Intercomparisons. Olsen & Olsen, International Symposium Series (Denmark) 221-230.
- Mouny, P., Z. Wang & J. C. Dauvin, 1996. Premières données sur la structure spatio-temporelle du mésozooplankton et du suprabenthos de l'estuaire de la Seine. J. Rech. Océanogr. 21: 100-108.
- Pomfret J. R., M. Elliott, M. G. O'Reilly & S. Phillips, 1991. Spatial and temporal patterns in the fish communities in two UK North Sea estuaries. In M. Elliott & J. P. Duerotoy (eds), Estuaries and coasts: spatial and temporal intercomparisons. Olsen & Olsen, International Symposium Series (Denmark) 277-284.
- Proniewski, F. & B. Elkaïm, 1980. Les peuplements benthiques subtidaux de l'estuaire de la Seine. Résultats préliminaires. C. R. heb. Acad. Sci., Paris 219, D: 545-547.
- Robineau, B. & J. Marchand, 1984. Distribution des communautés macrozoobenthiques des substrats meubles de l'estuaire interne de la Loire (France). J. Rech. Océanogr. 9: 146-149.
- S. A. U. M., 1980. Dossier n 4: a - eau et sédiments - M.E.B.S. - M.A.B.N., rapport, 98 pp.
- Sautour, B. & J. Castel, 1995. Comparative spring distribution of zooplankton in three macrotidal European estuaries. Hydrobiologia 311: 139-151.
- Soetaert, K. & P. Rijswijk van, 1993. Spatial and temporal patterns of the zooplankton in the Westerschelde estuary. Mar. Ecol. Prog. Ser. 97: 47-59.
- Sorbe, J. C., 1981. La macrofaune vagile de l'estuaire de la Gironde. Distribution et migration des espèces. Modes de reproduction. Régimes alimentaires. Océanis 6: 579-592.
- Thiébaud, E., L. Cabioch, J. C. Dauvin, C. Retière & F. Gentil, 1997. Spatio-temporal stability of the *Abra alba*-*Pectinaria koreni* muddy-fine sand community of the eastern Bay of Seine (English Channel). J. mar. biol. Ass. U.K. 77: 1165-1185.
- Wang, X. & J. C. Dauvin, 1994. The suprabenthic crustacean fauna of the infralittoral fine sand community from the Bay of Seine (eastern English Channel): composition, swimming activity and diurnal variation. Cah. Biol. Mar. 35: 135-155.
- Wang, Z., J. C. Dauvin & E. Thiébaud, 1994. Preliminary data on the near-bottom meso- and macrozooplanktonic fauna from the eastern Bay of Seine: faunistic composition, vertical distribution and density variation. Cah. Biol. Mar. 35: 157-176.
- Wang, Z., E. Thiébaud & J. C. Dauvin, 1995. Spring abundance and distribution of the ctenophore *Pleurobrachia pileus* in the Seine estuary: advective transport and diel vertical migration. Mar. Biol. 124: 313-324.

ANNEXE IX

(sous presse au J. Mar. Biol. Ass. U.K.)

SPATIAL DISTRIBUTION AND BIOLOGICAL RHYTHMS OF SUPRABENTHIC MYSIDS FROM THE ENGLISH CHANNEL

SOUAAD ZOUHIRI, CAROLE VALLET, PASCAL MOUNY and JEAN-CLAUDE DAUVIN

Muséum National d'Histoire Naturelle Laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins et
Malacologie, CNRS URA 699, 57 rue Cuvier, 75231 Paris France.

Several sets of suprabenthic hauls from the English Channel and the Seine Estuary (about 200 hauls) were taken with a modified Macer-GIROQ sledge. Numerically, mysids were the dominant group of organisms collected with the sledge and 28 species were recorded. Mysid densities were higher in the oligohaline zone ($> 200,000$ ind. 100 m^{-3}) of the Seine Estuary than at other stations in the English Channel (where the density was the highest on medium sand stations, $\approx 5,000$ ind. 100 m^{-3}). Two main gradients of mysid distributions were identified: (1) a higher species richness in the western part of the Channel compared with the eastern part of the Channel, and (2) an increasing density gradient from west to east at spring and a decreasing gradient from west to east during the autumn (eastern high abundance of *Gastrosaccus* spp. during spring, and western high abundance of *Schistomysis ornata* and *Erythrops elegans* during autumn). Mysids showed important daily rhythms with maximum abundance at sunrise and sunset, and low density at night. According to their swimming activities, mysids were classified into three groups: upper organisms with a very strong activity, species with a strong activity and occupying the whole water column near the sea floor, and lower species with limited swimming activity. Nevertheless, the swimming activity could be modified with the hydrodynamics and turbulence near the sea-bottom. A seasonal cycle of abundance (high summer recruitment) was observed on two circalittoral stations where temporal samples along the year were available.

INTRODUCTION

Many species living near the sea-bottom swim actively from the sea bottom into the water column. This fauna has been variously called the suprabenthos, hyperbenthos, Benthic Boundary Layer macrofauna (Brunel *et al.*, 1978; Mees, 1994; Dauvin *et al.*, 1994, 1995; Mees & Jones, 1997). Crustaceans especially decapods and peracarids, are dominant in the water column near the bottom. Amongst the peracarids, amphipods and mysids are dominant in the English Channel as in other parts of the world ocean (Hargreaves, 1985; Kaartvedt, 1986, 1989, Buhl-Jensen & Fosså, 1991). The suprabenthos is an important food of nectobenthic fishes, and decapods and

peracarids form the main preys of many fish species (Fulton, 1982a, b; Sorbe, 1984). The composition and swimming activity of the Amphipod of the English Channel have been described previously (Zouhiri & Dauvin, 1995; Vallet & Dauvin, 1996; Dauvin & Zouhiri, 1996). In this paper, we present the specific composition and the swimming behaviour of the mysids, which are the most abundant group of suprabenthic fauna of the English Channel. The informations on suprabenthic mysids remain rare, and concern only scandinavian fjords (Fosså 1985; Kaartvedt, 1986, 1989) or European estuaries (Fulton, 1982a, b; Moffat & Jones, 1992, 1993; Mees, 1994). Nevertheless, mysids form important swarms in the Benthic Boundary Layer and in the water column in coastal areas, and form a direct link between the benthos and the pelagos because through their daily and horizontal migrations (Fulton, 1982a, b; Moffat & Jones, 1992, 1993).

MATERIALS AND METHODS

Study area

Sampling stations were located in the English Channel and the Seine Estuary (Figure 1). The stations choosen were representative of the common hydrological and sedimentological conditions of this area (which was characterized by a general circulation dominated by strong tidal currents). Tidal currents controlled the distribution of the sediment. In areas of weak currents, muddy-fine sand predominated, whereas in the open sea where the currents were stronger, medium, coarse sand, pebble and gravels predominated. Full descriptions of each station are given in Table 1.

In the western part of the Channel (stations 1, 2, 3, and PN), the salinity remained around 35 P.S.U. throughout the year; the temperature showed an annual cycle with the lowest temperature in winter (6-8°C) and the highest at the end of the summer (15.5-20°C); at station 2 an estival thermocline for the 25 surficial meters occurred from June to September (Table 1). Four stations were located in the open eastern Channel (4, 5, 6 and F), three were in the circalittoral zone: 25 to 29 m depth (medium sand to pebble), and the last one station F was in the infralittoral zone: 5 m on muddy fine sand. A supplementary station was located in the Seine Estuary in an area with high salinity and temperature changes (0.3-20 P.S.U.; 3-23 °C). In the eastern part of the Channel (stations, 4, F, PtN, 5, and 6), the salinity was affected by the freshwater input of the Seine River, and the salinity remained lower than 34 P.S.U. along the year; at station F the sea bottom could be lower than 30 P.S.U. during Seine swelling. The temperature showed an

important annual cycle with the lowest temperature in winter (4-6°C) and the highest at the end of the summer (20-22°C).

Sampling and sorting

All the hauls were collected with a new version of Macer-GIROQ sledge (Dauvin & Lorgère, 1989; Dauvin *et al.*, 1995). This sledge allowed simultaneous sampling of the fauna at four levels between 0.10 and 1.45 m (0.10-0.40, 0.45-0.75, 0.80-1.10 and 1.15-1.45 m) above the bottom with four WP2 plankton nets (0.5 mm mesh size). Each net was equipped with a Tsurimi Seiki Ku flowmeter to measure the volume of the seawater filtered. The hauls were sampled at different periods of the year, with spring and autumn samplings at seven stations, and during an annual cycle at station 1 Trezen Vraz and station 3 Normano-Breton Gulf in the western Channel (Table 1). A total of 198 hauls was taken and the number of hauls at each station is shown in Table 1. Organisms were fixed with 10 % neutral formalin, washed and transferred to 70 % ethanol. All the organisms were sorted under a dissecting microscope, counted and identified to species level. The numbers of individuals were standardized to 100 or 400 m⁻³.

Data analysis

The swimming activity of the dominant species was measured with three swimming coefficient activity: $K1 = Nf2 / Nt$, $K2 = Nf3 / Nt$, $K3 = Nf4 / Nt$. $Nf2$, $Nf3$, $Nf4$ were density per 100 m⁻³ in nets 2, 3 and 4 respectively, and Nt was total density per 400 m⁻³ (Dauvin *et al.*, 1994). The geographical and sedimentology gradient between the stations was study with correspondence analyses. Stations were classified into groups by hierarchical classification (Benzecri, 1973).

RESULTS

Main characteristics of the mysids population

A total of 28 species and 14 genera belonging to family Mysidae (4 sub-families) were collected; 25 species were present in the western part, and 20 species were recorded in eastern part. The number of species varied per station from 5 to 19 species, the richest stations were stations 5 and PN (19 species), and the poorest station was station PtN (5 species) (Figure 2).

Only one species, *Gastrosaccus spinifer*, was present at all nine stations, eight species were present only in the western Channel, and three species were present only in the eastern part. Three species were absent in the Seine Estuary at PtN station; two *Gastrosaccus* species: *G. lobatus* and *G. normani* were only absent in the area under freshwater influence (stations PtN and F) in the Seine Estuary.

In the six circalittoral stations (stations 1, 2, 3, 4, 5 and 6), mysids formed 11% of the suprabenthic species collected in spring and 13% in autumn, 42% of the total number of individuals collected in spring, and were very dominant in autumn with 85% of the total number of individuals collected by the sledge. In biomass, mysids represented 25% in spring and 43% in autumn of the total suprabenthic biomass.

The sub-family Gastrosaccinae was dominated with *Gastrosaccus* (4 species) and *Anchialina agilis*. Table 2 lists the main species, and their frequency and density at each station. Amongst *Gastrosaccus*, *G. spinifer* and *G. normani* are the commonest species. Their maximal density reached 1800 ind. 100 m⁻³ and 700 ind. 100 m⁻³ respectively at station 6 in September and station PN in November. *Anchialina agilis* was present at all stations with a frequency remaining about 100 % in the hauls, the highest density occurred at station 2: 1523 ind. 100 m⁻³ in October. *Schistomysis ornata* dominated in autumn at station 2 with maximal density reached 8077 ind. per 100 m⁻³; at this station *Erythrops elegans* was also abundant during autumn: 1640 ind. per 100 m⁻³. Mysid density was low at both seasons at stations 3 and F; higher during spring than in autumn at stations 1, 4, and higher in autumn than in spring at stations PN, 2 and 6. At these two last stations 2 and 6 on medium sand, density were high in autumn.

In the Seine Estuary, *Mesopodopsis slabberi* and *Neomysis integer* dominated in both seasons (spring and autumn) with maximal densities of 6000 and 20700 for the first species and 66700 and 216000 ind. 100 m⁻³ for the other. In both seasons, the mean density (including sunset and sunrise hauls) was high in the Seine Estuary (Table 3). In the other stations, the density was moderated especially at both seasons at station 1, PN, 3, 4, F, and 5 (Table 3). On the medium sand stations (2 and 6), the density showed seasonal variation and was relatively high during autumn (Table 3).

According to the main characteristics of the mysid populations (Table 2), the English Channel may be divided in three main zones: (1) western part (including stations 1, 2, 3 and PN) characterized by *Anchialina agilis*, *Gastrosaccus* genus and *Siriella jaltensis*, and *Schistomysis ornata* and *Erythrops elegans* at station 2 during autumn; (2) stations F and 4 in the Bay of Seine

characterized by *Gastrosaccus spinifer* and *Schistomysis ornata*, and (3) stations 5 and 6 in the Dover Strait characterized by *Acanthomysis longicornis*, *Gastrosaccus spinifer* and *G. normani*.

Distribution of mysids along different gradients

Sedimentological gradient

The Correspondence Analysis was based on all spring nocturnal hauls (16 hauls) except station PtN in the Seine Estuary and the 24 species collected in these spring hauls. Four assemblages could be distinguished (Figure 3a): (1) assemblage A was well identified and opposed the fine sand station PN to the three other groups; (2) assemblage B was related to the medium sand station 6; (3) assemblage C gathered to fine and medium sand stations, sub-group CI corresponded to the muddy fine sand station F, and sub-group CII referred to the medium sand station 2; and the last one assemblage D gathered the coarse sand, gravels and pebbles stations, sub-group DI corresponded to coarse sand station 1, and sub-group DII referred to gravels and pebbles stations (stations 3, 4 and 5).

Geographical gradient

The Correspondence Analysis was based on data from 12 nocturnal autumn hauls sampled in the six circalittoral stations and the 26 species recorded in these hauls. Three different assemblages could be identified (Figure 3b): (1) assemblage I regrouped the Brittany stations 1 and 3; (2) assemblage II corresponded to the station offshore Plymouth 2, and (3) assemblage III characterized eastern stations, sub-group IIIa corresponded to the Dover Strait station 6, and sub-group IIIb referred to stations 4 and 5.

Salinity gradient

Figure 4 shows the mysid spring distribution along the salinity gradient in the Seine. Although the number of species declined according to the salinity decreasing, maximum mysid density occurred in low salinity (3-10 P.S.U.). *Schistomysis* spp. characterized the outer part of the estuary, *Mesopodopsis slabberi* characterized the mesohaline estuary (10-15 P.S.U.), while *Neomysis integer* occurred in high abundance in the oligohaline estuary where the salinity was lower than 10 P.S.U. Upstream of 1 P.S.U. the density of *N. integer* decreased dramatically.

Daily changes

Daily changes of mysid populations were showed at stations 1 Trezen Vraz offshore Roscoff (July), 3 Norman-Breton Gulf (April) and PtN Pont de Normandie, Seine Estuary (September) where 24h time-series collections were available. At the two Brittany stations (stations 1 and 3), the maximum number of species was similar but the maximum density was very low in the Normano-Breton gulf.

At station 1 (Figure 5), the species number decreased after sunset, showed a minimum during the first part of the night, and reached a maximum at sunrise. A similar pattern was observed for density changes with high abundance during daytime, maximum densities at sunrise and very low density during the night. Changes of total densities were mostly determined by one species, *Anchilalina agilis*, which had abundance peaks of at sunrise and sunset.

At station 3, specific richness and total density were highest during the night. The density was particularly low at daytime.

At Station PtN (Figure 6), *Mesopodopsis slabberi* was recorded only during flood and high tide, and was advected upstream by the tide. *Neomysis integer* density depended both on tidal advection (higher density during ebb and low tide) and daily changes: it was present near the sea bottom only during the day, during the night it was dispersed into the water column.

Swimming activity

According to their swimming activity, based on the whole specimens collected in autumn, the nine main species were classified in three groups (Table 4):

Group 1 - Upper organisms with a very strong swimming activity ($K1 < K2 < K3$, $K3 > 0.30$) (*Neomysis integer* and *Mesopodopsis slabberi*).

Group 2 - Species with a strong activity and occupying the whole seawater column adjacent to the sea floor: $K1 = K2 = K3 = 0.25$: this behaviour was shown by the three most abundant species in the Channel (*Anchilalina agilis*, *Gastrosaccus normani* and *Siriella jaltensis*).

Group 3 - Lower species with limited swimming activity, being more abundant in the lower nets, ($K1 > K2 > K3$) (*Erythrops elegans*, *Gastrosaccus spinifer*, *Schistomysis ornata* and *Siriella clausii*).

Swimming activity also changed with age, sex, and stations. At station 2, *Erythrops elegans* was sampled in high densities only in the two lower nets ($N1 = N2 > N3 = N4$) (Figure

7). At the same station, juvenile *Schistomysis ornata* were collected at high density and showed a vertical pattern similar to *E. elegans*, with a swimming activity higher in the lower part of the Benthic Boundary Layer (Figure 7); males and females occupied all the seawater column sampled by the sledge. Male, female and juvenile *Gastrosaccus spinifer* showed identical swimming behaviour which changed with the hydrodynamic conditions. At station 5 (on pebbles where the hydrodynamism due to the tidal currents was high), all the life-history stages were concentrated in the upper nets ($N1 < N2 < N3 < N4$), conversely, at station 6 (medium sand where the hydrodynamism was low), individuals especially adult males and females, were collected mainly in the lower net ($N1 > N2 = N3 = N4$) (Figure 7). *Anchialina agilis* showed different swimming behaviours according to their stages and stations (Figure 8). At stations 2 and 4, adults were more abundant near the bottom than in the upper nets, conversely at stations 3 and 6 they were more abundant in the upper nets while the juveniles were collected at each station at all the Benthic Boundary Layer ($N1 = N2 = N3 = N4$).

Seasonal changes

At station 1, species richness reached a peak during the summer (July) and a second maximum occurred in November (Figure 9). The density at this station was maximum in July (> 200 ind. 100 m^{-3}), and during the rest of the year the density was very low except in October when the density reached 100 ind. 100 m^{-3} . This temporal change was essentially due to *A. agilis* which was the dominant species at this station. At station 3, the species richness showed very weak changes along the year, it reached its maximum in November (13 species against 10 and 11 for the other samplings) (Figure 9). The density remained lower than 50 ind per 100 m^3 in winter and spring, then it increased regularly to reach a maximum during the autumn in November (> 250 ind. per 100 m^3). As at station 1, changes were related to the seasonal patterns of abundance of dominant species, *A. agilis*.

DISCUSSION

Mysids are known as important component of the communities of coastal areas. They are mainly detritus feeders and carnivorous and act as major organisms in the trophic chain (Mauchline, 1980; Fulton, 1982b). They form also a major part of the diet of nectobenthic fish (Fulton, 1982a; Sorbe, 1984). Many mysid species inhabit the water column near the sea bottom

and swim actively in the Benthic Boundary Layer just above the sediment. Some Mysids are able to swim to the sea surface and migrate each day more than 100 m. Others are strictly mesopelagic (Mauchline, 1980).

In the English Channel, the mysid fauna is as diversified as in the Bay of Biscay (28 species) (Sorbe, 1984), and higher than at Kieler Bucht (10 species) (Hesthagen, 1973) and Gullmarfjord (13 species) (Buhl-Jensen and Fosså, 1991). The western part of the English Channel was more diversified than the eastern part, but density varied strongly from one station to another. Mysid density was very high in the Seine Estuary with only two dominant species, *Mesopodopsis slabberi* and *Neomysis integer*. Nevertheless, the species richness in the Schelde Estuary (Mees *et al.*, 1993a, b) was more diversified than the Seine Estuary (eight species against five species) (Wang & Dauvin, 1994; this study).

Daily vertical migrations and swimming activities of mysids have been described previously (Fosså, 1985; Kaartvedt, 1986, 1989; Macquart-Moulin, 1984, 1985; Macquart-Moulin and Patrity, 1993; Macquart-Moulin and Ribera Maycas, 1994; Mauchline, 1980; Dauvin *et al.*, 1994; Sorbe, 1984). These authors pointed out two different patterns: species staying just above the bottom during the night and migrating in the water column or burrowing into the sediment during the daytime, and species which were in the Benthic Boundary Layer during the day and in the water column during the night.

By studying our samples, three models of swimming behaviour and vertical distribution were identified: (1) mysids occupying the entire column (*A. agilis*, *G. normani* and *Siriella jaltensis*), (2) mysids found essentially in the upper nets (*M. slabberi* and *N. integer*), and (3) mysids living near the bottom (*E. elegans*, *G. spinifer* and *S. ornata*). Five types of daily changes were observed: (1) pelagic species migrating to the Benthic Boundary Layer at sunrise, staying near the sea floor during the daytime with maximum density, and leaving this compartment at sunset, during the night they lived in the whole water column (*A. agilis*); (2) pelagic species staying in the Benthic Boundary Layer during the night and leaving this compartment during the daytime (*G. normani*); (3) benthic species concentrating in the Benthic Boundary Layer as soon as sunset, staying in this column at night and migrating from the Benthic Boundary Layer to the bottom at sunrise (*S. clausii*); (4) mysids living in the Benthic Boundary Layer during the daytime and migrating to the surface at sunset and coming again to the Benthic Boundary Layer at sunrise (*G. spinifer*, *S. jaltensis* and *E. elegans*), and (5) mysids staying in the sampling water column during all the day (*S. ornata*). In the Seine Estuary, the daily changes of suprabenthic mysid

populations resulted from two mechanisms: passive advection due to tidal currents and active daily migration (*N. integer*).

Changes of mysid abundance (aggregation, vertical and horizontal migrations) were the result of responses to several environmental and biological factors. Light has been reported as the most important factor for mysid vertical migrations (Hesthagen, 1973; Anger *et al.*, 1976; Macquart-Moulin, 1973, 1975, 1977; Macquart-Moulin *et al.*, 1987; Kaartvedt, 1989; Elizalde *et al.*, 1991). Mysids were mostly active at sunset and sunrise, confirming they are very sensitive to light fluctuations. Other factors, such as breeding behaviour and maturity state (Elizalde *et al.*, 1991; Macquart-Moulin *et al.*, 1987), salinity gradient, tidal currents (Kaartvedt, 1986) may also explain swimming activity of mysids. However, turbulence has an important role in the vertical distribution of the mysids in the English Channel. Vertical distribution of suspended organic material (nature and concentration of food) and turbidity in the Benthic Boundary Layer seemed also important for mysid activity. At the deep station 2, where the turbulence was weak, mysids swam just above the sediment, conversely at stations 3 and 5 where the turbulence was high, the mysids occupied all the water column.

Hargreaves (1985) noted that food supply was an important factor for understanding the vertical distribution of pelagic oceanic mysids and suggested that increased food availability near the bottom might be an important factor in causing increased abundance.

In the English Channel and the Seine Estuary, the near-bottom mysid populations were affected by seasonal changes in species number and densities. Mauchline (1971) described seasonal occurrence of mysids on British shores and, related fluctuations to breeding (when the population increased in number), and migration and predation (when it decreased in number). Roger *et al.* (1994) studied mysid distribution and movements within the Severn Estuary and the Bristol Channel, and reported that all the species of mysid resident in the lower estuary showed a clear seasonality in their movements and reproduction. The number of species and total individuals remaining high until autumn. They attributed these changes to salinity changes, reproductive patterns and tidal factor. Similar changes were observed in the Seine Estuary (Mouny *et al.*, 1996).

Our results show the dominance of mysids for the suprabenthic fauna of the English Channel. Mysids showed important quantitative daily and seasonal changes. Thereby, mysid migrations constituted an important mechanism for vertical and horizontal transfers of organic matter between the surface, the bottom and the Benthic Boundary Layer. In the future, research on the main factors explaining these behaviours should be studied in the English Channel. In this

megatidal sea, the consequences of tidal currents, which provoked high turbulence in the whole water column, and high advective transport should be studied on the horizontal and vertical distribution and horizontal transport of pelagic organisms like mysids and their diet.

This study was carried out as a part of the "Programme National d'Océanographie Côtière (PNOC), chantier Manche (CNRS-INSU & IFREMER)" and the "Programme Seine Aval" coordinated by the « Région Haute Normandie ». The authors thank the crews of the N.O. Le Suroît, Le Noroît, Côte de Normandie, Côte d'Aquitaine, and Pluteus II, J.-C. Lorgeré and C. Conq for their technical supports during the cruises, the "Centre Informatique du Muséum" for its help for factorial analysis, and Pr Malcolm B. JONES, University of Plymouth for suggestions and help with English.

REFERENCES

- Anger, K. & Valentin, C., 1976. *In situ* studies of the diurnal activity of *Diastylis rathkei* (Cumacea, Crustacea) and its importance for the "Hyperbenthos". *Helgoländer Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen*, 28, 138-144.
- Benzecri, J.P., 1973. *L'analyse des données. Tome 2. L'analyse des correspondances*. Paris: Dunod.
- Brunel, P., Besner, M., Messier, D., Poirier, L., Granger, D. & Weinstein, M., 1978. Le traîneau MACER-GIROQ: appareil amélioré pour l'échantillonnage quantitatif de la petite faune nageuse au voisinage du fond. *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie*, 63, 815-829.
- Buhl-Jensen, L. & Fosså, J.H., 1991. Hyperbenthic crustacean fauna of the Gullmarfjord area (western Sweden): species richness, seasonal variation and long-term changes. *Marine Biology*, 109, 245-248.
- Dauvin, J.C. & Lorgeré, J.C., 1989. Modifications du traîneau Macer-GIROQ pour amélioration de l'échantillonnage quantitatif étagé de la faune suprabenthique. *Journal de Recherche Océanographique*, 14, 65-67.

Dauvin, J.C., Iglesias, A. & Lorgère, J.C., 1994. Suprabenthic crustacean fauna of the circalittoral coarse sand community off Roscoff (English channel): composition, swimming activity and seasonal variation. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **74**, 543-562.

Dauvin, J.C., Sorbe, J.C. & Lorgère, J.C. 1995. The Benthic Boundary Layer Macrofauna from the upper continental slope and the Cap-Ferret Canyon (Bay of Biscay). *Oceanologica Acta*, **18**, 113-122.

Dauvin, J.C. & Zouhiri, S., 1996. Hyperbenthic crustacea fauna of a dense *Ampelisca* community from the English Channel. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **76**, 909-929.

Elizalde, M., Dauvin, J.C. & Sorbe, J.C. 1991. Les mysidacés suprabenthiques de la marge sud du canyon du Cap-Ferret (Golfe de Gascogne): répartition bathymétrique et activité natatoire. *Annales de l'Institut Océanographique*, **67**, 129-144.

Fosså, J.H., 1985. Near-bottom vertical zonation during daytime of deep-living hyperbenthic mysids (Crustacea: Mysidacea). *Sarsia*, **70**, 297-307.

Fulton, R.S.III, 1982a. Preliminary results of an experimental study of the effects of mysid predation on estuarine zooplankton community structure. *Hydrobiologia*, **93**, 79-84.

Fulton, R.S.III, 1982b. Predatory feeding of two marine mysids. *Marine Biology*, **72**, 183-191.

Hargreaves, P.M., 1985. The distribution of Mysidacea in the open ocean and near-bottom over slope regions in the Northern North Sea, Atlantic ocean during 1979. *Journal of plankton Research*, **7**, 242-261.

Hesthagen, I.H., 1973. Diurnal and seasonal variations in the near-bottom fauna -the hyperbenthos- in one of the deeper channels of the Kieler Bucht (Western baltic). *Kieler Meeresforschungen*, **29**, 116-140.

Jambu, M. & Lebeaux, M.O., 1978. *Classification automatique pour l'analyse des données.2. Logiciels*. Paris: Dunod.

Kaartvedt, S. 1986. Diel activity patterns in deep-living cumaceans and amphipods. *Marine Ecology Progress Series*, 30, 243-249.

Kaartvedt, S., 1989. Nocturnal swimming of Gammaridean Amphipod and Cumacean Crustacea in Malsfjorden, Norway. *Sarsia*, 74, 187-193.

Macquart-Moulin, C., 1973. L'activité natatoire rythmique chez les péracarides benthoplanctoniques. Déterminisme endogène des rythmes nyctéméraux. *Tethys*, 5, 209-231.

Macquart-Moulin, C., 1975. Les péracarides benthiques dans le plancton Amphipodes, Cumacés, Isopodes, Mysidacés. Analyse des comportements migratoires dans le golfe de Marseille. Recherches expérimentales sur l'origine des migrations et le contrôle de la distribution des espèces. *Thèse Doctorat d'Etat Université. Aix-Marseille II*.

Macquart-Moulin, C., 1977. Les réactions photocinétiques des péracarides du plancton nocturne. Fraction planctonique: *Gastrosaccus lobatus* et *Gastrosaccus armatus*. *Tethys*, 7, 339-348.

Macquart-Moulin, C., 1984. La phase pélagique nocturne et les comportements migratoires des Amphipodes benthiques (Méditerranée nord-occidentale). *Tethys*, 11, 171-196.

Macquart-Moulin, C., 1985. Le contrôle des phases pélagiques nocturnes chez les crustacés péracarides benthiques. *Tethys*, 11, 275-287.

Macquart-Moulin, C., Bourdillon, A., Cubizolles, F., Passelaige, F. & Rasoanarivo, R., 1987. Un cas typique de migration vertical 'retard' chez l'amphipode *Ampelisca typica*. *Journal of Plankton Research*, 9, 785-809.

Macquart-Moulin, C. & Patreti, G., 1993. Canyons sous-marins et advection vers le talus continental du plancton néritique. *Oceanologica Acta*, 16, 179-189.

- Macquart-Moulin, C. & Ribera Maycas, E., 1995. Inshore and offshore diel migrations in European benthopelagic mysids, genera *Gastrosaccus*, *Anchialina* and *Haplostylus* (Crustacea, Mysidacea). *Journal of Plankton Reserach*, **17**, 531-555.
- Mauchline, J., 1971. Seasonal occurrence of mysids (Crustacea) and evidence of social behaviour. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **51**, 809-825.
- Mauchline, J., 1980. The biology of mysids and euphausiids. *Advances in Marine Biology*, **18**, 1-681.
- Mees, J. & Hamerlynck, O., 1992. Spatial community struture of the winter hyperbenthos of the Shelde estuary, the Netherlands, and the adjacent coastal waters. *Netherlands Journal of Sea Research*, **29**, 357-370.
- Mees, J. Cattrijsse, A. & Hamerlynck, O., 1993a. Distribution and abundance of shallow-water hyperbenthic mysids (Crustacea, Mysidacea) and euphausiids (Crustacea, Euphausiacea) in the Voordelta and the Westerschelde, southwest Netherlands. *Cahiers de Biologie marine*, **34**, 165-186.
- Mees, J. Dewicke, A. & Hamerlynck, O., 1993b. Seasonal composition and spatial distribution of hyperbenthic communities along estuarine gradients in the Western-Shelde. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, **27**, 359-376.
- Mees, J., 1994. The hyperbenthos of shallow coastal waters and estuaries: community structure and biology of the dominant species. *University of Gent*.
- Moffat, A.M. & Jones, M.B., 1992. Bionomics of *Mesopodopsis slabberi* and *Neomysis integer* (Crustacea: Mysidacea) in the Tamar Estuary. In *Taxonomy, Biology and Ecology of (Baltic) Mysids (Mysidacea: Crustacea)* (eds= Von J. Köhn, M.B. Jones & A. Moffat), pp. 109-119. Rostock University Press.

- Moffat, A.M. & Jones, M.B., 1993. Correlation of the distribution of *Mesopodopsis slaberryi* (Crustacea, Mysidacea) with physico-chemical gradients in a partially-mixed estuary (Tamar, England). *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, **27**, 155-162.
- Mouny, P., Wanz, Z. & Dauvin, J.C., 1996. Premières données sur la structure spatio-temporelle du mésozooplancton et du suprabenthos de l'estuaire de la Seine. *Journal de Recherches Océanographiques*, **21**, 100-108.
- Roger, N., Bamber, N. & Henderson, P.A., 1994. Seasonality of caridean decapod and mysid distribution and movements within the Severn Estuary and Bristol Channel. *Biology Journal of the Linnean Society*, **51**, 83-91.
- Sorbe, J.C., 1984. Contribution à la connaissance des peuplements suprabenthiques néritiques sud-Gascogne. *Thèse Doctorat d'Etat, Université de Bordeaux*.
- Vallet, C. & Dauvin, J.C. 1996. Qualitative et quantitative composition of the hyperbenthic Amphipods from the English Channel. *Polskie Archiwum Hydrobiologii*, **42**, 461-481.
- Wang, X. & Dauvin, J.C., 1994. The suprabenthic crustacean fauna of the infralittoral fine sand community in the Bay of Seine (eastern English Channel): composition, swimming activity and diurnal variations. *Cahiers de Biologie marine*, **35**, 135-155.
- Zouhiri, S. & Dauvin, J.C., 1995. Diel changes of the Benthic Boundary Layer macrofauna over coarse sand sediment in the western English Channel. *Oceanologica Acta*, **19**, 141-153.

Table 1: Main sedimentological and hydrological characteristics of the nine stations in the English Channel.

	Station 1	Station PN	Station 2	Station 3
	Trezen Vraz	Pierre Noire	Plymouth	Norman-Breton Gulf
Location	48°51.20' N 3°53.2' W	48°42.30' N 3°51.58' W	49°53.75' N 4°13.00' W	48°50.20' N 2°42.50' W
Depth in m	75	17	75	33
Type of sediment	coarse sand	fine sand	medium sand	coarse sand and pebble
Sampling dates and number of hauls	14-15 November 1988 (9) 16 February 1989 (5) 24 August 1989 (4) 9 October 1989 (3) 17-18 July 1990 (11)	17 June 1994 (9) 16 November 1995 (9)	10-13 June 1993 (5) 6-7 October 1994 (6)	3-4 June 1993 (5) 15-16 February 1994 (5) 21-22 April 1994 (11) 16-17 June 1994 (6) 30-31 August 1994 (7) 1-2-3 October 1994 (5) 14-15 November 1995 (5)
Total of hauls	32	18	11	44
Temperature (° C)	8-15.5			
Salinity	34.80-35.30	34.70-35.30	35.20	35.20
Mean filtered volume (m ³)	169	125	171	160

	Station 4	Station F	Station PtN	Station 5	Station 6
	' Bay of Seine	Bay of Seine	'Pont de Normandie'	Dover strait	Dover strait
Location	49°37.60' N 0°12.57' W	49°26.60' N 0°01.30' E	49°26.13' N 0°18.69' E	50°54.50' N 1°34.00' E	50°48.00' N 1°19.50' E
Depth in m	29	10	6.3-10.8	25	29
Type of sediment	coarse sand and gravels	muddy fine sand	mud	pebble	medium sand
Sampling dates and number of hauls	28 May 1993 (5) 26-29 September 1994 (6)	1-2 June 1992 (25) 14 November 1995 (9)	18-19 May 1994 (13) 17-18 September 1995 (13)	24-26 May 1993 (5) 21-24 September 1994 (6)	20-23 May 1993 (5) 17-20 September 1994 (6)
Total of hauls	11	34	26	11	11
Temperature (° C)					
Salinity	34.25-34.30	28-34	0.3-9.4	34.90-34.93	34.95
Mean filtered volume (m ³)	181	73	34.2	263	162

Table 2: Characteristics of three main mysids collected at each stations and each seasons. (F: % frequency (number of hauls where the species are collected/total number of hauls); D_{max} : haul in which the maximum density was observed).

		SPRING		AUTUMN	
		F	D_{max}	F	D_{max}
Station 1	<i>Anchialina agilis</i>	100	648.1	100	468.5
	<i>Gastrosaccus</i> spp.	75	12.6	100	59.1
	<i>Siriella jaltensis</i>	100	144.3	-	-
	<i>Siriella norvegica</i>	55	23.3	75	3.8
Station PN	<i>Acanthomysis longicornis</i>	75	6.5	25	0.6
	<i>Anchialina agilis</i>	25	0.4	100	41.0
	<i>Gastrosaccus lobatus</i>	50	5.9	50	51.4
	<i>Gastrosaccus normani</i>	-	-	100	689.6
	<i>Gastrosaccus sanctus</i>	100	9.7	-	-
	<i>Paramysis helleri</i>	100	20.6	-	-
Station 2	<i>Anchialina agilis</i>	80	69.6	100	1522.8
	<i>Erythrops elegans</i>	65	183.0	100	1639.6
	<i>Gastrosaccus normani</i>	70	79.0	100	460.7
	<i>Sichistomysis ornata</i>	50	48.8	100	8077.1
Station 3	<i>Anchialina agilis</i>	95	55.8	100	196.5
	<i>Gastrosaccus normani</i>	90	116.9	60	31.2
	<i>Siriella clausii</i>	55	90.2	100	57.0
	<i>Siriella jaltensis</i>	95	77.3	100	51.3
Station 4	<i>Anchialina agilis</i>	100	339.7	96	156.4
	<i>Gastrosaccus spinifer</i>	100	718.8	88	63.8
	<i>Mysidopsis gibbosa</i>	80	34.4	71	48.6
	<i>Schistomysis ornata</i>	95	103.9	63	2.2
Station F	<i>Gastrosaccus spinifer</i>	75	3.7	100	9.0
	<i>Leptomysis lingvura</i>	-	-	25	2.5
	<i>Mesopodopsis slabberi</i>	100	11.2	25	-
	<i>Schistomysis ornata</i>	95	41.6	75	41.2
Station PtN	<i>Neomysis integer</i>	75	66700.0	100	216000.0
	<i>Mesopodopsis slabberi</i>	58	6000.0	92	20700.0
	<i>Gastrosaccus spinifer</i>	48	190.8	16	2.0
	<i>Anchialina agilis</i>	-	-	8	0.6
Station 5	<i>Acanthomysis longicornis</i>	75	33.5	100	95.1
	<i>Anchialina agilis</i>	65	64.0	83	43.9
	<i>Gastrosaccus normani</i>	65	92.6	50	2.3
	<i>Gastrosaccus spinifer</i>	80	467.0	96	144.2
Station 6	<i>Acanthomysis longicornis</i>	75	35.9	100	83.2
	<i>Anchialina agilis</i>	95	13.3	100	370.0
	<i>Gastrosaccus normani</i>	90	84.7	100	289.2
	<i>Gastrosaccus spinifer</i>	100	1068.3	100	1814.4

Table 3. Densities (n. ind. 100 m⁻³) of the mysids at the sampling stations. DD: Day Density; ND: Night Density; Mean D: Mean Density including sunset and sunrise.

	Spring			Autumn		
	DD	ND	Mean D	DD	ND	Mean D
Station 1	53	43	79	62	15	29
Station PN	11	36	23	2	400	19
Station 2	18	83	45	5503	1355	4656
Station 3	27	40	37	106	187	177
Station 4	215	117	172	7	78	122
Station F	65	8	67	2	38	19
Station PtN	35219	13478	107604	69630	45577	62485
Station 5	169	3	72	201	31	85
Station 6	70	214	169	1039	102	949

Table 4. Swimming coefficients of the nine main species collected in the six circalittoral stations (K1, K2, K3: swimming coefficient, see text for explanation).

	K1	K2	K3	Group
<i>Neomysis integer</i>	0.12	0.39	0.44	1
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	0.03	0.30	0.40	1
<i>Anchialina agilis</i>	0.27	0.24	0.20	2
<i>Gastrosaccus normani</i>	0.31	0.21	0.21	2
<i>Siriella jaltensis</i>	0.26	0.22	0.21	2
<i>Erythrops elegans</i>	0.40	0.11	0.11	3
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	0.19	0.18	0.15	3
<i>Schistomysis ornata</i>	0.33	0.13	0.19	3
<i>Siriella clausii</i>	0.30	0.20	0.16	3

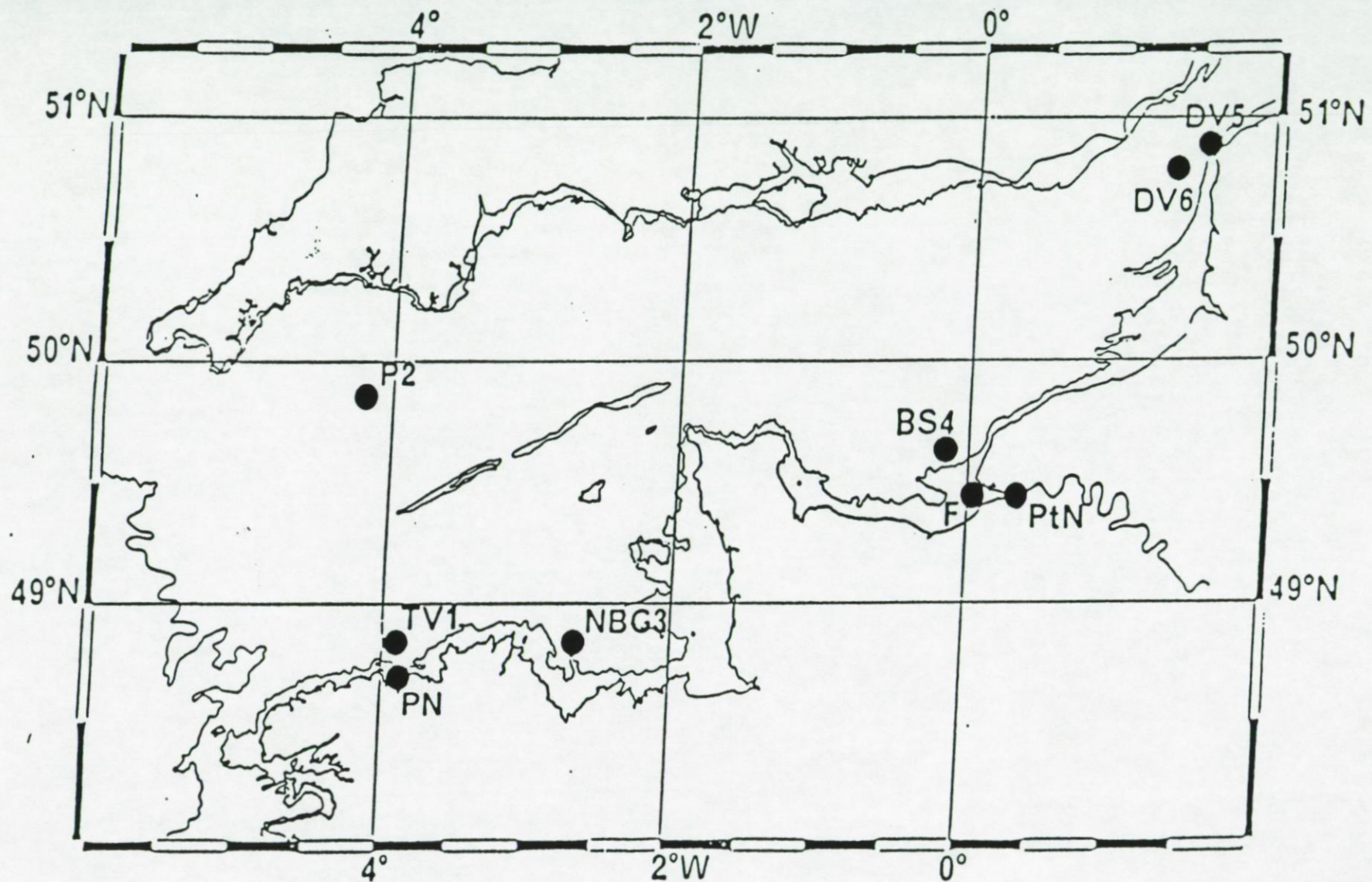


Figure 1. Location of the nine sampling stations in the English Channel.

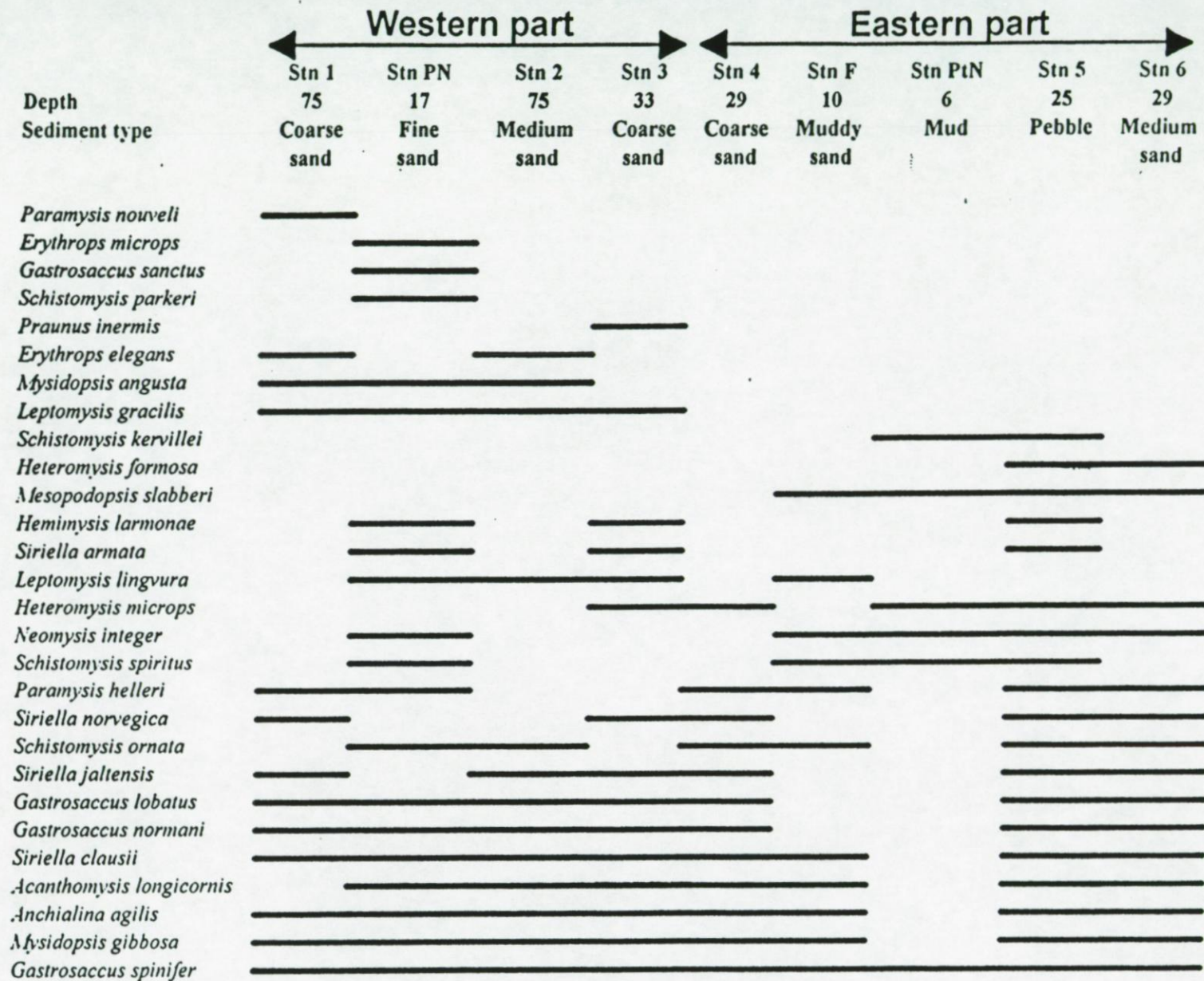


Figure 2. Presence of the 28 species in the nine stations sampled in the English Channel.

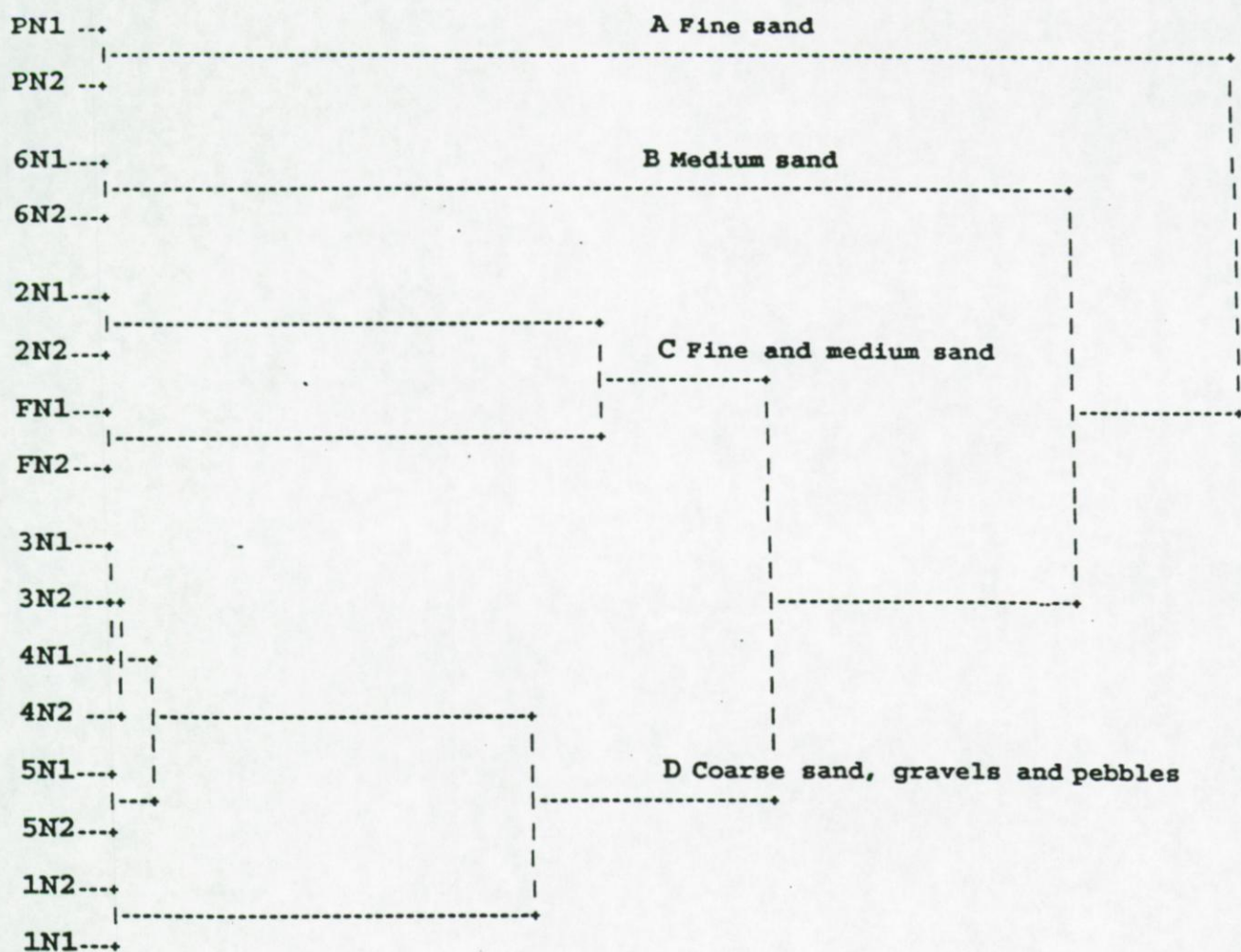


Figure 3a. sedimentological gradient for the eight offshore stations.

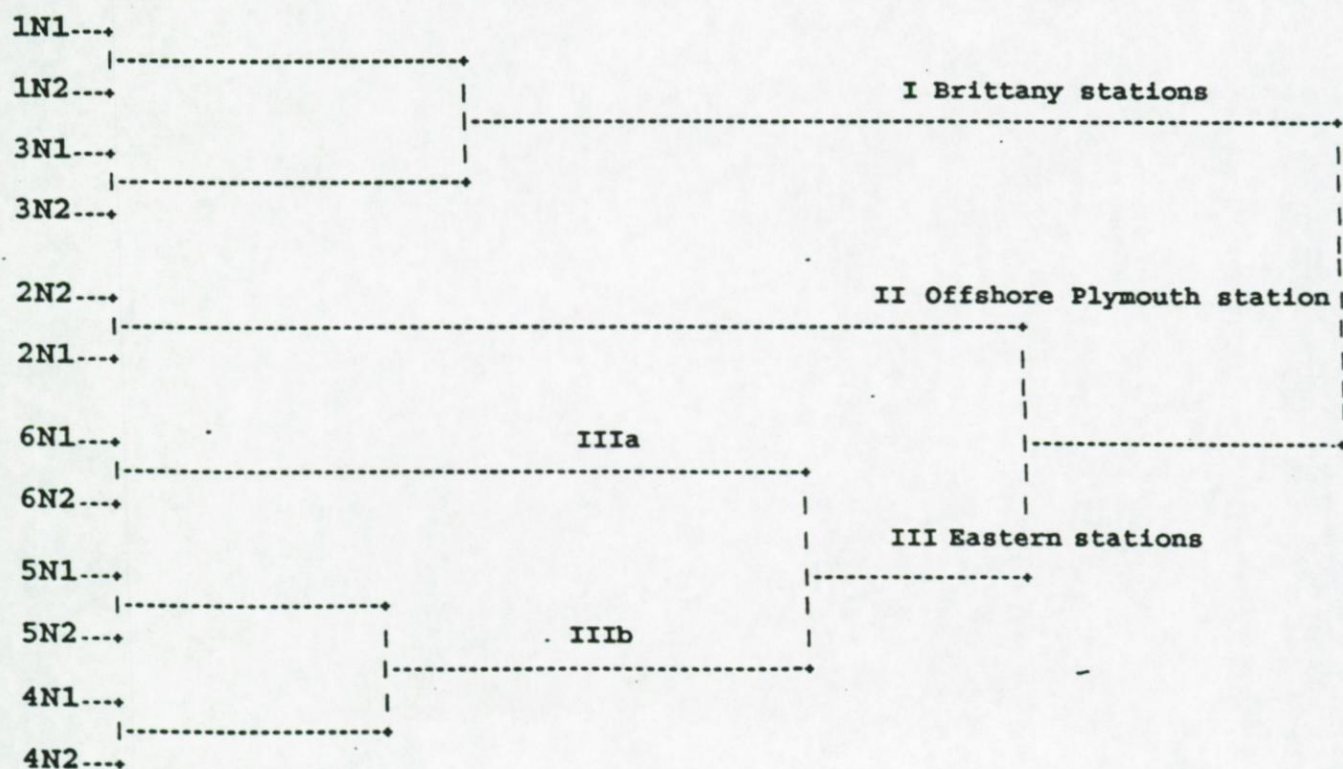


Figure 3b. Geographical gradient for the circalittoral stations.

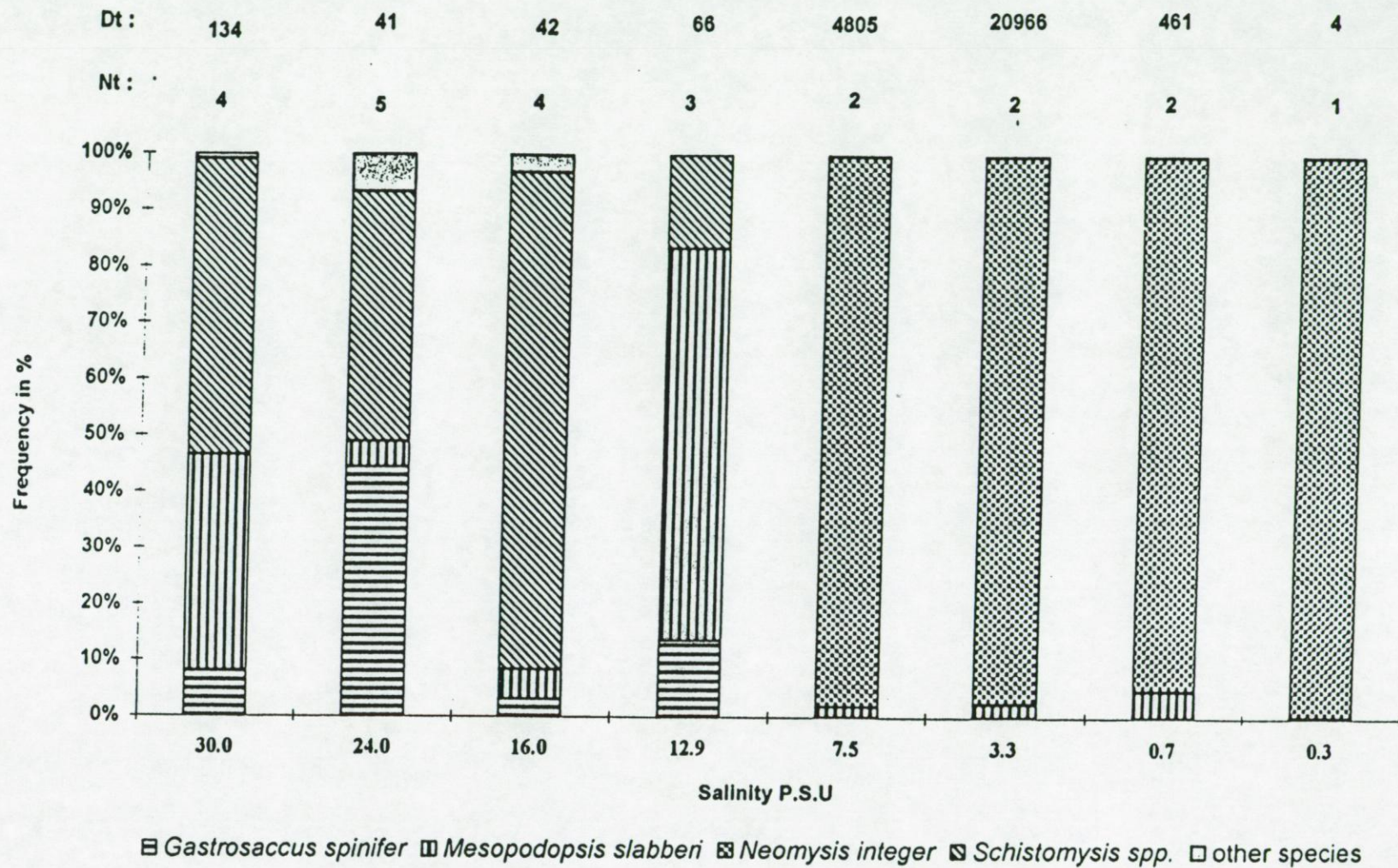


Figure 4. Structure of the spring mysid population along the salinity gradient in the Seine estuary. Dt : total density (ind.100 m⁻³); Nt : total number of species.

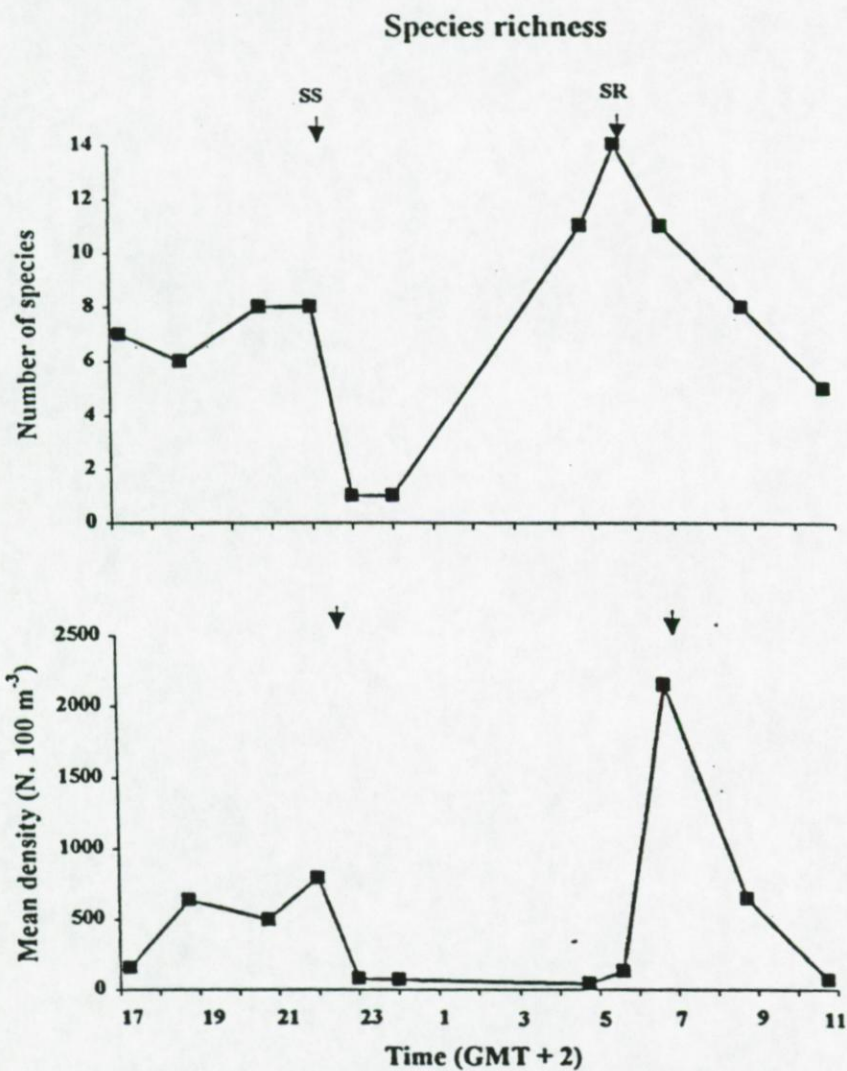


Figure 5. Diel migrations (July) at Trezen Vraz station (stn 1)
 SS: sunset; SR: sunrise.

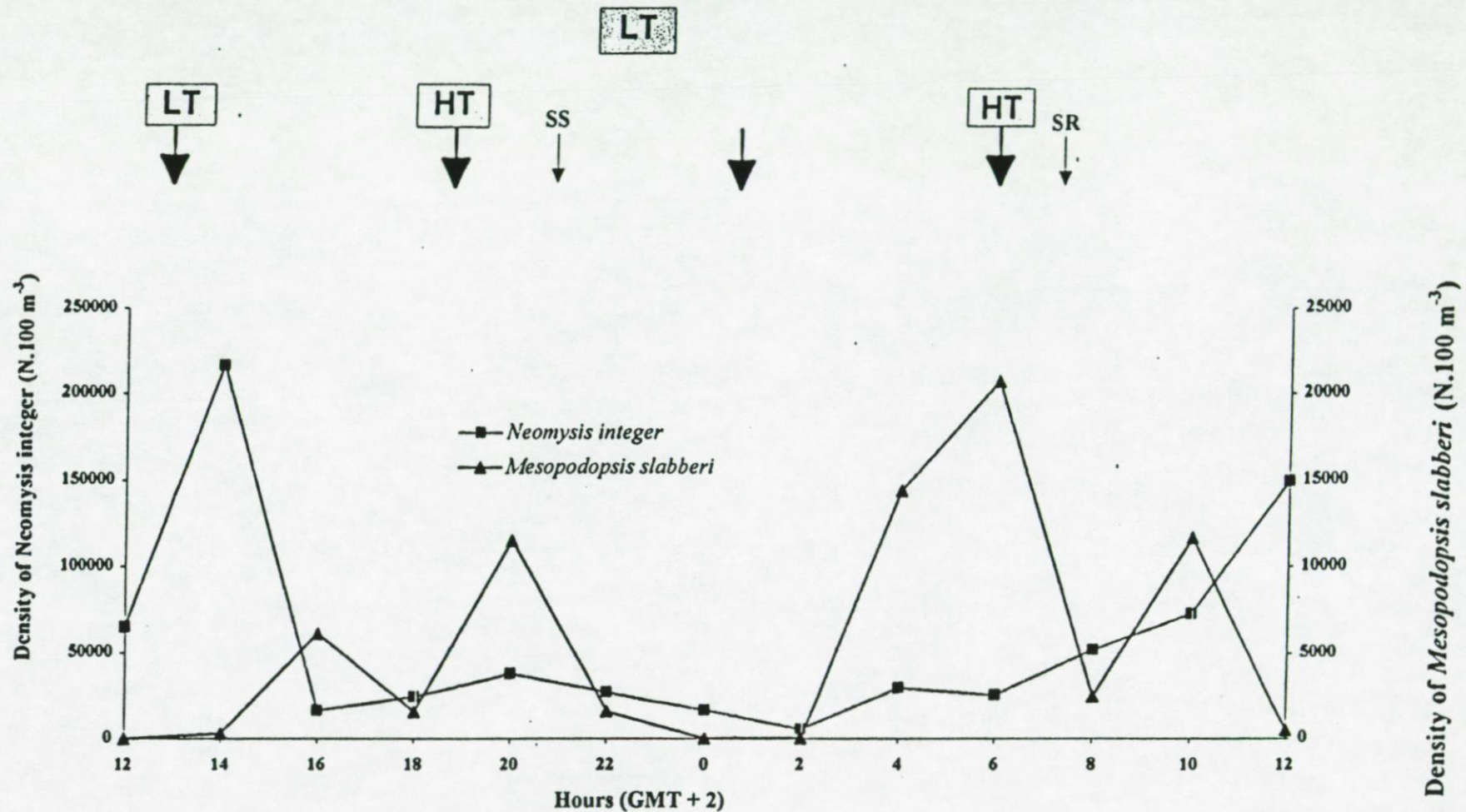


Figure 6. Temporal changes of *Neomysis integer* and *Mesopodopsis slabberi* densities during September a 24 time serie in the Seine estuary. LT : low tide ; HT : high tide.

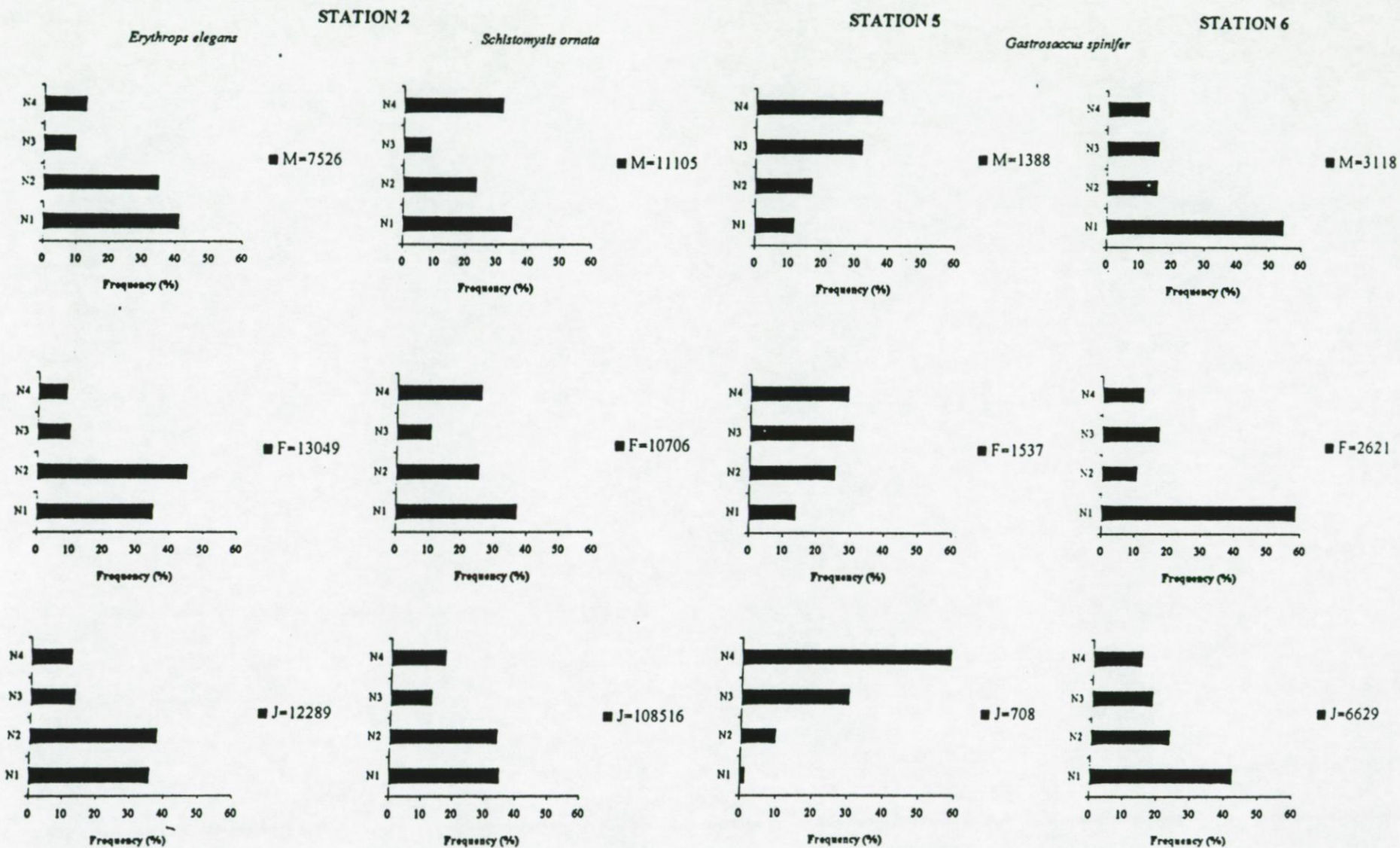


Figure 7. Swimming behaviour according to sexual maturity at three stations in the English Channel for three mysids species : *E. elegans*, *S. ornata* and *G. spinifer*.
M: males, F: females, J: juveniles.

Anchialina agilis

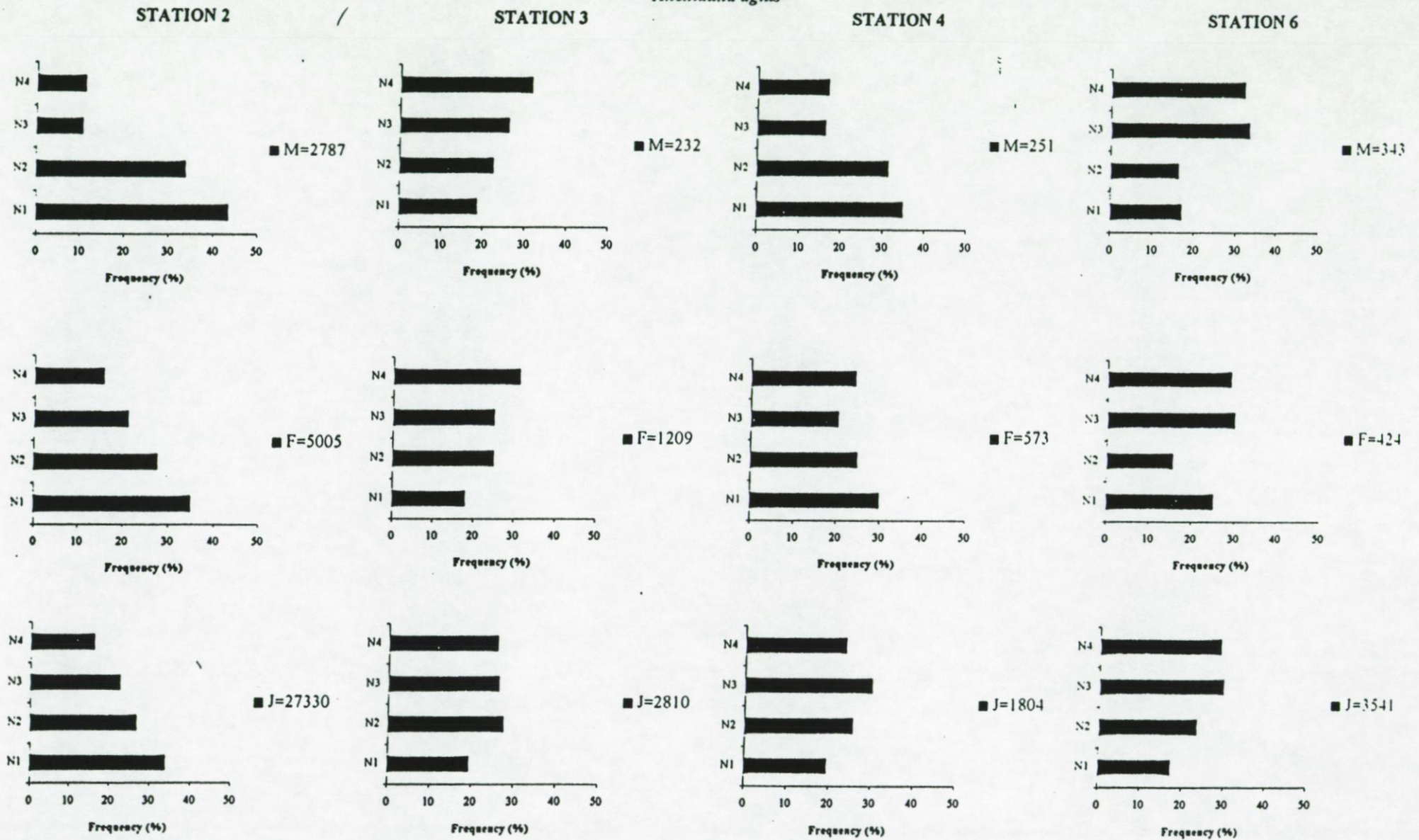


Figure 8. Swimming behaviour according to sexual maturity at four stations in the English Channel for *Anchialina agilis*. M: males, F: females, J: juveniles.

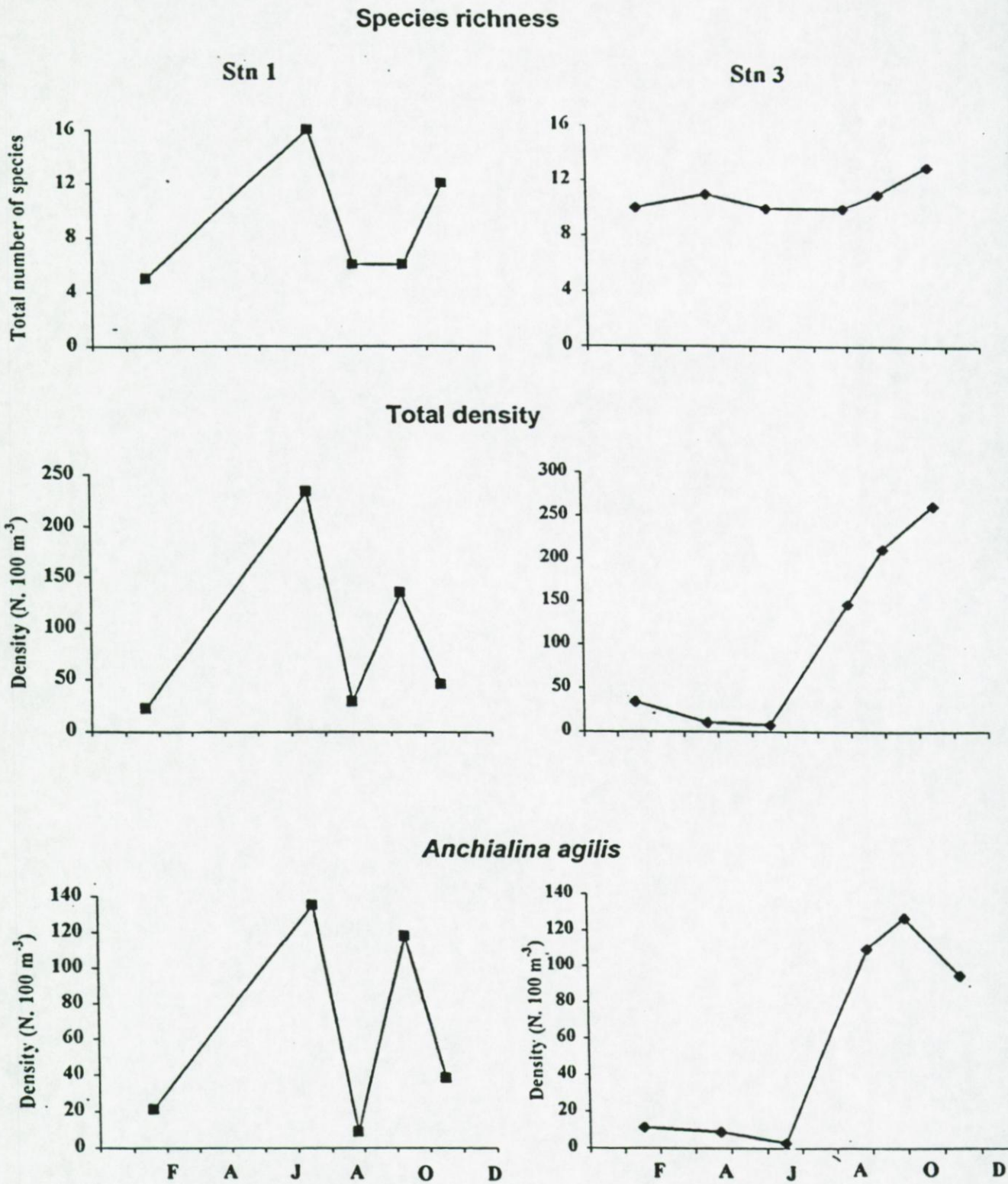


Figure 9. Seasonal changes of mysids at Trezen Vraz (stn 1) and Normano-Breton Gulf (stn3).

ANNEXE X

(soumis à Hydrobiologia)

Main characteristics of the Boundary Layer macrofauna in the English Channel

Jean-Claude Dauvin¹, Carole Vallet², Pascal Mouny² & Souaad Zouhiri²

¹ Station Marine de Wimereux, UPRES A ELICO, Université des Sciences et Techniques de Lille, CNRS EP 1750, BP 80, 28 Avenue Foch, F-62930 Wimereux, jcd@loalit.univ-littoral.fr

² Muséum National d'Histoire Naturelle, Laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins et Malacologie, CNRS URA 699, 57 rue Cuvier, F-75231 Paris Cedex 05

Abstract

Four hundred and thirty two suprabenthic hauls with a modified Macer-GIROQ sledge were taken over the last years 1988-1996. Fifteen sites from the English Channel and the Seine Estuary were sampled from the Roscoff and Plymouth waters to the Dover Strait, as well as the Bay of Morlaix, Bay of Saint Brieuc and the Bay of Seine. The main characteristics of the Benthic Boundary Layer (BBL) macrofauna in the English Channel were given from this data. BBL macrofauna was found over the whole water column sampled (10-150 cm). Firstly, the species richness was very high (up to 116 species for five hauls) except in the Seine estuary. Numerically, mysids were the dominant group of organisms collected with the sledge, followed by amphipods, cumaceans, isopods, and decapods. Abundance and biomass of the fauna were very high in the Seine estuary especially in the mesohaline and oligohaline zones (maximum $> 216,000$ ind 100 m^{-3} ; > 200 g AFDW 100 m^{-3}) where specialised mysids *Neomysis integer* and *Mesopodopsis slabberi* occurred in very high abundance. In other sites, the abundance and biomass were moderated ($100\text{-}10,000$ ind 100 m^{-3} ; $15\text{-}2,000$ mg AFDW³). Abundance reached its maximum when mysid or *Apherusa* swarms were collected, and during *Ampelisca* reproduction in June in the Bay of Morlaix. Species richness, abundance and biomass showed seasonal changes in all sites, with in general lowest values in winter or spring, and highest values in autumn. For the open sea sites, two main geographical gradients were identified: (1) at spring, a higher species richness in the western part of the Channel compared with the eastern part of the Channel, and in autumn, a higher species richness in the eastern part of the Channel compared with the western part, and (2) an increasing density gradient from west to east at spring and a decreasing gradient from west to east during the autumn. The suprabenthic fauna of the Channel can be considered as a unique community including three kinds of species: (i) good swimmer species which were common all the time in all sites: e.g. *Anchialina agilis*, *Gastrosaccus* spp., *Haplostylus* spp., and *Apherusa* spp., (ii) species being present in all sites only at night: e.g. *Atylus vedlomensis*, *Megaluropus agilis*, *Melphidippa macra*, *Orchomenella nana*, *Pseudocuma longicornis*, *Schistomysis ornata*, and *Synchelidium maculatum*, and 3) species collected in one or a limited number of sites only at night: e.g. *Ampelisca* spp. at Pierre Noire, and *Diastylis* spp. at site F. The suprabenthos sampled in the Seine estuary forms a typical suprabenthic estuarine community. Suprabenthic fauna showed also important daily rhythms with several types of changes.

Introduction

Many species living near the sea-bottom swim actively from the sea bottom into the water column. This fauna has been generally called suprabenthos, hyperbenthos, Benthic Boundary Layer macrofauna, demersal zooplankton, or benthopelagic plankton (Brunel et al., 1978; Mees,

1994; Dauvin et al., 1994, 1995; Mees & Jones, 1997). In spite of differences in terminology used for this fauna, in recent years there have been considerable developments in research on this topic from the tropical seas to the Arctic Ocean, and from shallow waters to deep seas (Mees & Jones, 1997). As defined by Brunel et al. (1978), the suprabenthic fauna collected in the Benthic Boundary Layer includes all bottom-dependent animals that perform, with variable regularity, daily or seasonal vertical migrations. Crustaceans especially decapods and peracarids dominate in the water column near the bottom. Amongst the peracarids, amphipods and mysids are dominant in the English Channel as in other parts of the world ocean (Kaartvedt, 1986, 1989; Buhl-Jensen & Fosså, 1991; Vallet & Dauvin, 1995, 1998; Vallet, 1997; Zouhiri et al., in press). The composition and swimming activity of amphipods of the English Channel have been described previously (Vallet & Dauvin, 1995; Dauvin & Zouhiri, 1996; Zouhiri & Dauvin, 1996). In the English Channel, mysids form important swarms in the Benthic Boundary Layer and in the water column in coastal areas (Zouhiri et al., in press). They form a direct link between the benthos and the pelagos because of their daily and horizontal migrations. In other areas, the suprabenthos is an important food source of nectobenthic fishes; decapods and peracarids constitute the main preys of many fish species (Sorbe, 1984; Mees & Jones, 1997).

In this paper, we present the state of our knowledge on the species composition and the quantitative data of the suprabenthic fauna of the English Channel within 432 suprabenthic Macer-GIROQ hauls taken over the last years 1988-1996. Fifteen sites of the English Channel from the Roscoff and Plymouth waters to the Dover Strait, as well as the Bay of Morlaix, Bay of Saint Brieuc and the Bay of Seine, and the Seine Estuary were sampled. The main characteristics of the Benthic Boundary Layer (BBL) macrofauna in the English Channel were given and compared with other temperate continental shelf BBL data.

Materials and methods

Study site

Sampling sites were located in the English Channel and the Seine Estuary (Table 1). The sites chosen were representative of the common hydrological and sedimentological conditions of this area. The Channel is characterised by a general circulation dominated by strong tidal currents which controls the sediment distribution. In areas of weak currents, muddy-fine sand

predominates, whereas in the open sea where currents are stronger, medium, coarse sand, pebble and gravel predominate.

In the seven western sites, the salinity remained around 35 P.S.U. throughout the year; the temperature showed an annual cycle with the lowest temperature in winter (6-8°C) and the highest at the end of the summer (15.5-20°C). In the southern part of Plymouth area, at site 2, a summer thermocline for the 25 superficial meters occurred from June to September (Vallet, 1997). Three sites were in the circalittoral zone: 33-75 m (medium sand to coarse sand and pebble), and the four others were in the infralittoral zone: 5-25 m (fine sand, fine sand with shell, to medium sand).

Five sites were located in the open eastern Channel (BV, 4, 5, 6 and F), three were in the circalittoral zone: 25 to 29 m depth (medium sand to pebble), the BV site was in the infralittoral zone: 10 m one fine sand, and the last one site F was in the infralittoral zone: 5 m on muddy fine sand. Three sites (ca. 5 m depth at low tide, muddy fine sand to coarse sand) were located in the Seine Estuary in an area with high variability in salinity and temperature (0.3-30 P.S.U.; 3-23 °C): one in the oligohaline zone (0.3-5.0 P.S.U.), one in the mesohaline zone (5.1-18.0 P.S.U.), and lastly one in the polyhaline zone (18.1-30.0 P.S.U.). In the eastern part of the Channel (sites F, 4, 5, and 6), the salinity was affected by the freshwater input of the Seine River, and the salinity remained lower than 34 P.S.U. along the year. At site F, sea bottom salinity may reach lower values than 30 P.S.U. during Seine swelling (Vallet, 1997). Temperature showed an important annual cycle with the lowest temperature in winter (4-6°C) and the highest at the end of the summer (20-22°C) (Vallet, 1997).

Sampling strategy

All the hauls were collected with a new version of Macer-GIROQ sledge (Dauvin & Lorgeté, 1989; Dauvin et al., 1995). This sledge allowed simultaneous sampling of the fauna at four levels between 0.10 and 1.45 m (net 1: 0.10-0.40; net 2: 0.45-0.75; net 3: 0.80-1.10 and net 4: 1.15-1.45 m) above the bottom with four WP2 plankton nets (0.5 mm mesh size). Each net was equipped with a Tsurimi Seiki Ku flow meter to measure the volume of the sea water filtered. The hauls were sampled at different periods of the year, with spring and autumn sampling at nine sites, with summer and autumn sampling at the BV site, and during an annual cycle at site 1 Trezen Vraz and site 3 Norman-Breton Gulf in the western Channel, and at site F and in the three zones in the Seine estuary (Table 2). A total of 432 hauls was taken (Table 2). Organisms were fixed

with 10 % neutralised formaldehyde, rinsed and transferred to 70 % ethanol. All the organisms were sorted under a dissection microscope, counted and identified to species level. In this paper, we have counted only the suprabenthic organisms as defined by Brunel et al. (1978): decapods, peracarids, pycnogonids, and leptostaceans, and two species of fish very common in the Seine estuary, considered as suprabenthic species (Mouny et al., in press). The numbers of individuals were standardised to 100 m^{-3} .

Data analysis

A Kolmogorov-Smirnov test (Scherrer, 1984) was used to determine if there were significant differences between spring / autumn S (species richness), A (abundance), and B (biomass).

The affinity assemblages both among sites and species were established from the sites x species matrix using correspondence analyses (CA) (Benzecri, 1973). Sites and species groups were then distinguished by hierarchical classification (Jambu & Lebeaux, 1978 ; Bruynhooge's algorithm, 1978). Before this, due to the high number species collected, and the high difference within the abundance of the species, only the 111 main species showing a mean abundance higher than 1 ind. 100 m^{-3} were selected in the analyses, e.g. 63 amphipods, nine cumaceans, four isopods, 20 mysids, 12 decapods, one leptostracean, and two fish (Table 3). Abundance was transformed in abundance classes which were: 0, for abundance $< 1 \text{ ind } 100 \text{ m}^{-3}$; 1 for abundance, 1-5 ind 100 m^{-3} ; 2, 5.1-20 ind 100 m^{-3} ; 3, 20.1-100 ind 100 m^{-3} ; 4, 100.1-500 ind 100 m^{-3} ; and 5, $> 500 \text{ ind } 100 \text{ m}^{-3}$.

The swimming activity of the dominant species was measured using three coefficients of swimming activity: $K1 = Nf2 / Nt$, $K2 = Nf3 / Nt$, $K3 = Nf4 / Nt$. $Nf2$, $Nf3$, $Nf4$ were density per 100 m^3 in nets 2, 3 and 4 respectively, and Nt corresponds to total density per 400 m^3 (Dauvin et al., 1994). The ash-free dry weight (AFDW) was measured according to Vallet & Dauvin (1998).

Results

Species composition

A total of 261 suprabenthic species were identified in the 15 sampling sites with a dominance of amphipods (142 species, 54.4% of the total), decapods (46 species, 17.6%), mysids (27 species, 10.4%), isopods (22 species, 8.5%), cumaceans (13 species, 5.0%), pycnogonids (8 species,

3.1%), fish and tanaids (2 species and 0.8% each), and leptostracean (one species, 0.4%). The species richness varied between 3 in the oligohaline zone of the Seine estuary and 102 at the site P at spring, and from 6 in the mesohaline zone of the Seine estuary to 116 at site 5 in autumn (Table 4). Excluding the Seine estuary sites where species richness was low in both seasons, species richness varied from 44 at site F to 102 at the site P in spring, and from 33 at site F to 116 at site 5 in autumn, but was found no significant difference between spring and autumn values (KS test). In spring, there was a higher species richness in the western part of the Channel compared with the eastern part, on the contrary in autumn there was a higher species richness in the eastern part of the Channel compared with the western part. In both seasons, there was a bathymetric increase of the species richness from the shallower site F to the deeper sites 1 and 2. The number of species was particularly high at site 5 in the Dover Strait on pebble during the autumn with the sampling of 116 species in only five hauls.

Excluding the Seine estuary sites, the species richness of amphipods was in the same order of magnitude in both seasons and varied from 38 at site 5 to 60 at the site 1 in spring, and from 38 at site D to 59 at sites 2 and 6 in autumn. For mysids it varied from eight species at site 4 and 14 at sites P and PN in spring, and was slightly higher in autumn when it varied from 9 at sites D and 1, and 16 at sites P and 5. The species richness of the other zoological groups was lower than these of amphipods and mysids and was in the same order of magnitude at both seasons.

Abundance

Abundance varied strongly from one site to another and between both seasons (Table 4), but there was no significant difference between spring and autumn values (KS test). For the sites outside the Seine estuary, there was an increasing density gradient from west to east, and a bathymetric increase from the shallower site F to the deeper sites 1 and 2 only in autumn. Nevertheless, during autumn, at site 2, the mean abundance reached 7,052 ind 100 m⁻³ due to the sampling of high abundance of mysids (*Anchialina agilis*, *Erythrops elegans*, and *Schistomysis ornata*) and the amphipod *Apherusa clevei*.

In spring the density (Table 4) was particularly low (< 650 ind 100 m⁻³) in 10 sites and did not increase beyond 200 ind 100 m⁻³ in five sites including four sites in the western part of the Channel. Values reached > 2,500 ind 100 m⁻³ only in four sites: at PN where there was high density during nuptial swarming of the amphipods *Ampelisca* and in three sites from the Seine estuary with high abundance of both mysids *Mesopodopsis slabberi* and *Neomysis integer*. During

autumn (Table 4), the density remained lower than 650 ind 100 m⁻³ in only six sites including five sites in the western part of the Channel, > 1,000 ind 100 m⁻³ in five sites, and over 5,000 ind 100 m⁻³ in four other sites. The abundance was particularly high at site F (high abundance of the cumaceans *Diastylis* spp.), and at site EM (high abundance of the mysid *Neomysis integer*).

Over the 246 species sampled in the 432 hauls, only 15 species were able to form patches of abundance (> 1,000, > 5,000, > 10,000 or >100,000 ind 100 m⁻³)(Table 5). There were seven mysids, five amphipods (three *Ampelisca* and two *Apherusa*), one decapod, one cumacean and one fish, four of them were collected exclusively in the Seine estuary. So, numerically, mysids were the dominant group of organisms collected with the sledge, followed by amphipods, cumaceans, and decapods. *Palaemon longirostris* was abundant only in the Seine estuary. Seven of these 15 dominant species formed patches only in one site, the mysid *Anchialina agilis* showed high abundance in both sites 1 and 2 at the Atlantic entrance of the Channel, the amphipod *Apherusa clevei* showed high abundance once in the western sites 1 and 2 and the eastern site 6, and the amphipod *A. bispinosa* in the sites 2, 3, in the western channel and 4 in the Bay of Seine. Only three species showed abundance higher than > 10,000 ind 100 m⁻³, and the abundance of the estuarine mysid *Neomysis integer* reached a very high value of 216,000 ind 100 m⁻³ in September in the mesohaline zone of the Seine estuary (Table 5).

Table 6 shows the monthly change in abundance of the suprabenthos in six sites. For both western sites 1 and 3, the abundance was maximum during the summer (July or August) and was very low during the winter and spring (often < 100 ind 100 m⁻³). The mean annual abundance was very low at site 3 in the Norman-Breton Gulf, and just over 1,000 ind 100 m⁻³ at site 1 offshore coast of the Brittany. In the Seine Estuary, there was also a seasonal cycle of abundance with low values from November to April-May (often < 1,000 ind 100 m⁻³), and very high abundances from June to September. The maximal abundance occurred earlier in the Seine estuary than the outer side of the Estuary at site F where the maximal abundance was observed only in September when the cumaceans *Diastylis* spp. showed nuptial swarming.

Biomass

As with abundance, biomass varied strongly from one site to another and from one season to the next (Table 4), but there was no significant difference between spring and autumn values (KS test). For the open sea sites, there was an increasing biomass gradient from west to east and a bathymetric increase from the shallower site F to the deeper site 1 and 2 at autumn. In spring, the

biomass reached 1 g AFDW 100 m⁻³ at site PN and in the Seine estuary, in autumn the biomass reached 1 g AFDW 100 m⁻³ at site 2, and at F and in the three Seine estuary sites. In the Seine estuary high biomass (> 75 g AFDW 100 m⁻³) was due to the combination of the part of the mysid *Neomysis integer* with weak individual biomass but with high abundance, and high individual biomass of both species of the decapod *Palaemon longicornis* and the fish *Pomatoschistus microps*. It may be noticed that the difference between the maximum and minimum values of biomass was in one order of magnitude higher than the difference between maximum and minimum values of abundance (Table 4).

Spatial pattern in the English Channel and in the Seine estuary

The first CA was based on the matrix 15 sites x 111 species recorded with mean abundance > 1 ind 100 m⁻³ in the hauls (Table 3). Four different assemblages were identified (Figure 1A): (i) assemblage I regrouped the oligohaline and the mesohaline sites of the Seine estuary, (ii) assemblage II characterised eastern sites plus site 2 offshore Plymouth, sub group IIa referred to the sites under the influence of the Seine estuary (F and polyhaline zone), and sub group IIb referred to the four other eastern site plus site 2 which is regrouped with the site 4 (both with medium sand), (iii) assemblage III characterised western sites with the subgroup IIIa referring to the neighbouring Norman-Breton and Bay of Saint Brieuc sites, and sub-group IIIb with the Brittany site 1, and (iv) assemblage IV corresponded to the single site PN.

The second CA was made without the Seine estuary sites (matrix 12 sites x 109 species, two species *Palaemon longirostris* and *Neomysis integer* being strictly sampled in the Seine estuary). Four different assemblages could be identified (Figure 1B): (i) assemblage I corresponded to site F under the influence of the Seine estuary, (ii) assemblage II characterised eastern sites plus site 2 offshore Plymouth, sub group IIa referred to the Dover strait sites and the Baie des Veys site, and sub group IIb referred to sites 2 and 4, (iii and iv) assemblages III and IV corresponded to groups III and IV of the first analysis.

Both analyses showed that there is a geographical pattern of sites with a relatively good separation between the eastern sites plus site 2 offshore Plymouth which included many boreal species, and the Brittany western sites. Site PN possessed a particular faunistic composition with the dominance of *Ampelisca* species; the sites F and the Seine estuary possessed also a particular fauna.

Table 3 resumes the general feature of the suprabenthic fauna in the Channel and the Seine estuary:

- i) 43 species were characteristic of only one site (among them, the amphipods *Gitana bispinosa*, *Paramphilochooides odontonyx*, *Metopa alderi*, and the cumacean *Diastylis rugosa* were boreal species and collected only in Dover Strait or Plymouth sites.
- ii) eight species were characteristic of the sites under the influence of the Seine (among them *Palaemon longirostris*, *Mesopodopsis slabberi*, *Neomysis integer*, *Crangon crangon*, and *Pomatoschistus* spp., ...).
- iii) seven species were characteristic of the eastern part of the Channel (among them both species of *Diastylis laevis* and *D. bradyi*, and the boreal species *Metopa borealis* which was collected only in both northern Dover strait sites).
- iv) On the contrary, 12 species were characteristic of the western English Channel (among them the amphipod *Eusirus longipes* which showed relatively high abundance in the Brittany sites 1 and 3, and the amphipod *Orchemene humilis* which was characteristic on the Norma-Breton Gulf and the bay of Saint Brieuc).
- v) 28 species showed a mean abundance higher than 100 ind 100 m⁻³ corresponding to the dominant species of the suprabenthic community in the Channel and the Seine estuary : 15 taxa (16 species) of table 5, and the mysids *Haplostylus normani* and *Paramysis helleri*, the amphipods *Ampelisca spooneri*, *Megaluropus agilis*, *Perioculodes longimanus*, and *Gammarus* spp., the cumaceans *Bodotria scorpioides* and *B. pulchella*, *Pseudocuma longicornis*, the decapods *Crangon crangon* and *Philocheiras sculptus*, and the fish *Pomatoschistus minutus*.
- vi) only 12 species were dominant in 2/3 of the sites (except the three sites of the Seine estuary): the amphipod *Melphidipella macra*, the cumacean *Pseudocuma longicornis* and the mysids *Haplostylus lobatus*, and *H. normani* were dominant in eight sites, the amphipods *Atylus vedlomensis*, *Megaluropus agilis*, *Stenothoe marina* and *Synchelidium maculatum* in nine sites, two species *Apherusa bispinosa* and *A. clevei* in 11 sites, and *Orchomenella nana* and *Anchialina agilis* were sampled in abundance in all the sites. Seven other species were characteristic of > 50% of the sites: the amphipod *Apherusa ovalipes*, the mysids *Acanthomysis longicornis*, *Gastrosaccus spinifer*, *Mysidopsis gibbosa*, *Schistomysis ornata*, *Siriella clausii*, and the isopod *Gnathia oxyuraea*.

Consequently according to dominance in at least 50 % of the sites and total abundance, a total of 37 over 246 species characterised the suprabenthic communities of the English Channel and the Seine estuary.

Salinity gradient in the Seine estuary

Figure 2 shows the mysid spring distribution along the salinity gradient from site 4 in the Bay of Seine to the upper part of the estuary. Although the number of species declined according to decrease in salinity, maximum mysid density occurred in low salinities (3-10 P.S.U.). *Schistomysis* spp. characterised the outer part of the estuary, *Mesopodopsis slabberi* characterised the mesohaline estuary (10-15 P.S.U.), while *Neomysis integer* occurred in high abundances in the oligohaline estuary where the salinity was lower than 10 P.S.U. Upstream of 1 P.S.U. the density of *N. integer* decreased dramatically.

Daily changes

Organisms showed active vertical migrations from the benthos to the water column, or from the Benthic Boundary Layer to the water column. The total abundance of the suprabenthos was generally low during the day hauls and increased rapidly just after sunset, reaching maximum around midnight and decreasing along the night, a second peak of abundance occurred occasionally at sunrise, abundance decreasing again in the morning. Nevertheless, at site 5 on pebble, abundance during the night was lower than day abundance.

Two main patterns of daily changes have been identified for the suprabenthic species:

- i) species with high abundances in the BBL during the day, and with low abundances during the night. Their abundance increased at sunrise to a maximum during the day then decreased at sunset: e.g. mysids *Anchialina agilis* (Figure 3a) and *Haplostylus normani*. Nevertheless, both species showed two peaks of abundance at sunset and at sunrise, and very low abundances in dark hauls.
- ii) species which performed an active migration and were present in the BBL only at night from sunset to sunrise. In this group, several patterns could be identified. Species which were in high abundance in the BBL all the night from sunset to sunrise: e.g. the amphipod *Stenothoe marina* (Figure 3b). Species which were present in the BBL in high numbers just after sunset, after which abundance decreased regularly until sunset: e.g. the decapod *Pandalina brevirostris* (Figure 3c). Species which were present in the BBL at sunset with abundance increasing regularly until midnight then decreasing over the night with a second peak at sunrise; e.g. the cumaceans *Pseudocuma longicornis* (Figure 4a) and *Diastylis bradyi* (Figure 4b).

In the oligohaline estuary, daily changes of the suprabenthic fauna were investigated in September 1995 within a 24h time series. Temporal changes of the mysid *Neomysis integer* depended both on tidal advection (higher density during low tide) and daily changes. This species was sampled near the sea bottom in abundance only during the day, at night it dispersed into the water column, where the abundance in the sledge was seven times lower than in day hauls (Figure 5a). *Mesopodopsis slabberi* was recorded only during high tide, and was transported upstream by the tide (Figure 5b).

Swimming activity

Dominant species collected in benthic hauls were classified according to their swimming activity coefficient into five groups :

i) Group 1: suprabenthic species with strong swimming activity but occupying all the water column adjacent to the sea floor and $K1 = K2 = K3 \approx 0.25$; $\Sigma K1 + K2 + K3 \approx 0.75$: e.g. the mysid *Anchialina agilis* (Figure 6a).

Group 2: upper suprabenthic species with a very strong swimming activity and $K1 < K2 < K3$, $K3 \approx 0.30$, $\Sigma K1 + K2 + K3 \geq 0.75$: e.g. the amphipod *Atylus vedlomensis* (Figure 6b).

Group 3: transitional suprabenthic species which were abundant in the three lower nets with $K1 = K2 \approx 0.25 > K3$; $\Sigma K1 + K2 + K3 \approx 0.70$: e.g. the amphipod *Scopelocheirus hopei* (Figure 6c).

Group 4: lower suprabenthic species which were abundant in the two lower nets, but also present in the two upper nets, with $K1 > K2 > K3$, $K3 > 0.10$: e.g. the amphipod *Stenothoe marina* (Figure 6d).

Group 5: lowermost suprabenthic species, which do not swim much farther upward than net 4 or net 3, with $K1 > K2 > K3$, $K3 < 0.10$: e.g. the amphipod *Orchemenella nana* (Figure 6e).

Discussion

In a recent paper, Mees & Jones (1997) reviewed the state of the art in the knowledge of the hyperbenthos (named suprabenthos in this paper) and compared the available data published on this compartment from shallow waters to deep sea and from tropical and subtropical areas to cold temperate seas. They emphasised the selected topics of suprabenthic research: (i) taxonomic interest and diversity, (ii) small-scale distribution and (iii) diurnal rhythms and vertical migrations, with the role of suprabenthos in marine food webs as well in term of feeding and predation. The

aims of this discussion are to complete this synthesis, and especially to underline main characteristics of the suprabenthos in the English Channel.

The high hydrodynamism due to tidal currents in the English Channel has strong consequences in the distribution of sediment and further more the structure of benthic communities. The turbulence near the sea bottom affects the vertical circulation of the water and the distribution of the suprabenthic species in the Benthic Boundary Layer. In addition, the Channel is a zone of confluence between boreal and cold temperate fauna and temperate and warm temperate fauna. At last, the Seine discharge in the Bay of Seine in the eastern English Channel is the only important river in the Channel. It is an important flux of nutrients which favour primary production along the French coast of the eastern Channel from the Bay of Seine until the Dover Strait. In these conditions, the suprabenthic macrofauna showed distinct features.

The total number of species (261) and amphipods (142) collected in the Channel correspond to a very diversified fauna. They are higher than those of suprabenthic fauna observed in other circalittoral sites in the Atlantic Ocean, in the Bay of Fundy, the Gullmarfjord, or in the Baie des Chaleurs (Buhl-Jensen & Fosså, 1991; Chevrier et al., 1991; Wildish et al., 1992). Therefore, the sledge acts as a efficient zooplankton net working in the Benthic Boundary Layer which concentrates the fauna adjacent to the sea floor. The used of the sledge in different sites of the Channel has permitted to add several species to the list of Marine Fauna from Roscoff (23 species), Plymouth (17 species), Normandy coast (seven species) and Wimereux (52 species) (Dauvin & Vallet, 1997). Moreover, two new species of deep sea suprabenthic chaetognaths has been described by Casanova (1993, 1996) from the Bay of Biscay and the Azores seamount collections obtained with the modified Macer-GIROQ sledge which is able to operate until 3000 depth. This demonstrates the ability of the sledge to collect specialised suprabenthic species and its interest for taxonomy and diversity studies.

The abundance estimated for the open sea sites from fine, medium, coarse sand and pebbles of the Channel are on the same order of magnitude of these reported by Mees & Jones (1997) for shallow coastal waters: 100-80,000 ind 100 m⁻³. But most of the available values reported are included between 100 and 5,000 ind 100 m⁻³, and high abundance for suprabenthic fauna are observed only in some circumstances: gammaridean amphipods of Tanabe Bay to a depth of 100 m: 80,000 ind 100 m⁻³; suprabenthic fauna of a fine sand community in the Bay of Biscay, 31 m depth, with 61,871 ind 100 m⁻³ in April 1981, related to the appearance of a very high density swarm of the Amphipoda *Argissa hamatipes* (51,798 ind 100 m⁻³) and of the Mysidacea *Schistomysis kervillei* (9,799 ind 100 m⁻³). In the English Channel, the nocturnal

abundances observed at sites Pierre Noire, F, and 2 remain amongst the highest values reported in the literature for suprabenthic macrofauna. For the Seine estuary, the maximum abundance observed for *Neomysis integer* (216,000 ind 100 m⁻³) is higher than these reported by Mees & Jones (1977) for other European estuaries, nevertheless the *Mesopodopsis slabberi* maximum abundance observed in the Seine estuary (34,300 ind 100 m⁻³) is lower than that observed in spring in the River Tamar Estuary (more 100,000 ind 100 m⁻³ in summer) (Mees & Jones, 1977). As with abundance, the biomass of the suprabenthic fauna appeared especially high in the Seine estuary with biomass higher than 200 g AFDW 100 m⁻³. In the Channel sites, the biomass is moderated in most of the sites at both seasons (25 to 425 mg AFDW ind 100 m⁻³), and > 1,500 mg AFDW 100 m⁻³ only when nuptial swarms of amphipods or mysids occur as in spring at PN and in autumn at site 2. The trophic group composed of carnivores, scavengers and omnivores which consist of motile predators (especially decapods, fish, some amphipods and mysids) and which feeds on benthic macrofauna, meiofauna and carrion, and on zooplankton dominate the suprabenthos in all sites (>50 % of the total biomass). The deposit feeder group which feed on detritus and benthic microphytobenthos and bacteria is the second group in terms of biomass (>30 %), the suspension feeders with amphipod *Apherusa* spp. in some open sea sites is the third group (< 20%) (Vallet & Dauvin, 1998). This indicates that the species with strong swimming activity dominate the Benthic Boundary Layer.

Seasonal changes in species richness, abundance and biomass of the suprabenthic macrofauna with maximums in summer or the beginning of autumn, and minimums in winter or the beginning of spring are similar to these observed for the endobenthic and epibenthic macrofauna of the Channel and temperate waters (Dauvin, 1984). The fact that there is an increase of species richness from shallow waters to deep waters may be due to more stable conditions which occur in the western deep English Channel with low changes in temperature along the year at the entrance of the Channel. But this gradient is probably also a result of the increase in habitat heterogeneity between the muddy fine sand in the shallowest sites to the coarse sand with shells in the deeper sites which favour an increase in biodiversity. The higher abundance and biomass of the eastern English Channel in autumn may be due to higher primary production in this part of the Channel which favours all the trophic chain (Vallet, 1997 ; Vallet & Dauvin, 1998).

The sampling of suprabenthos along a sedimentary gradient from muddy sand to pebble shows that some species occur only in one type of habitat: e.g. *Ampelisca armoricana*, *A. sarsi*, and *A. tenuicornis* on fine sand at the Pierre Noire site; *Diastylis brayi* and *D. laevis* on the

muddy fine sand site F in the outside part of the Seine estuary; *Ampelisca spooneri* and *Gastrosaccus spinifer* on the medium sand of sites 2, 4, and 6. In response to the geographical location of the sites, the fauna differs between western and eastern sites. Some temperate and warm temperate species (e.g. *Eusirus longipes* and *Orchomene humilis*) occur only along the Brittany coast in the western Channel, conversely boreal and cold temperate species are collected only at site 2 in the northern part of the western Channel or in the eastern Dover Strait sites (e.g. *Gitana bispinosa*, *Metopa alderi*, *M. borealis*, *Paramphilochooides odontonyx*, *Diastylis rugosa*). Finally, brackish species (e.g. *Neomysis integer*, *Palaemon longirostris*) are found only in the Seine estuary. As the results of these three constraints, suprabenthic macrofauna appears separated in four assemblages: (i) Seine estuary, (ii) eastern Channel and Plymouth area, (iii) western Channel along Brittany coast, and (iv) fine sand Pierre Noire in the Bay of Morlaix. Nevertheless, the suprabenthic fauna of the Channel appears relatively homogeneous at a meso-scale (Vallet & Dauvin, 1998), and can be considered as a unique community including three kinds of species: (i) good swimmer species which are common all the time in all sites: e.g. *Anchialina agilis*, *Gastrosaccus* spp., *Haplostylus* spp., and *Apherusa* spp., (ii) species being present in all sites only at night: e.g. *Atylus vedlomensis*, *Megaluropus agilis*, *Melphipidella macra*, *Orchomenella nana*, *Pseudocuma longicornis*, *Schistomysis ornata*, and *Synchelidium maculatum*, and (iii) species collected in one or a limited number of sites nocturnally : e.g. *Ampelisca* spp. at Pierre Noire, and *Diastylis* spp. at site F. The suprabenthos sampled in the Seine estuary is very different and forms a typical suprabenthic estuary community as found in other northeastern Atlantic estuaries: e.g. Ems, Westerschelde and Gironde estuaries (Sorbe, 1981; Cattijse et al., 1993; Mees et al., 1993; 1995; Mees, 1994; Mouny et al., in press).

Changes in light intensity seems to be the most important factor determining migratory activities of suprabenthic species (see e.g. Hesthagen, 1973; Chevrier et al., 1991; Sainte-Marie & Brunel, 1985; Kaartvedt, 1985, 1986, 1989 Macquart-Moulin & Ribera Maycas, 1995; Mees & Jones, 1997). In the English Channel as in other areas, there are thus different patterns of nocturnal migration in the water column: species migrating as early as dusk and showing maximum abundance in the water column during the first part of the night, whereas other species migrating only at night are found in large numbers later in the night (Vallet et al., 1995; Dauvin & Zouhiri, 1996). A few species show a second peak of swimming activity in the water column at sunrise (Wang et al., 1994). Among mysids, some species show a concentration in the Benthic Boundary Layer during the day and migrate into the water column at night. Differences in swimming activity between sexes and development stages has also been reported for mysids in the

English Channel by Zouhiri et al. (in press). Swimming activity varies also within reproductive period. Swimming ability of males is generally greater than that of females (Dauvin & Zouhiri, 1996). For example, the males of *Ampelisca sarsi* show an increase in abundance from the lower net to the upper net (Dauvin & Zouhiri, 1996); conversely, the females are concentrated near the bottom, especially in nets 1, and 3, and are collected in low abundance in the upper net 4. The mysid *Gastrosaccus spinifer* shows different swimming behaviour in relation to the hydrodynamic conditions. At site 5 in the Dover Strait, on pebbles where the hydrodynamism due to the tidal currents is high, the individuals are concentrated in the upper nets, whereas, at site 6, also in the Dover Strait, on medium sand where the hydrodynamism is low, individuals are collected mainly in the lower net (Vallet, 1997; Zouhiri et al., in press). In comparison with the Bay of Biscay where the Macer-GIROQ sledge has been used from 400 to 1000 m (Elizalde, 1991, 1993; Dauvin & Sorbe, 1991) the suprabenthic fauna is concentrated especially near the sea bottom and is collected mainly in the lower net of the sledge (Figure 7). Conversely, in the English Channel the suprabenthic fauna occupies all the Benthic Boundary Layer and the suprabenthos is sampled in the same orders of magnitude in all the four nets of the sledge (Figure 7). This characteristic of the suprabenthos in the Channel is probably due to the high turbulence which occurs in all the water column and especially near the sea bottom. This should be favourable for suprabenthic fauna to exploit the organic particular matter before its sedimentation on the bottom and also favours species with a high swimming activity.

In the English Channel, as in the Bay of Seine (Wang & Dauvin, 1994) as offshore Roscoff (Zouhiri & Dauvin, 1996)) the post-larvae and juveniles of Clupeidae and Gobiidae are present in the Benthic Boundary Layer only at sunrise and sunset suggesting that the concentration of suprabenthic organisms near the sea floor at sunset and sunrise can represent an attractive food resource for fish. Euphausiids are present in the BBL only during the day and are dispersed in the water column during the night (Vallet et al., 1995; Zouhiri & Dauvin, 1996). This indicates that the BBL is an area with important fluxes of individuals and biomass between the benthos and the water column (Zouhiri & Dauvin, 1996).

In conclusion, in the Channel there is a very diversified suprabenthic fauna with high numbers of amphipods. There are sediment and salinity gradients which induce presence of four distinct assemblages and two distinct communities: an open sea suprabenthic community with low abundances and biomass and an estuarine suprabenthic community with very high abundances and biomass. There are also distinct swimming activities according to species, diel cycles, seasonal

cycles and reproductive periods and high hydrodynamism in the Benthic Boundary Layer which favour water column colonisation by the suprabenthic fauna.

In the English Channel, we consider that the descriptive phase is now achieved, so the main perspectives of research on the suprabenthos should be: (i) the behavioural study of the vertical distribution of the species throughout the water column over 24h periods in neap and spring tides, and (ii) the study of the presence of successive phases of swimming and sinking of the species or a permanent presence in the BBL during the night. The study of the effects of the tidal currents on the horizontal transport of species during their pelagic phase and the role of suprabenthos in biomass exchanges between the water column, BBL and benthos offer new perspectives for future research on suprabenthic fauna in the English Channel.

Acknowledgements

This study was carried out as a part of the "Programme National d'Océanographie Côtière (PNOC), chantier Manche (CNRS-INSU & IFREMER)", the « Programme National Biodiversité », and the "Programme Seine Aval" coordinated by the « Région Haute Normandie ». The authors thank the crews of the N.O. *Pluteus II*, Côte de Normandie, Côte d'Aquitaine, Le Suroît, Le Noroît, and Le Thalia, J.-C. Lorgère and C. Conq for their technical supports during the cruises, and K. Gherthos for help with English.

References

- Benzecri, J.P., 1973. L'analyse des données. Tome 2. L'analyse des correspondances. Paris: Dunod, 619 pp.
- Brunel, P., M. Besner, D. Messier, L. Poirier, D. Granger & M. Weinstein, 1978. Le traîneau MACER-GIROQ: appareil amélioré pour l'échantillonnage quantitatif de la petite faune nageuse au voisinage du fond. *Internat. Rev. Gesamt. Hydrob.* 63: 815-829.
- Bruynhooge, M., 1978. Classification ascendante hiérarchique de grands ensembles de données : un algorithme rapide fondé sur la construction de voisinages réductibles. *Cah. Anal. Don.* 3: 7-33.
- Buhl-Jensen, L. & J.H. Fosså, 1991. Hyperbenthic crustacean fauna of the Gullmarfjord area (western Sweden): species richness, seasonal variation and long-term changes. *Mar. Biol.* 109: 245-248.
- Casanova, J.P., 1993. A new genus and species of deep-seas chaetognath from the Bay of Biscay with a strange secretory gland. *J. Nat. Hist.* 27: 445-455.
- Casanova, J.P., 1996. A new genus and species of deep-seas chaetognath from the Atlantic: a probable link between the families Heterokrohniidae and Spadellidae. *J. Nat. Hist.* 30:1239-1245.
- Cattrijsse, A., J. Mees & O. Hamerlynck, 1993. The hyperbenthic Amphipoda and Isopoda of the Voordelta and the Westerschelde estuary. *Cah. Biol. Mar.* 187-200.

Chevrier, A., P. Brunel, & D. Wildish, 1991. Structure of a suprabenthic shelf sub-community of gammaridean Amphipoda in the bay of Fundy compared with similar sub-community in the Gulf of St Lawrence. *Hydrobiologia* 223: 81-104.

Dauvin J.C., 1984. Dynamique d'écosystèmes macrobenthiques des fonds sédimentaires de la baie de Morlaix et leur perturbation par les hydrocarbures de l'Amoco Cadiz. Thèse de Doctorat d'Etat, Univ. P. & M. Curie, Paris VI, 468 pp + annexes 193 pp.

Dauvin, J.C. & J.C. Lorgeré, 1989. Modifications du traîneau Macer-GIROQ pour l'amélioration de l'échantillonnage quantitatif étagé de la faune suprabenthique. *J. Rech. Océanogr.* 14: 65-67.

Dauvin, J.C., A. Iglesias & J.C. Lorgeré, 1994. Suprabenthic crustacean fauna of the circalittoral coarse sand community off Roscoff (English Channel): composition, swimming activity and seasonal variation. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 74: 543-562.

Dauvin, J.C. & J.C. Sorbe, 1995. Suprabenthic amphipods from the southern margin of the Cape-Ferret Canyon (Bay of Biscay, Northeastern Atlantic Ocean): abundance and bathymetric distribution. *Polsk. Arch. Hydrobiol.* 42: 441-460.

Dauvin, J.C., J.C. Sorbe & J.C. Lorgeré, 1995. The Benthic Boundary Layer Macrofauna from the upper continental slope and the Cap-Ferret Canyon (Bay of Biscay). *Oceanol. Acta* 18: 113-122.

Dauvin, J.C. & S. Zouhiri, 1996. Suprabenthic crustacea fauna of a dense *Ampelisca* community from the English Channel. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 76: 909-929.

Dauvin, J.C. & C. Vallet, 1997. Apports d'échantillonnages suprabenthiques à la faunistique de la Manche et à la biogéographie du plateau continental nord-ouest européen. Crustacés et pycnogonides. *Cah. Biol. Mar.* 38:251-266.

Elizalde, M., J.C. Dauvin & J.C. Sorbe, 1991. Les mysidacés suprabenthiques de la marge sud du canyon du Cap-Ferret (Golfe de Gascogne): répartition bathymétrique et activité natatoire. *Ann. Inst. Océanogr.* 67: 129-144.

Elizalde, M., J.C. Dauvin & J.C. Sorbe, 1993. Las comunidades suprabentónicas batiales del golfo de Vizcaya (margen sur del canon de Cap-Ferret): composición faunística y estructura. *Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanogr.* 11: 247-258.

Hesthagen, I.H., 1973. Diurnal and seasonal variations in the near-bottom fauna -the hyperbenthos- in one of the deeper channels of the Kieler Bucht (Western baltic). *Kiel. Meeresforsch.* 29: 116-140.

Jambu, M. & M.O. Lebeaux, 1978. Classification automatique pour l'analyse des données.2. Logiciels. Paris: Dunod, 399 pp.

Kaartvedt, S., 1985. Diel changes in small-scale vertical distribution of hyperbenthic mysids. *Sarsia* 70: 287-295.

- Kaartvedt, S., 1986. Diel activity patterns in deep-living cumaceans and amphipods. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 30: 243-249.
- Kaartvedt, S., 1989. Nocturnal swimming of Gammaridean Amphipod and Cumacean Crustacea in Malsfjorden, Norway. *Sarsia* 74: 187-193.
- Macquart-Moulin, C. & Ribera Maycas, E., 1995. Inshore and offshore diel migrations in European benthopelagic mysids, genera *Gastrosaccus*, *Anchialina* and *Haplostylus* (Crustacea, Mysidacea). *J. Plank. Res.* 17: 531-555.
- Mees, J., A. Dewicke & O. Hamerlynck. 1993. Seasonal and spatial distribution of hyperbenthic communities along estuarine gradients in the Westerschelde. *Neth. J. Aquat. Ecol.*, 27: 359-376.
- Mees, J., 1994. The hyperbenthos of shallow coastal waters and estuaries: community structure and biology of the dominant species. University of Gent, 212 pp.
- Mees, J., N. Fockedeij & O. Hamerlynck, 1995. Comparative study of the hyperbenthos of three European estuaries. *Hydrobiologia* 311: 153-174.
- Mees, J. & M. Jones, 1997. The hyperbenthos. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 35: 221-255.
- Mouny, P., Z. Wanz & J.C. Dauvin, 1996. Premières données sur la structure spatio-temporelle du mésozooplancton et du suprabenthos de l'estuaire de la Seine. *J. Rech. Océanogr.* 21: 100-108.
- Mouny, P., J.C. Dauvin, C. Bessineton, B. Elkaim & S. Simon (in press). Biological components from the Seine estuary: first results. *Hydrobiologia*.
- Sainte-Marie, B. & P. Brunel, 1985. Suprabenthic gradients of swimming activity by cold-water gammaridean amphipod Crustacea over a muddy shelf in the Gulf of Saint Lawrence. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 23: 57-69.
- Scherrer, B. 1984. *Biostatistique*. Gâetan Morin Editeur, 850 pp.
- Sorbe, J.C., 1981. La macrofaune vagile de l'estuaire de la Gironde. Distribution et migration des espèces. Modes de reproduction. Régimes alimentaires. *Océanis* 6: 579-592.
- Sorbe, J.C., 1984. Contribution à la connaissance des peuplements suprabenthiques néritiques sud-Gascogne. Thèse Doctorat d'Etat, Université de Bordeaux, 301 pp.
- Vallet, C. & J.C. Dauvin, 1995. Qualitative et quantitative composition of the hyperbenthic Amphipods from the English Channel. *Polsk. Arch. Hydro.* 42: 461-481.
- Vallet, C., S. Zouhiri, J.C. Dauvin, & Z. Wang, 1995. Variations nycthémerales de l'abondance de la faune démersale en Manche. *J. Rech. Océanogr.* 20: 94-102.
- Vallet, C. 1997. Le compartiment suprabenthique des fonds circalittoraux de la Manche : composition faunistique et quantitative, et rôle dans les transferts benthos/pélagos. Thèse de Doctorat, Université de Paris VI, 160 pp.

- Vallet, C. & J.C. Dauvin, 1998. Composition and diversity of the Benthic Boundary Layer macrofauna from the English Channel. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 78: 387-409.
- Wang, Z. & J.C. Dauvin, 1994. The suprabenthic crustacean fauna of the infralittoral fine sand community in the Bay of Seine (eastern English Channel): composition, swimming activity and diurnal variations. *Cah. Biol. Mar.* 35: 135-155.
- Wang, Z., Thiébaud, E. & J.C. Dauvin, 1995. Spring abundance and distribution of the ctenophore *Pleurobrachia pileus* in the Seine estuary: advective transport and diel vertical migration. *Mar. Biol.* 124: 313-324.
- Wildish, D.J., A.J. Wilson & B. Frost, 1992. Benthic boundary layer macrofauna of Brown Banks, north-west Atlantic, as potential prey of juvenile benthic fish. *Can. J. Fish. Aqua. Sci.* 49: 91-98.
- Zouhiri, S. & J.C. Dauvin, 1996. Diel changes of the Benthic Boundary Layer macrofauna over coarse sand sediment in the western English Channel. *Oceanol. Acta* 19: 141-153.
- Zouhiri, S., C. Vallet, P. Mouny & J.C. Dauvin (in press). Spatial distribution and biological rhythms of suprabenthic mysids of the English Channel. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 78.

Figure 1. Hierarchical classification after CA showing the different groups of suprabenthic hauls. A. 15 sites. B. 12 sites, the Seine Estuary sites are excluded.

Figure 2. Structure of the spring mysid assemblages along the salinity gradient in the Bay of Seine. Dt : total density ind 100 m^{-3} ; Nt : total number of species.

Figure 3. Diel migration (July) of *Anchialina agilis* (a), *Stenothoe marina* (b), and *Pandalina brevirostris* (c) at site 1. SS: sunset, SR: sunrise.

Figure 4. Diel migration (June) of *Pseudocuma longicornis* (a) and *Diastylis* (b) at site F. SS: sunset, SR: sunrise (from Wang & Dauvin, 1994).

Figure 5. Temporal change (September) of abundance of *Neomysis integer* (a) and *Mesopodopsis slabberi* (b) during a 24h time series in the Seine Estuary. LT: low tide; HT: high tide (from Zouhiri et al., in press).

Figure 6. Frequency in % in the four levels of the Macer-GIROQ sledge (N1, net 1; N2, net 2; N3, net 3; N4, net 4) of *Anchialina agilis* (a), *Atylus vedlomensis* (b), *Scopelocheirus hopei* (c), *Stenothoe marina* (d), and *Orchomenella nana* (e) in the English Channel sites.

Figure 7. Frequency in % in the four levels of the Macer-GIROQ sledge (N1, net 1; N2, net 2; N3, net 3; N4, net 4) of amphipoda (a, b), mysidacea (c, d), and cumacea (e, f) sampled in the English Channel and in the Bay of Biscay (data of the Bay of Biscay: Elizalde et al., 1991, 1993; Dauvin & Sorbe, 1995).

Table 1. Main geographical and sedimentological characteristics of the 15 sampling sites in the English Channel and the Seine Estuary. St: site; D: depth in m.

St	Site	location	D	type of sediment
1	Trezen Vraz, offshore Roscoff	48°51.20' N-03°53.20' W	75	coarse sand
PN	Pierre Noire, Bay of Morlaix	48°42.30' N-03°51.58' W	17	fine sand
2	Offshore Plymouth	49°53.75' N-04°13.00' W	75	medium sand
3	Norman-Breton Gulf	48°50.20' N-02°42.50' W	33	coarse sand and pebble
P	Le Palus, Bay of Saint Briec	48°35.90' N-02°37.50' W	23	muddy fine sand with shell
D	Dahouët, Bay of Saint Briec	48°41.80' N-02°50.50' W	12	muddy fine sand with shell
CB	Center Bay of Saint Briec	48°39.50' N-02°40.20' W	24	medium sand
BV	Baie des Veys	49°26.50' N-01°08.25' W	10	fine sand
4	Offshore Bay of Seine	49°37.60' N-00°12.57' W	29	medium, coarse sand and gravel
F	Outer side of Seine Estuary	49°26.26' N-00°01.30' E	8	muddy fine sand
EP	Polyhaline Seine Estuary	49°26.10' N-00°06.15' E	5	muddy fine sand
EM	Mesohaline Seine Estuary	49°26.08' N-00°15.00' E	5	fine to coarse sand
EO	Oligohaline Seine Estuary	49°26.80' N-00°25.00' E	5	coarse sand
5	Dover Strait	50°54.50' N-01°34.00' E	25	pebble
6	Dover Strait	50°48.00' N-01°19.50' E	29	medium sand

Table 2. Date of suprabenthic sampling and number of hauls at each campaigns for the 15 sampling sites in the English Channel and the Seine Estuary. St : site.

St	Date	N	Référence	St n	Date	N	Reference	
1	03/10/88	1	Dauvin et al., 1994 Zouhiri & Dauvin, 1996 Vallet, 1997	EP	17/05/94	2	Mouny et al., 1996	
	14-15/11/88	9			06/02/95	2		
	16/02/89	5			16/09/95	2		
	24/08/89	4			28/01/96	1	Mouny in preparation	
	09/10/89	3			25/02/96	2		
	17-18/07/90	11			27/03/96	1		
	05/06/93	5			23/04/96	1		
	PN	17/06/94			5	Dauvin & Zouhiri, 1996	28/05/96	2
	15/11/95	5	Zouhiri in preparation		25/06/96	2		
					22/07/96	1		
					21/08/96	2		
2	10-13/06/93	5	Vallet, 1997		18/09/96	1		
	06-07/10/94	6			20/10/96	1		
					18/11/96	1		
					16/12/96	3		
3	03/06/93	5	Vallet, 1997		E M	17/05/94	13	Mouny et al., 1996
	15-16/02/94	11				06/02/95	12	
	21-22/04/94	11				16/09/95	15	
	16-17/06/94	10				28-29/01/96	5	Mouny in preparation
	30-31/08/94	7				25-27/02/96	5	
	01-03/10/94	5				27-29/03/96	6	
	14/11/95	5				23-24/04/96	5	
	P	04/09/95				5	28-29/05/96	6
	11/05/96	5	24-25/06/96			5		
D	03/09/95	5	Vallet, 1997	22-23/07/96		5		
	10/05/96	5		20-21/08/96		5		
CB	05/09/95	5	Vallet, 1997	17-18/09/96		4		
	10/05/96	5		20-21/10/96		5		
BV	05/07/97	7	unpublished data	17-18/11/96		5 ²		
	05-06/10/97	12		15-16/12/96		n, 5		
4	28/05/93	5	Vallet,,1997	E O		17/05/94	2	Mouny et al., 1996
	26-29/09/94	6			06/02/95	2		
	13/11/95	5			16/09/95	2		
		28/01/96	1		Mouny in preparation			
		25/02/96	2					
F	01-02/06/92	24	Wang, Dauvin, 1994 Zouhiri in preparation		27/03/96	2		
	13/06/92	14			23/04/96	2		
	12/11/95	5			28/05/96	1		
	27/01/96	3			25/06/96	2		
	26/02/96	3			22/07/96	3		
	27-28/03/96	4			21/08/96	2		
	25/04/96	3			18/09/96	4		
	30/05/96	3			20/10/96	2		
	23/06/96	3			18/11/96	2		
	24/07/96	3			16/12/96	1		
	21/08/96	3						
	18/09/96	3		5	24-26/05/93	5	Vallet, 1997	
	21/10/96	3			21-24/09/94	6		
	16/12/96	3		6	20-23/05/93	5	Vallet, 1997	
					17-20/09/94	6		

Table 3. List of the main species collected in the 15 sampling sites in the English Channel and the Seine Estuary . Abundances were transformed in abundance classes which were: -, for abundance < 1 ind 100 m^{-3} ; 1 for abundance 1-5 ind 100 m^{-3} ; 2, 5.1-20 ind 100 m^{-3} ; 3, 20.1-100 ind 100 m^{-3} ; 4, 100.1-500 ind 100 m^{-3} ; and 5, > 500 ind 100 m^{-3} .

[illegible]

<i>Gammarus crinicornis</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gammarus</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	5	3	-	-
<i>Gitana sarsi</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Gitanopsis bispinosa</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Guernea coalita</i>	1	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Hippomedon denticulatus</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Iphimedia obesa</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Iphimedia perplexa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Iphimedia spatula</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ischyrocerus anguipes</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-
<i>Leucothoe incisa</i>	-	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Leucothoe spinicarpa</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Megaluropus agilis</i>	-	3	1	1	1	1	3	4	-	2	1	-	-	-	2
<i>Megamphopus cornutus</i>	1	-	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Melita obtusata</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-
<i>Melphipidella macra</i>	2	-	3	2	-	-	1	1	2	1	-	-	-	-	1
<i>Metaphoxus fultoni</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Metopa alderi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Metopa borealis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2
<i>Microdeutopus versiculatus</i>	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Monoculodes carinatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Monoculodes subnudus</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Orchomene humilis</i>	-	-	-	1	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Orchomene nana</i>	1	1	2	1	3	1	3	3	3	1	-	-	-	2	1
<i>Paramphilochooides odontonyx</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pariambus typicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Periocolodes longimanus</i>	-	4	-	-	-	1	-	4	-	1	-	-	-	-	1
<i>Perrierella audouiniana</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Phtisica marina</i>	1	-	1	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pontocrates altamarinus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Pontocratus arenarius</i>	-	-	2	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-

<i>Pseudoprotella phasma</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Scopelocheirus hopei</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Socarnes erythrophthalmus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Stenothoe marina</i>	3	1	2	1	-	-	-	1	2	1	-	-	-	3	3
<i>Synchelidium maculatum</i>	1	3	1	2	3	2	3	-	2	-	-	-	-	-	1
<i>Tmetonyx similis</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tritaeta gibbosa</i>	1	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Urothoe elegans</i>	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cumacea															
<i>Bodotria pulchella</i>	-	3	-	-	-	-	1	4	1	-	-	-	-	-	-
<i>Bodotria scorpioides</i>	-	-	2	-	-	-	1	4	1	1	-	-	-	3	2
<i>Campylapsis legendrei</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-
<i>Diastylis bradyi</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	5	1	-	-	-	-
<i>Diastylis laevis</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	4	-	-	-	-	-
<i>Diastylis rugosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Eudorella emarginata</i>	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudocuma longicornis</i>	-	3	-	-	2	3	4	3	1	3	1	-	-	1	-
<i>Pseudocuma similis</i>	-	-	2	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	3
Isopoda															-
<i>Astacilla longicornis</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eurydice pulchra</i>	-	-	1	1	-	-	2	-	2	-	-	-	-	-	1
<i>Gnathia oxyuraea</i>	1	2	-	-	1	1	2	-	1	-	-	-	-	-	1
<i>Sphaeroma rugicauda</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Mysidacea															
<i>Acanthomysis longicornis</i>	-	1	3	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	2	3
<i>Anchialina agilis</i>	5	1	4	3	1	1	3	3	3	2	2	1	-	2	4
<i>Erythrops elegans</i>	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gastrosaccus sanctus</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	-	-	2	-	-	-	-	2	1	1	2	1	-	3	4
<i>Haplostylus lobatus</i>	1	1	1	2	2	1	5	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Haplostylus normani</i>	3	3	4	1	-	-	-	3	1	-	-	-	-	1	3

<i>Leptomysis gracilis</i>	2	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leptomysis lingvura</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	5	5	-	-
<i>Mysidopsis angusta</i>	-	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mysidopsis gibbosa</i>	-	-	1	1	1	1	-	-	2	-	-	-	-	1	2
<i>Neomysis integer</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5	5	-	-
<i>Paramysis helleri</i>	-	1	-	-	-	-	-	4	-	1	-	-	-	-	-
<i>Paramysis nouveli</i>	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Schistomysis ornata</i>	-	-	5	-	-	1	-	2	2	3	-	-	-	1	1
<i>Siriella armata</i>	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Siriella clausii</i>	-	-	-	2	3	2	2	-	-	-	-	-	-	1	1
<i>Siriella jaltensis</i>	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Siriella norvegica</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Decapoda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Crangon crangon</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	3	5	-	-
<i>Galathea intermedia</i>	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hippolyte varians</i>	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Liocarcinus</i> spp.	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Macropopia</i> spp.	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Palaemon longirostris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	5	-	-
<i>Pandalina brevirostris</i>	2	-	1	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-
<i>Pandalus montagui</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Philocheras bispinosus</i>	-	-	2	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-
<i>Philocheras sculptus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
<i>Pisidia longicornis</i>	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Processa</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-
Leptostracea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nebalia bipes</i>	-	1	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Fish															
<i>Pomatoschistus microps</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	5	5	5	-	-
<i>Pomatoschistus minutus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	4	4	-	-

Table 4. Mean Species Richness (S), Abundance (N ind 100m⁻³), and biomass (B mg AFDW 100 m⁻³) for the suprabenthos collected in the 15 sampling sites in the English Channel and the Seine Estuary. St: site; * biomass estimation, - Baie des Veys site, no available data.

St	Spring			Autumn		
	S	A	B	S	A	B
1	100	303	47	74	547	120*
PN	95	3957	1947*	61	352	77*
2	86	200	71	103	7052	1611
3	88	144	25	87	537	58
P	102	94	25*	98	294	77
D	69	118	21*	69	217	39
CB	74	429	48*	71	1434	162
BV	-	-	-	-	1114	244*
4	89	640	147	90	2047	158
F	44	3223	706*	33	40469	8863*
EP	7	2836	80500*	11	8527	77000*
EM	10	12910	116000*	6	30929	100000
EO	3	293	112500	9	4217	202820
5	71	169	289	116	379	267
6	91	379	136	101	2285	424

Table 5. Maximal estimated abundance in a haul (number of ind 100 m⁻³) of suprabenthic species collected in the English Channel and the Seine Estuary. Mysi: mysid, Amph: amphipod, Deca: decapod, and Cuma: cumacean.

Abundance	species	Group	Abundance	site	date
>1,000	<i>Anchialina agilis</i>	Mysi	1523	2	07/10/94
	<i>Apherusa clevei</i>	Amph	1575	6	19/09/94
	<i>Erythrops elegans</i>	Mysi	1640	2	07/10/94
	<i>Gastrosaccus spinifer</i>	Mysi	1814	6	19/09/94
	<i>Anchialina agilis</i>	Amph	1874	1	09/10/89
	<i>Pomatoschistus microps</i>	Fish	1948	EM	18/11/96
	<i>Haplostylus lobatus</i>	Mysi	2216	CB	05/09/95
	<i>Ampelisca armoricana</i>	Amph	2404	PN	17/06/94
	<i>Apherusa bispinosa</i>	Amph	2470	3	30/08/94
	<i>Apherusa clevei</i>	Amph	2650	2	07/10/94
	<i>Palaemon longirostris</i>	Deca	2805	EM	18/11/96
	<i>Apherusa bispinosa</i>	Amph	2860	2	07/10/94
	<i>Ampelisca tenuicornis</i>	Amph	2970	PN	17/06/94
	<i>Palaemon longirostris</i>	Deca	4160	EO	21/08/96
	<i>Apherusa bispinosa</i>	Amph	4220	4	27/09/94
>5,000	<i>Ampelisca sarsi</i>	Amph	5598	PN	17/06/94
	<i>Schistomysis ornata</i>	Mysi	8077	2	07/10/94
	<i>Neomysis integer</i>	Mysi	8149	EP	22/07/96
>10,000	<i>Apherusa clevei</i>	Amph	10081	1	17/07/90
	<i>Mesopodopsis slabberi</i>	Mysi	13172	EP	22/07/96
	<i>Mesopodopsis slabberi</i>	Mysi	15168	EM	22/07/96
	<i>Mesopodopsis slabberi</i>	Mysi	18400	F	18/09/96
	<i>Diastylis</i> spp.	Cuma	20400	F	18/09/96
	<i>Mesopodopsis slabberi</i>	Mysi	34329	EM	17/09/95
	<i>Neomysis integer</i>	Mysi	90337	EO	21/08/96
>100,000	<i>Neomysis integer</i>	Mysi	216000	EM	17/09/95

Table 6. Monthly abundance (N ind 100m⁻³) for the suprabenthos collected in six sampling sites in the English Channel and the Seine Estuary. St: site. Mean: mean annual abundance. - no data.

St	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Mean
1	-	410	-	-	-	303	4622	639	-	547	89		1050
3	-	58	-	43	-	79	-	1384	-	692	1234	-	582
F	706	402	449	385	1445	3223	4277	5965	40469	1269	400	439	4952
EP	2561	62	932	651	2836	7677	22123	9681	8527	7139	309	561	5255
EM	1174	348	1105	5572	12910	78069	48671	21827	30929	6119	4914	983	17714
EO	2530	929	1275	370	293	1526	12014	48083	4217	513	900	294	6079

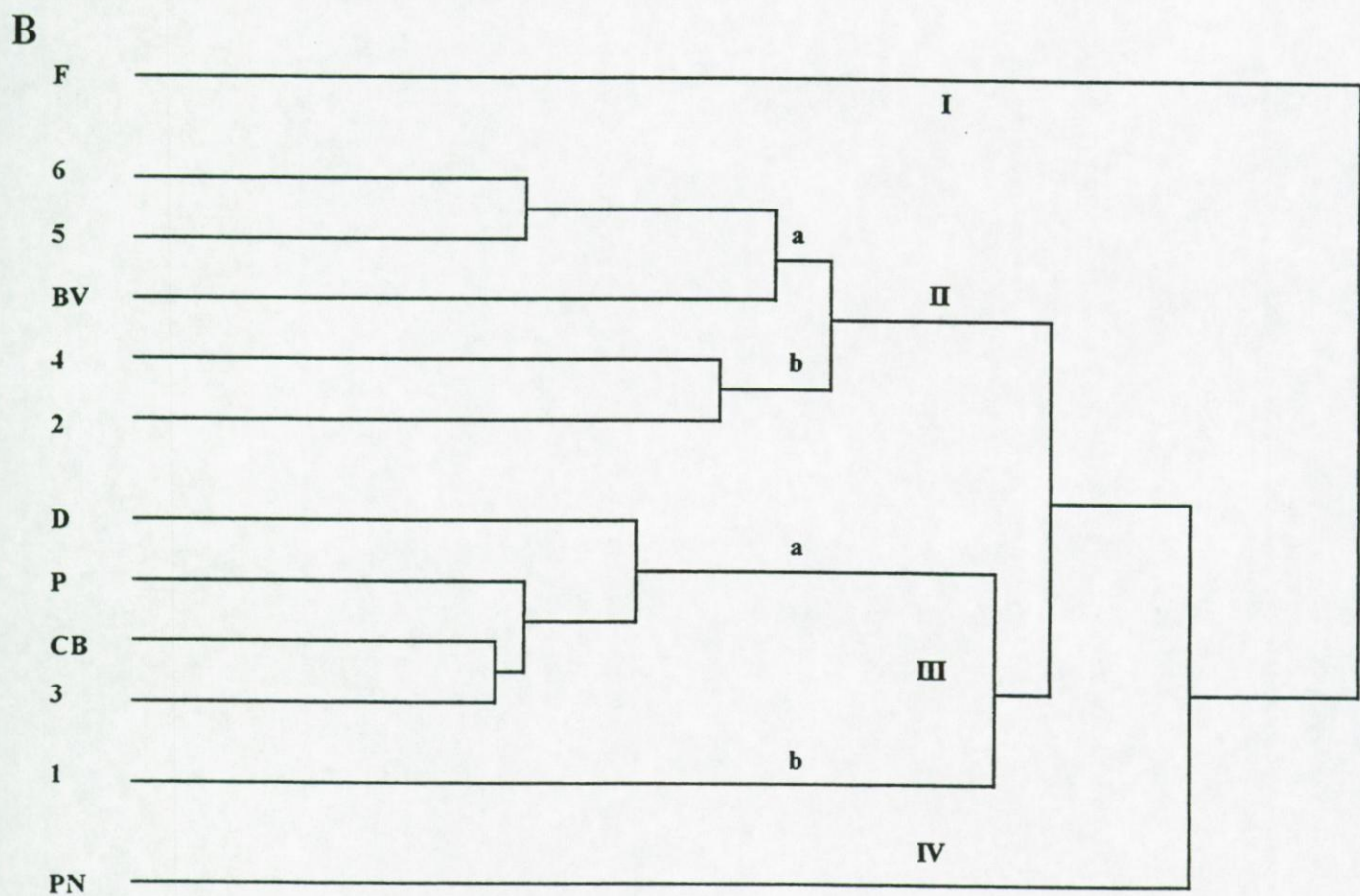
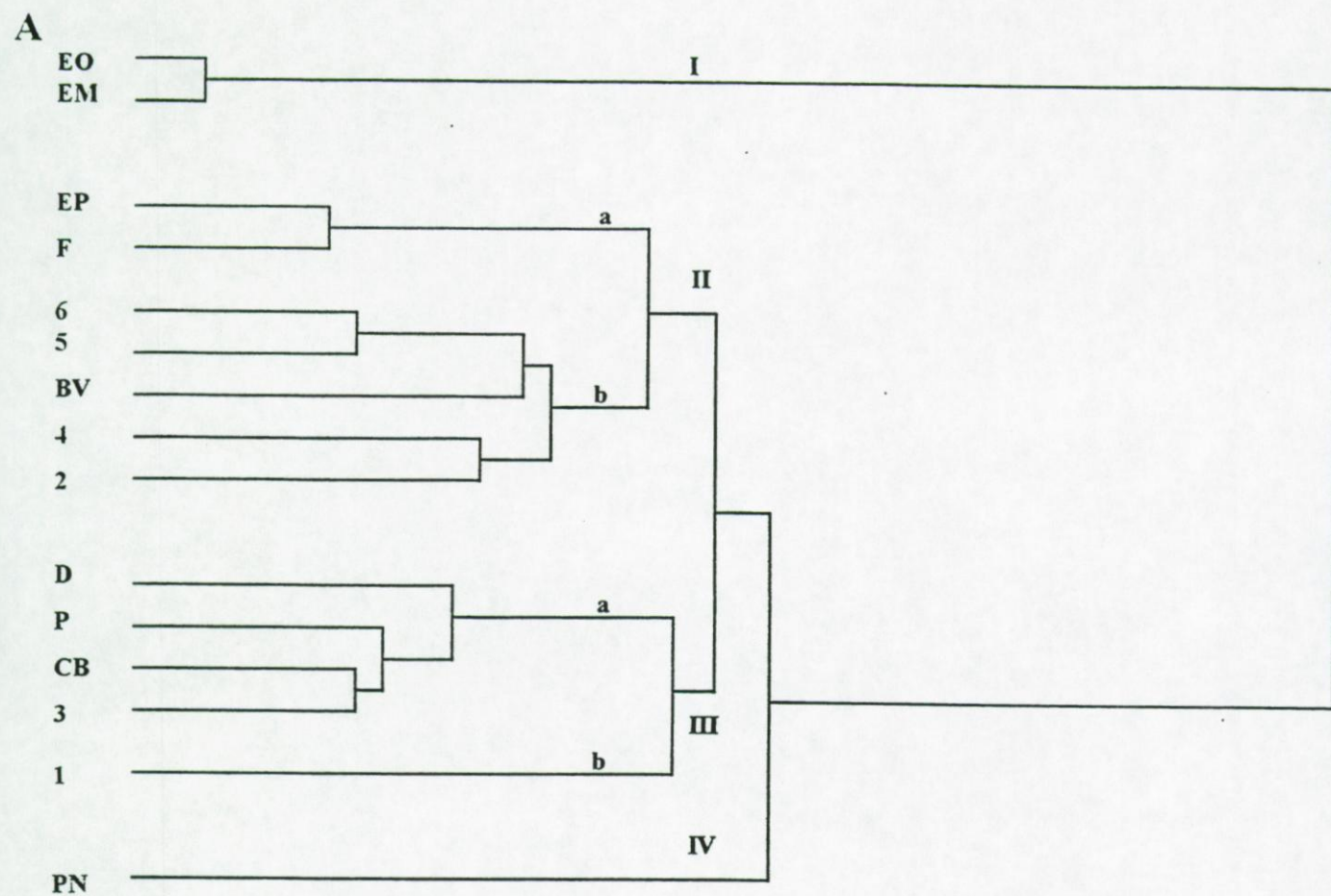


fig. 1

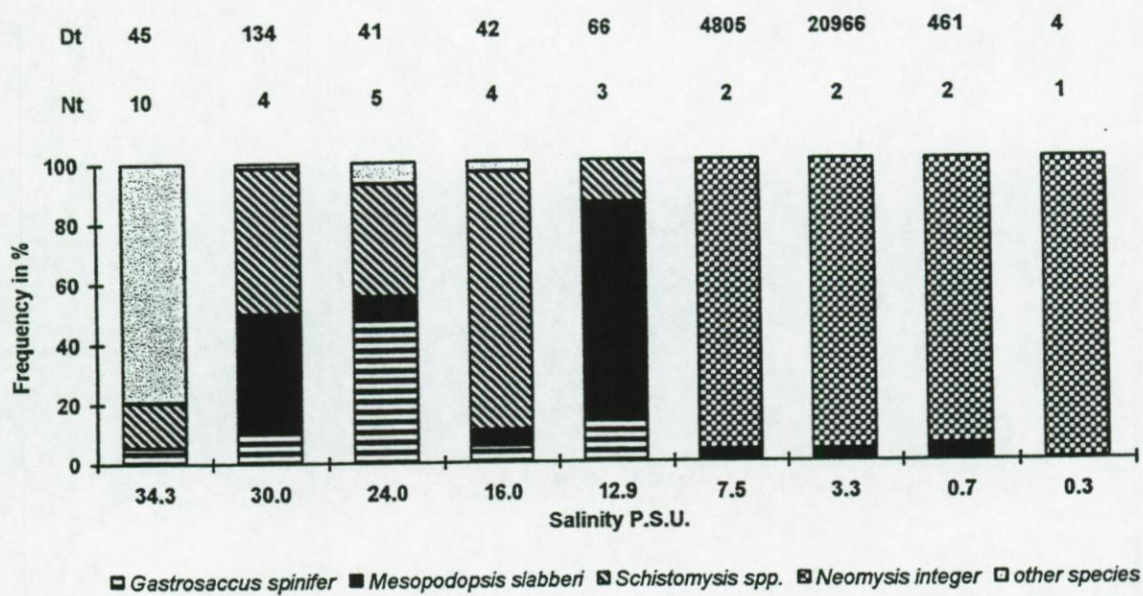


Fig. 2

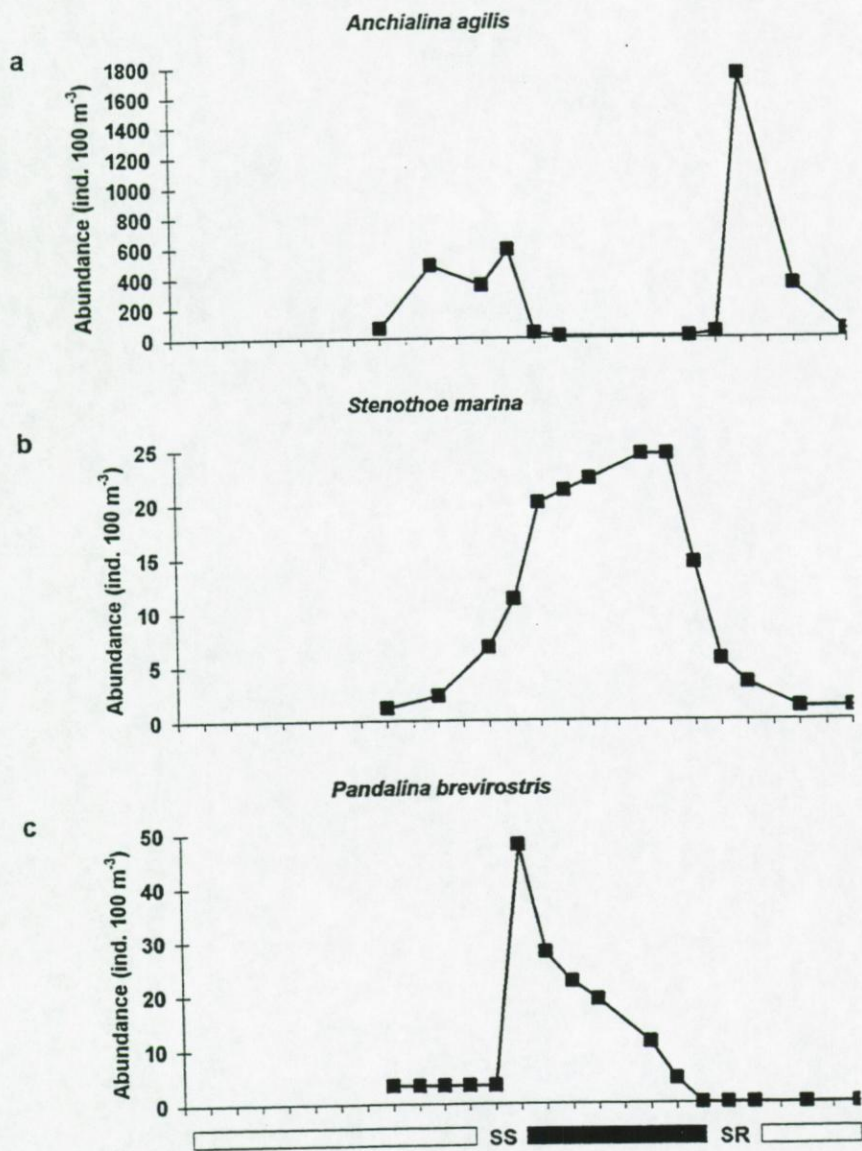
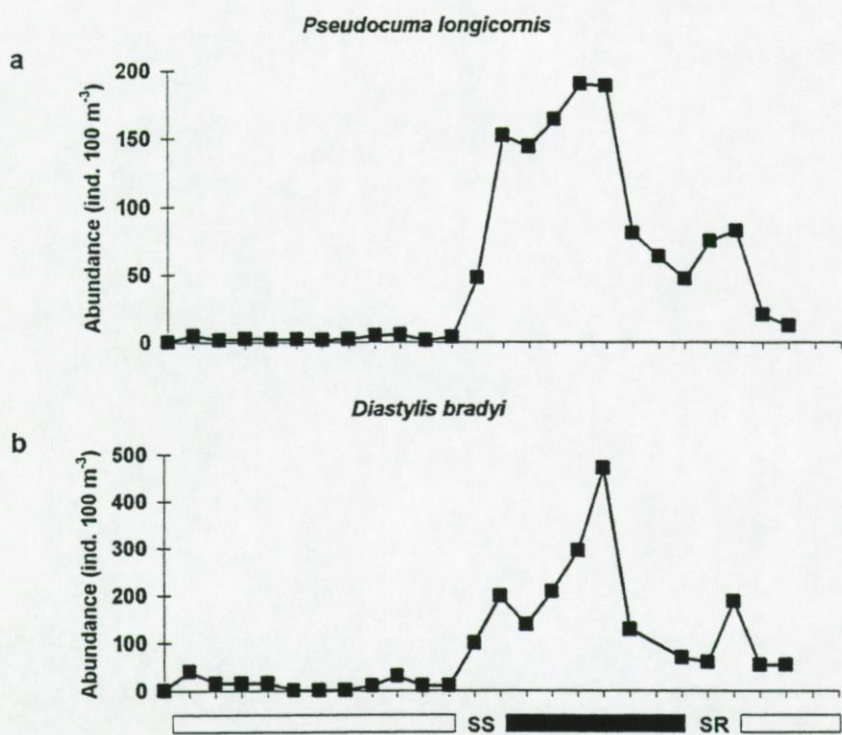


Fig. 3



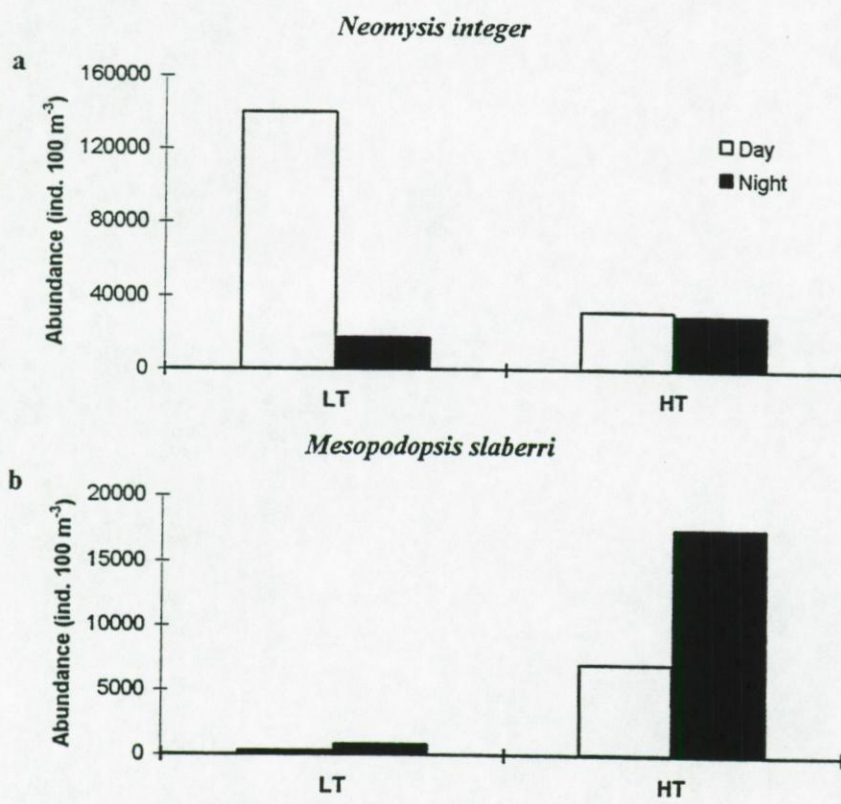


Fig. 5

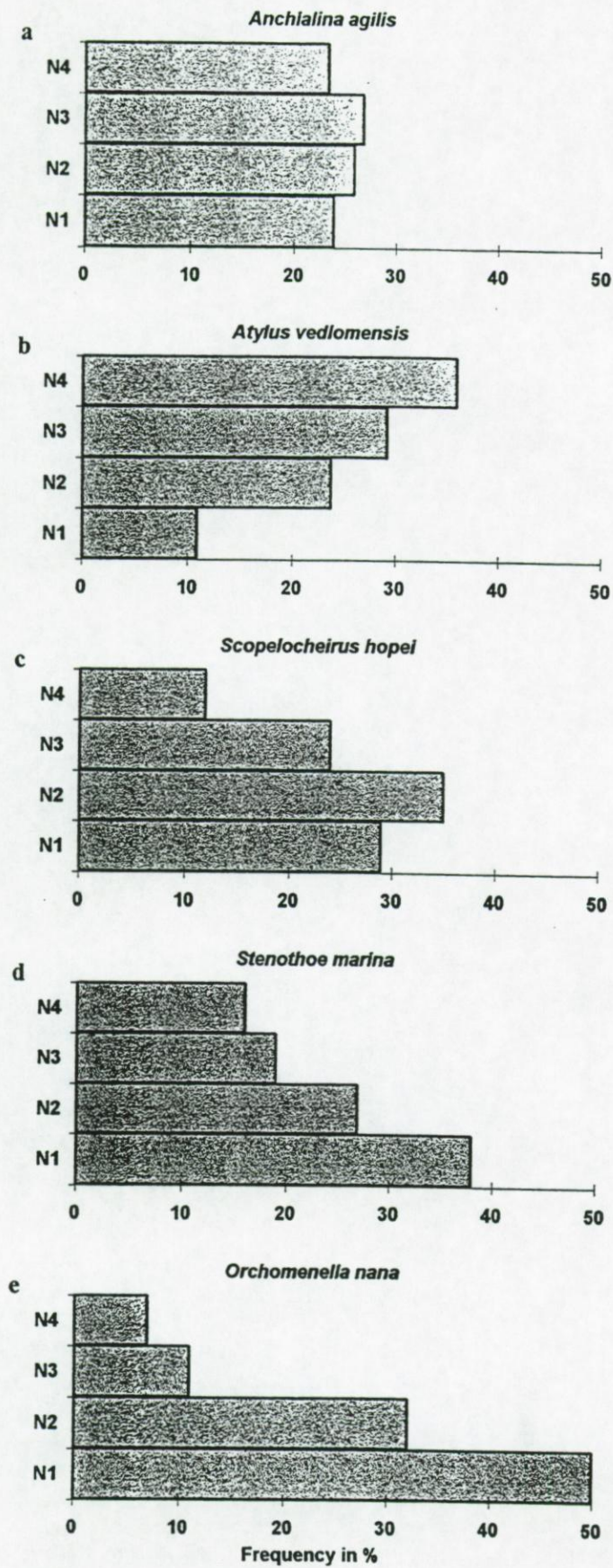
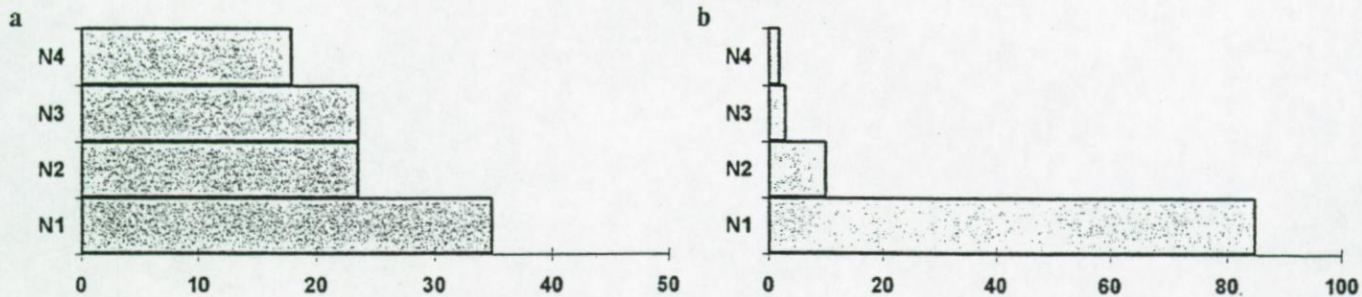


Fig. 6

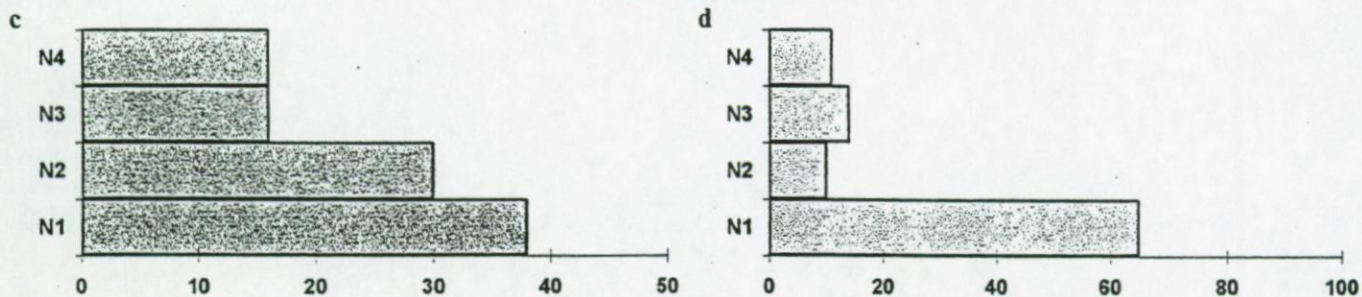
ENGLISH CHANNEL

BAY OF BISCAIY

AMPHIPODA



MYSIDACEA



CUMACEA

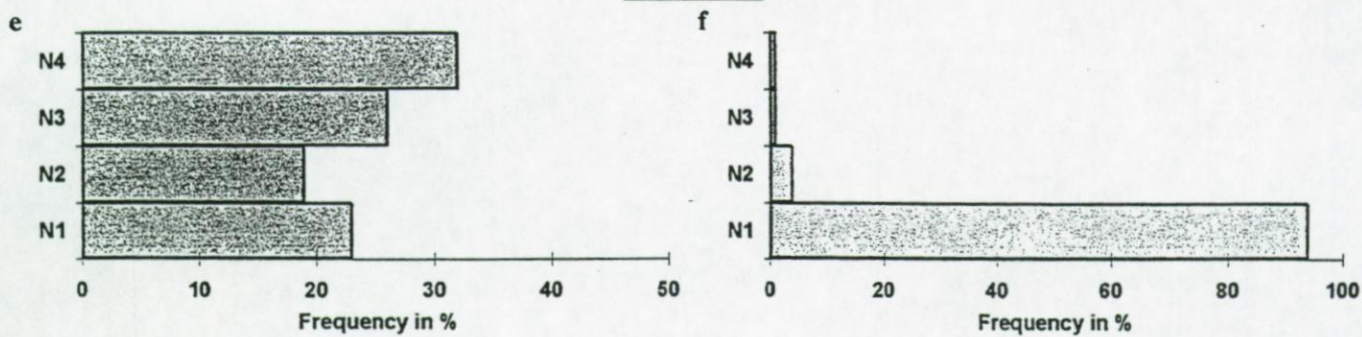


Fig. 7