



UNIVERSITE DE LA ROCHELLE

UFR SCIENCES

Thèse présentée par

**Emmanuel P. PARLIER**

Pour l'obtention du grade de **Docteur**

**Spécialité: Océanologie Biologique et Environnement Marin.**

**Approche quantitative de la fonction de nourricerie des  
systèmes estuaires-vasières.**

Cas du bar européen (*Dicentrarchus labrax*, L. 1758 ; a.k.a. *Morone labrax*)  
dans cinq nourriceries du Ponant : estuaire de la Seine, estuaire de la Loire, baie  
du Mont Saint-Michel, baie de Saint-Brieuc et baie de l'Aiguillon.

**Thèse présentée et soutenue publiquement le 22 septembre 2006.**

**Amphithéâtre René COUTANT, Aquarium, La Rochelle devant :**

Pr. Gérard BLANCHARD

Pr. Rachid AMARA

Dr. Raymonde LECOMTE-FINIGER

Pr. Eric FEUNTEUN

Dr. Pierre RICHARD

M. Mario LEPAGE

Université de La Rochelle (*Président du jury*)

Université de la Côte d'Opale (*rapporteur*)

Université de Perpignan (*rapporteur*)

Université de La Rochelle (*Directeur de thèse*)

CRELA L'Houmeau

CEMAGREF de Bordeaux (*Membre invité*)



**Avant propos :**

Ce travail de thèse a été réalisé au sein du Laboratoire de Biologie et Environnement Marins (L.B.E.M.) de l'Université de La Rochelle F.R.E. 2727 C.N.R.S. (Science de la Vie) – Université de La Rochelle.

Il a été soutenu au sein de l'Unité Mixte de Recherche mixte C.R.E.L.A. (Centre de Recherche sur les Ecosystèmes Littoraux Anthropisés) U.M.R. 6217 I.F.R.E.MER (Ressources Vivantes) – C.N.R.S. (Science De la Vie) – Université de La Rochelle. Ce travail s'inscrit dans les thématiques de recherche de plusieurs équipes de cette structure en devenir.

Ce travail a été financé par des contrats de recherche et d'expertise et a fait l'objet de rapports d'expertise et d'état des lieux avant travaux d'aménagements.



Schéma conceptuel du travail de mise en évidence des liens entre les nourriceries littorales et les stocks côtiers.

## **Remerciements :**

Je tiens tout d'abord à remercier le Pr. Eric FEUNTEUN qui m'a confié avec toute la sincérité qui puisse être ce travail de thèse en novembre 2002 après avoir accepté de m'encadrer lors de mon D.E.A. au Muséum National d'Histoire Naturelle. Je tiens tout particulièrement à souligner l'autonomie et la responsabilisation de son encadrement. En effet, il a toujours su me considérer comme son *alter ego* et n'a pas hésité à me confier de lourdes responsabilités lors de travaux d'expertises et/ou de recherches ainsi que dans le cadre de nombreuses campagnes de terrain. Il m'a également donné le goût du transfert de savoir et de la formation des stagiaires. Qu'il sache que ce sont ses conseils et son exigence qui ont guidé et forgé ce futur docteur en écologie halieutique et estuarienne (*ichtyo-estuarologie* ?) et le tout jeune ingénieur écologue du *Cemagref*.

Je tiens également à remercier chaleureusement le Pr. Gérard BLANCHARD de m'avoir accueilli au sein de sa jeune équipe où le modèle poisson a aujourd'hui toute sa place. Je le remercie également d'avoir accepté de présider mon jury de thèse.

Je profite de ces quelques lignes pour insister sur le rôle de mentor qu'il a su jouer tant du point de vue scientifique qu'humain. Qu'il soit également remercié pour ces analyses pragmatiques de la situation et ses très vifs encouragements à la publication.

Je remercie Madame Raymonde LECOMTE-FINIGER pour le temps qu'elle a voulu me consacrer quant aux problématiques liées aux otolithes, ainsi que pour son énergie débordante. Je la remercie également d'avoir accepté le rôle de rapporteur de mes travaux de thèse.

Je remercie le Pr. Rachid AMARA d'avoir accepté d'être rapporteur de mon travail de thèse et pour son soutien. Nous partageons d'ores et déjà des réflexions sur la fonction de nourricerie et la structuration des assemblages des communautés estuariennes.

Je remercie Mario LEPAGE, collègue du *Cemagref*, d'avoir accepté d'évaluer mon travail et d'avoir participé à mon jury de thèse.

Le monde des isotopes naturels n'a plus de secret pour lui, après l'avoir initié aux campagnes de pêches il m'a accordé le temps et l'écoute nécessaire pour mener à bien mes analyses, je tiens à remercier M. Pierre RICHARD pour sa présence, ses judicieux conseils et ses grandes qualités humaines.

Le cheminement de la thèse, et particulièrement des thèses en écologie de terrain, fait appel à de forts investissements en échantillonnages. C'est grâce à la participation de nombreuses personnes que ces échantillonnages ont pu se faire dans de bonnes conditions, qu'elles en soient ici remerciées :

- Pour la baie de Seine, les personnels de la Cellule de Suivi du Littoral Haut-Normand (C.S.L.H.N) ; qui m'avaient déjà aidé lors de mon D.E.A. ; M.M. Sylvain DUHAMEL, Gwenaëlle DE ROTON, Sébastien MAYOT et Thomas LEFRANCOIS.
- Pour l'estuaire de la Loire, M.M. Louis VILAINE et Yannick VILAINE, ainsi que les personnels de CREOCEAN S.A., M.M. Philippe GUIBERT, Christian PALLU et Jérôme DAVIGNON.

- Pour la baie du Mont Saint-Michel, Claudine MADIOU, et Raymond ainsi que M. le Pr. Christian RETIERE de la Station Marine du Muséum de Dinard.
- Pour la baie de Saint-Brieuc, Dr. Alain PONSERO, Melle. Justine VIDAL et M. Jérémy ALLAIN ainsi que Dr. Laurent DABOUINEAU de l'U.C.O. de Guingamp.
- Pour la baie de l'Aiguillon, Dr. Francis MEUNIER et M. Emmanuel JOYEUX ainsi que les pêcheurs, ostréiculteurs et mytiliculteurs du port de la garde.
- Pour la baie de Saint-Brieuc, la baie du Mont Saint-Michel et la baie de l'Aiguillon, les nombreux stagiaires (voir ci-après).

Une grosse partie de cette recherche a fait appel à des techniques innovantes et complexes. Le Centre Commun d'Analyse de l'Université de La Rochelle et ses personnels ont su mettre à ma disposition leurs connaissances et leurs temps pour se lancer dans l'aventure des otolithes.

Je remercie les 'micro'chimistes, M. Michel ROBERT, Melle Carine CHURLAUD et M. Mulumba KALOMBO, qui peuvent se vanter de m'avoir fait travailler en salle blanche (moi, le pêcheur des vasières et des marais salés...).

Je remercie très très chaleureusement Mme Monique BORDES, de m'avoir suivi dans cette aventure de l'infiniment petit, et avec qui la découverte de l'histoire de vie des poissons est devenu notre propre histoire. Il doit vraiment y avoir de la vaterite dans ces sillons...

Merci également à Melle Christine DEPONGE pour son maniement aisé des logiciels de statistiques.

Je remercie maintenant ceux qui ont su faire preuve de patience, et s'acquitter de leur tâche avec Brio (avec qui ?), M. Nicolas ALLIGNER, Mme Armelle COMBAUD et Mme Michel DURIVAUX, M. Michel SAUVIGNON. Merci de m'avoir accordé autant de faveurs.

Je tiens également à remercier M. François BATY-SOREL, le mentor de mon nouveau chapitre de la thèse (N.C.T. 2005), pour la patience dont il a su faire preuve pour fouiller la complexité de mon travail, son enthousiasme débordant et pour ses analyses claires et succinctes de mes relations avec les autres.

Parce que l'aventure de ma thèse, *mon aventure*, a croisé celle de très nombreux stagiaires, je tiens à exprimer ma plus profonde gratitude à ces étudiants qui ont vu un jour débarquer avec des Waders <sup>TM</sup> et un Cotten <sup>TM</sup>, un breton pêcheur, plongeur et chasseur, qui ne mange pas de poisson et qui porte des treillis camo.

Je tiens à remercier particulièrement la Seabass'Team (Seabass Team Member un jour, Seabass Team Member pour toujours) et les J.K.O.S. (Dignes héritiers des Frères Misères) :

Jérémy DON (Jérem le Huron, U.S.D.A. Member), Paul-Alexis CUZANGE (Polo alias Thierry PICOT), François ALBERT (Franco T'es sec mec), Julien DUBREUIL (Jul's de Banyuls, U.S.D.A. Member), Brice REMY-ZEPHIR (Briçouille, U.S.D.A. Member), Benoît LEBRETON (BluByte) et Nicolas JUDDE (Grenouille).

Merci également à Julien GRIGNON, Philippe RHODES, Sandie MILLOT, Mathieu BADETS (P'tit mat), Nicolas HUET, Héloïse FROUIN, Vincent BOUJU, Claire BERTIN

(Ciboulette), Aurélien RIDE (Lapinoux), François MICHONNEAU (La mich' viva la florida), Alexa CHARPENTRON, Grégory BAUDOUIN, Matthieu LERAY, Estelle NDOMBA NBAZA, Agnès BOYER, Lucie GUINET, Sylvain ROCHETEAU, Virginie COFFINET et Marlène COTTAY.

Merci aussi à la team des z'endimanchés pour leur soutien et leurs incontournables gamelles ! Line, Didier et Oliv.

Les aléas de la vie de doctorant m'ont « *obligé* » à fréquenter parfois la crème de la future recherche française. Certains m'ont suivi de loin (par delà les océans), et j'ai dû jouer les vagemestres. Merci au Dr. Tony ROBINET avec qui j'ai parfois pu échanger des moments courts mais toujours intenses.

Un grand merci à mes pairs et collègues de galère. Je commence par les vieux :

- Dr. Karine FAUCHER (Zeb') qui m'a souvent supporté dans les coups durs (et la réciprocité).

- Dr. Delphine LE GUERRIER, pour son écoute et ses conseils tous aussi judicieux les uns que les autres. Nous sommes appelés à nous revoir dans d'autres lieux.

- Dr. Olivier HERLORY (le Psychorigide) et Dr. Jean-Christophe AUGUET (mou du genou méfie toi des chinois) qui ont su m'accueillir lors de mon arrivée impromptue sur La Rochelle, et pour ces bonnes tranches de rigolade.

Merci aux jeunes maintenant, c'est à vous de creuser votre sillon, Elise MARQUIS, Pierre-Yves PASCAL (grand tout sec) et Elodie REVEILLAC (la petite dernière), Benoît Le Breton (Blubyte) et Thomas Lacoue-Labarthe (Couille sèche). Les derniers mois auront été ceux du passage de témoin. Essayer de garder le PhD spirit.

Je remercie mes amis, fidèles parmi les fidèles, s'il en est, Dominique (Dom), Véronique (Véro), Renaud (Gamin), Vincent (Monsieur Vincent), Vincent (Mou du genou), Lucile, Lowan, Clément (Cosette) & Jocelyne (Joce'), Benoît (Gredin), Christophe (Bigerbe), Yoann (Président du Gougay's Club), Jérémy (Le huron), Olivier (Carpenter), Medhi (Cartoucheur), Nicolas (Pan Pan) et la belle Florence (Chewee), Vous savez ce que je vous dois.

Je remercie avec le plus d'émotion ma famille. Ma mère et mon père qui m'ont, sans faillir, soutenu dans les épreuves. Ils ont su être présents même quand « *à 27 ans du matin, l'Ankou m'a serré la main en me tapant un coup dans le dos m'a dit salut et à bientôt* ». Ils m'ont supporté quand le doute s'installait, et ils ont su supporter mes nombreuses absences, et mes revers de fortune. Merci à mes frères (Le prince et Petit poulet) et à ma sœur (bergère) pour leur soutien et leur réconfort. Merci d'avoir été là pour moi.

Enfin je tiens à remercier tous ceux qui de près ou de loin, par leur présence, leur temps, leur écoute ou leur absence ont contribué à m'aider à finaliser ce travail long, parfois destructeur mais toujours enrichissant.

*« Je crois que la pêche à la morue [...] et probablement aux autres principaux poissons de mer, est inépuisable, et donc qu'aucune pratique ne peut affecter nos stocks ».*

Thomas HUXLEY, 1883.



*« Il est certain que la conviction – apparenté au sentiment religieux – que le monde est rationnel, ou au moins intelligible, est à la base de tout travail scientifique un peu élaboré. Cette conviction constitue ma conception de Dieu. C'est celle de Spinoza ».*

Albert Einstein.

Sur la vérité scientifique, 1929.

***Sapere aude***

*(N'aie pas peur de savoir,  
Aie le courage de te servir de ton propre entendement)*

Devise des Lumières.



# TABLE DES MATIERES

<b>INTRODUCTION GENERALE ET CONTEXTE SCIENTIFIQUE (ETAT DE L'ART).....</b>	<b>14</b>
1. QUELLES SONT LES ESPECES FREQUENTANT LES SYSTEMES ESTUAIRES-MARAIS SALES INTERTIDIAUX DE LA FAÇADE OUEST DE LA FRANCE ET QUELLE EST LA DYNAMIQUE DE LEUR COLONISATION ?.....	19
1.1. <i>Quelles sont les compositions spécifiques des différentes guildes fonctionnelles ? Existe-t-il des variations spatiales et/ou temporelles de la composition et de l'organisation des peuplements ?</i> .....	19
1.2. <i>Le type de milieu a-t-il une incidence sur l'organisation des peuplements ?</i> .....	22
2. COMMENT CARACTERISER LA CAPACITE D'ACCUEIL DES DIFFERENTS TYPES DE MILIEUX POUR LES JUVENILES DE L'ANNEE ?.....	23
2.1. <i>Abondances et structure de populations.</i> .....	24
2.2. <i>Croissance et performance de croissance.</i> .....	24
3. COMMENT CARACTERISER LE ROLE TROPHIQUE JOUE PAR LES MARAIS SALES POUR LES JUVENILES DE BARS EN FONCTION DES DIFFERENTS SITES ?.....	25
3.1. <i>A l'échelle d'une marée : les régimes alimentaires, des indicateurs instantanés.</i> .....	25
3.2. <i>A l'échelle d'un mois ou d'une saison : les suivis des rapports isotopiques naturels.</i> .....	26
4. COMMENT MONTRER LA FIDELITE DES JUVENILES DE BARS AUX DIFFERENTES NOURRICERIES ?.....	27
4.1. <i>Reconstitution de l'histoire de vie des juvéniles de bars : détermination des âges, histoire océanique et estuarienne (microstructure de l'écaille et de l'otolithe).</i> .....	27
4.2. <i>Formes, structures et utilisations des écailles de poissons.</i> .....	29
4.3. <i>Formes, structures et utilisations des otolithes.</i> .....	31
4.4. <i>Identification de contingent (signatures microchimiques).</i> .....	33
5. COMMENT MONTRER LA PARTICIPATION DE CES CONTINGENTS DE JUVENILES AUX STOCKS COTIERS DE GENITEURS ?.....	35
5.1. <i>Utilisation des signatures microchimiques des otolithes.</i> .....	35
6. PLAN DE L'ETUDE.....	37
<b>TOME 1 : ETUDE COMPAREE DES PEUPELEMENTS DE POISSONS DE COMPLEXES ESTUARIENS DE LA FACADE OUEST DE LA FRANCE.....</b>	<b>40</b>
<b>PREMIERE PARTIE : STRUCTURATION DES COMMUNAUTES DE POISSONS DES COMPLEXES ESTUAIRES - MARAIS SALES INTERTIDIAUX DE LA FAÇADE OUEST DE LA FRANCE.....</b>	<b>41</b>
<b>CHAPITRE 1 : STRUCTURATION DU PEUPELEMENT DE POISSONS D'UN PETIT COMPLEXE ESTUAIRE – MARAIS SALES ENCLAVE DE LA FAÇADE OUEST DE LA FRANCE : LA BAIE DE SAINT-BRIEUC.....</b>	<b>42</b>
1. INTRODUCTION.....	43
2. MATERIEL ET METHODE.....	45
2.1. <i>Présentation du site d'étude.</i> .....	45
2.2. <i>Echantillonnages.</i> .....	47
3. RESULTATS.....	51
3.1. <i>Description générale du peuplement.</i> .....	51
3.1.1. <i>Guildes écologiques (Elie et al. 1990; Keith et Allardi 2001).</i> .....	51
3.1.2. <i>Structuration des effectifs et de la biomasse.</i> .....	52
3.1.3. <i>Structure démographique globale.</i> .....	53
3.2. <i>Variations spatiales de la structure du peuplement.</i> .....	54
3.2.1. <i>Site Amont, Clôture.</i> .....	54
3.2.2. <i>Site Aval, Nature.</i> .....	55
3.2.3. <i>Comparaison entre le site 1 et le site 2 : Abondances numériques et pondérales.</i> .....	56
3.2.4. <i>Comparaison entre le site 1 et le site 2 : Comparaison de la structuration par guildes écologiques.</i> .....	58
3.3. <i>Variations temporelles de la structure du peuplement.</i> .....	59
4. DISCUSSION.....	61
4.1. <i>Preferendum et guildes écologiques.</i> .....	61
4.2. <i>Colonisation des marais salés et rôle trophique.</i> .....	63
4.3. <i>Activités de gestion et perturbations des relations espaces-espèces.</i> .....	65
4.4. <i>Variations temporelles de la structure du peuplement à microéchelle.</i> .....	66
5. CONCLUSION.....	68

6.	REMERCIEMENTS.....	68
<b>CHAPITRE 2 : EVOLUTION DES ASSEMBLAGES DES ESPECES DE POISSONS DES MARAIS MACROTIDAUX DE LA BAIE DU MONT SAINT-MICHEL 1998-2003.....69</b>		
1.	INTRODUCTION.....	70
2.	MATERIEL ET METHODE.....	71
2.1.	<i>Présentation des sites d'étude.....</i>	71
2.2.	<i>Echantillonnages.....</i>	74
2.3.	<i>Evolution des populations échantillonnées.....</i>	75
3.	RESULTATS.....	75
3.1.	<i>Description générale du peuplement.....</i>	75
3.1.1.	<i>Guildes écologiques (Elie et al. 1990).....</i>	75
3.1.2.	<i>Structuration des effectifs et de la biomasse.....</i>	76
3.1.3.	<i>Structure démographique globale.....</i>	77
3.2.	<i>Variations saisonnières du peuplement piscicole.....</i>	78
3.2.1.	<i>Site du Polder Foucault, Le Ponton.....</i>	78
3.2.2.	<i>Site du Polder Tesnière.....</i>	79
3.3.	<i>Variations interannuelles.....</i>	81
3.3.1.	<i>Le site du Ponton.....</i>	81
3.3.2.	<i>Le site de Tesnière.....</i>	84
3.4.	<i>Evolution de la composition globale du peuplement des deux sites depuis le processus invasif par le Chiendent.....</i>	85
3.5.	<i>Evolution de l'abondance de certaines espèces composant le peuplement de poissons.....</i>	87
4.	DISCUSSION.....	88
4.1.	<i>Etat 2003 de l'assemblage piscicole des marais macrotidaux.....</i>	89
4.2.	<i>Evolutions des relations espaces-espèces.....</i>	89
4.3.	<i>La baie du Mont Saint-Michel, une baie aux multiples contraintes.....</i>	90
5.	CONCLUSION.....	91
6.	REMERCIEMENTS.....	92
<b>CHAPITRE 3 : LES NOURRICERIES LIGERIENNES DE DONGES AU BANC DE PIPY. ETAT 2003. ....93</b>		
1.	INTRODUCTION.....	94
2.	MATERIEL ET METHODE.....	95
2.1.	<i>Présentation des sites d'étude.....</i>	95
2.1.1.	<i>Echantillonnages et Conditions de chalutages.....</i>	96
2.1.2.	<i>Traitements des captures et résultats.....</i>	97
3.	RESULTATS.....	98
3.1.	<i>Description générale du peuplement.....</i>	98
3.1.1.	<i>Guildes écologiques (Elie et al. 1990).....</i>	98
3.1.2.	<i>Structuration des effectifs et des biomasses.....</i>	99
3.1.3.	<i>Structure démographique globale.....</i>	99
3.2.	<i>Analyse de la structuration temporelle des assemblages piscicoles.....</i>	101
3.2.1.	<i>Abondances numériques.....</i>	101
3.2.2.	<i>Abondances pondérales.....</i>	102
3.3.	<i>Analyses de la structuration spatiale des assemblages piscicoles.....</i>	104
3.3.1.	<i>Abondances numériques.....</i>	104
3.3.2.	<i>Abondances pondérales.....</i>	110
4.	DISCUSSION.....	111
4.1.	<i>Peuplement de poissons, diversité et fonctionnalité estuarienne.....</i>	111
4.2.	<i>Répartition du peuplement de poissons.....</i>	113
5.	CONCLUSION.....	114
6.	REMERCIEMENTS.....	115
<b>CHAPITRE 4 : IMPACTS DES MODIFICATIONS DE LA STRUCTURE DE LA VEGETATION DES MARAIS SALES TIDAUX DE L'EUROPE DE L'OUEST SUR LA FONCTION DE NOURRICERIE. ....117</b>		
1.	RESUME.....	119
1.	ABSTRACT.....	120
2.	INTRODUCTION.....	120
3.	MATERIAL AND METHODS :.....	122
3.1.	<i>Description of study sites :.....</i>	122

3.2.	<i>Sampling methods.</i>	123
3.3.	<i>Analyses.</i>	125
4.	RESULTS.	125
4.1.	<i>Composition of the fish population of the Aiguillon bay :</i>	125
4.2.	<i>Size structure and colonising guilds :</i>	126
4.3.	<i>Temporal variations in the fish population of the Aiguillon bay :</i>	130
4.4.	<i>Spatial variations in the fish population of the Aiguillon bay :</i>	131
4.5.	<i>Composition of the fish population of the Mont Saint-Michel bay :</i>	133
4.6.	<i>Seasonal comparison of the two fish populations (Aiguillon compared to Mont Saint-Michel) :</i>	136
5.	DISCUSSION.	137
5.1.	<i>The Aiguillon bay and the Mont Saint-Michel bay, two models of nurseries :</i>	138
5.2.	<i>Management activities, disturbance and the nursery function of Aiguillon bay :</i>	139
5.3.	<i>Salt marshes, nursery function and colonising guilds :</i>	140
6.	CONCLUSION.	142
7.	ACKNOWLEDGEMENTS :	143
<b>SECONDE PARTIE : APPLICATION DE LA CLASSIFICATION EN GUILDES COLONISATRICES AUX PEUPELEMENTS DE POISSONS DE QUATRE COMPLEXES ESTUAIRES – MARAIS SALES INTERTIDIAUX DE LA FAÇADE OUEST DE LA FRANCE.</b>		<b>144</b>
<b>GUILDES COLONISATRICES, CONTEXTES METAECOSYSTEMIQUES ET COLONISATION DES EAUX DE TRANSITION.</b>		<b>145</b>
1.	INTRODUCTION.	146
1.1.	<i>Tactiques et stratégies d'histoire de vie.</i>	147
1.2.	<i>Stratégies reproductrices.</i>	148
2.	MATERIEL ET METHODE.	151
2.1.	<i>Description de la méthodologie de définition des guildes colonisatrices (D'après Parlier et al. 2006) :</i>	151
2.2.	<i>Description des sites d'étude :</i>	153
2.3.	<i>Description du contexte métaécosystémique :</i>	155
3.	RESULTATS.	156
3.1.	<i>Guildes colonisatrices présentes dans les marais salés intertidaux.</i>	156
3.2.	<i>Utilisation des zones estuariennes et plasticités spécifiques.</i>	157
	(i) <i>Espèces présentes dans un seul site :</i>	157
	(ii) <i>Espèces présentant une stabilité du comportement de colonisation :</i>	159
	(iii) <i>Espèces présentant une plasticité de comportement de colonisation baie vs Loire :</i>	159
4.	DISCUSSION.	165
4.1.	<i>Plasticité spécifique et tactiques alternatives de colonisation des complexes estuariens.</i>	165
4.2.	<i>Pertinence de la classification en guildes colonisatrices (Parlier et al. 2006).</i>	168
5.	CONCLUSION.	171
6.	REMERCIEMENTS.	171
<b>CONCLUSION.</b>		<b>172</b>
<b>TOME 2 : ETUDE ET CARACTERISATION DE LA FONCTION DE NOURRICERIE DE COMPLEXES ESTUARIENS DE LA FACADE OUEST DE LA FRANCE POUR LE BAR EUROPEEN.</b>		<b>175</b>
<b>INTRODUCTION.</b>		<b>176</b>
1.1.	<i>Description du cycle biologique du bar européen</i>	180
1.2.	<i>Méthodologie de description de la fonction de nourricerie :</i>	182
<b>CHAPITRE 1 : VARIATIONS REGIONALES DES PERFORMANCES DE CROISSANCE ET DE FREQUENTATION DES NOURRICERIES LITTORALES PAR LES BARS JUVENILES (DICENTRARCHUS LABRAX L. A.K.A. MORONE LABRAX).</b>		<b>185</b>
1.	INTRODUCTION.	186
2.	MATERIEL ET METHODE.	187
2.1.	<i>Caractéristiques des sites étudiés</i>	187
2.1.1.	<i>Estuaire de la Seine.</i>	187
2.2.	<i>Autres sites.</i>	188
2.3.	<i>Comparaisons effectuées.</i>	189

3.	RESULTATS.....	189
3.1.	<i>Première colonisation estuarienne</i> .....	189
3.1.1.	<i>Analyse synchronique</i> .....	189
3.1.2.	<i>Analyse diachronique</i> .....	190
3.2.	<i>Phénologie et pérennité de la fréquentation</i> .....	191
3.3.	<i>Abondances</i> .....	193
3.3.1.	<i>Variations interannuelles intra site des abondances moyennes</i> .....	193
3.3.2.	<i>Abondances maximales</i> .....	194
3.4.	<i>Performances de croissance</i> .....	194
4.	DISCUSSION.....	195
5.	CONCLUSION.....	197
6.	REMERCIEMENTS.....	198
<b>CHAPITRE 2 : LES MARAIS SALES CONTRIBUENT-ILS SIGNIFICATIVEMENT A LA CROISSANCE DES BARS DE L'ANNEE (GROUPE 0) (<i>DICENTRARCHUS LABRAX</i> A.K.A. <i>MORONE LABRAX</i>) ?</b> .....		<b>199</b>
1.	INTRODUCTION :.....	200
2.	MATERIEL & METHODE :.....	202
2.1.	<i>Sites d'étude</i> :.....	202
2.1.1.	<i>Protocole de capture et traitements des données</i> :.....	203
3.	RESULTATS :.....	207
3.1.	<i>Cinétique de colonisation</i> :.....	207
3.2.	<i>Contenus stomacaux</i> :.....	209
3.3.	<i>Rations instantanées</i> :.....	210
3.4.	<i>Analyses isotopiques</i> :.....	210
3.4.1.	<i>Description et Evolution des signatures</i> .....	210
4.	DISCUSSION :.....	213
5.	CONCLUSION :.....	216
6.	REMERCIEMENTS :.....	217
<b>CHAPITRE 3 : DISCRIMINATION DE QUATRE NOURRICERIES DE BARS (<i>DICENTRARCHUS LABRAX</i> L.) DE LA FAÇADE OUEST DE LA FRANCE PAR MICROCHIMIE DES OTOLITHES.</b> .....		<b>218</b>
1.	RESUME.....	219
2.	INTRODUCTION.....	220
3.	MATERIEL ET METHODE.....	222
3.1.	<i>Présentation du site d'étude</i> .....	222
3.2.	<i>Extraction et préparation des échantillons</i> .....	224
4.	RESULTATS.....	224
4.1.	<i>Caractérisation de la population de juvéniles de bars européens</i> .....	224
4.2.	<i>Analyses microchimiques des otolithes</i> .....	225
5.	DISCUSSION.....	228
6.	CONCLUSION.....	230
<b>CHAPITRE 4 : RECONSTITUTION DE L'HISTOIRE DE VIE DES JEUNES BARS (<i>DICENTRARCHUS LABRAX</i> L.) DE QUATRE NOURRICERIES LITTORALES DE LA FAÇADE OUEST DE LA FRANCE PAR OTOLITHOCHRONOLOGIE.</b> .....		<b>233</b>
1.	INTRODUCTION.....	234
2.	MATERIEL ET METHODE.....	235
2.1.	<i>Présentation du site d'étude</i> .....	235
2.1.1.	<i>Localisation des sites de prélèvements</i> .....	235
2.1.2.	<i>Caractéristiques des sites de prélèvements</i> .....	237
2.2.	<i>Extraction et préparation des échantillons</i> .....	237
2.2.1.	<i>Préparation des otolithes et détermination des âges</i> .....	238
2.2.2.	<i>Mise en évidence des stries journalières</i> .....	238
3.	RESULTATS.....	239
3.1.	<i>Validation des stries journalières</i> .....	239
3.2.	<i>Description de l'organisation des stries</i> .....	240
3.3.	<i>Structure et origine des 'sillons'</i> .....	242
3.4.	<i>Comparaison des histoires de vie</i> .....	244
3.5.	<i>Recrutement et gradient biogéographique</i> .....	245

3.6.	<i>Histoires de vie et colonisation intertidale.</i>	246
4.	DISCUSSION	248
4.1.	<i>Stries journalières et marques de stress.</i>	248
4.2.	<i>Histoires de vie et colonisation intertidale.</i>	250
5.	CONCLUSION	251
6.	REMERCIEMENTS	251
<b>CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES</b>		<b>252</b>
1.	ETUDE DES COMPLEXES ESTUAIRES – MARAIS SALES INTERTIDaux DE LA FAÇADE OUEST DE LA FRANCE. 253	
1.1.	<i>Objectifs de ce travail.</i>	254
1.2.	<i>Mise en perspective du travail de thèse.</i>	254
1.1.1.	<i>Etude des peuplements</i>	255
1.1.2.	<i>Etude spécifique du bar européen.</i>	256
2.	PERSPECTIVE DE TRAVAUX ET CONSEILS DE GESTION	257
2.1.	<i>Pérennité de telles études.</i>	257
2.2.	<i>Poursuite de travaux et perspectives.</i>	258
<b>LITTERATURE CITEE</b>		<b>260</b>
<b>ANNEXES :</b>		<b>274</b>
	ANNEXE 1 : DESCRIPTION DE LA PHYLOGENIE DU BAR EUROPEEN :	274
	ANNEXE 2 : CURRICULUM VITAE	276

# **Introduction générale et contexte scientifique (état de l'art).**

Les systèmes estuariens sont des zones de transition entre les hydrosystèmes continentaux et les eaux marines. Ces zones sont composées de multiples écosystèmes : vasières, roselières, marais salés, bancs coquilliers, bancs de sable, cordon de galet, *etc.*

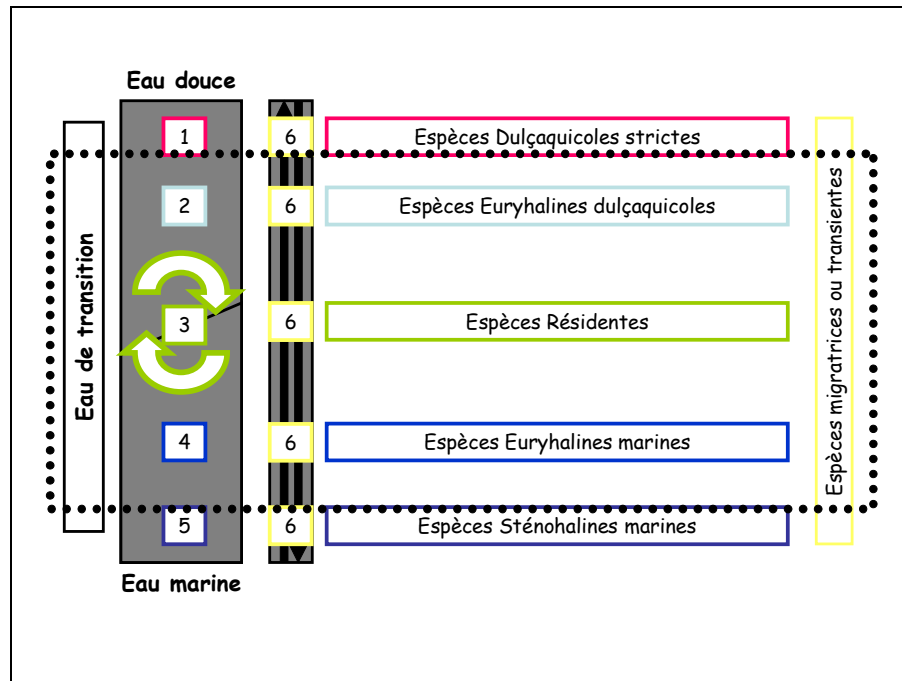
Les apports de nutriments par les bassins versants et le phénomène d'upwelling (Odum 1968a), que l'on retrouve parfois sous l'appellation d'inwelling (Dame et Allen 1996), permettent un enrichissement naturel des eaux côtières. Les nutriments apportés sont intégrés dans les réseaux trophiques et soutiennent ainsi une forte productivité (Teal et Teal 1962; Whitfield et al. 1994; Christensen et Pauly 1998; Laffaille et al. 2002). Du fait de ces fortes productions, les complexes estuariens jouent un rôle très important dans la production de poissons, de bivalves et de crustacés, dont certaines espèces d'intérêts halieutiques, qui représentent une ressource limitée mais renouvelable (Sparre et Venema 1998), soutiennent le tissu social local (*ie* mytiliculture, ostréiculture, pêche professionnelle ou sportive, *etc.*).

Ces systèmes sont colonisés par une combinaison d'espèces de poissons d'origines marines et dulçaquicoles, migrants (espèces diadromes) ou résidents (Elie et al. 1990). Ces zones de transition (écocline) représentent une entité cohérente vis-à-vis de la colonisation par les poissons. C'est la théorie du continuum estuaire – marais salés ('marsh - estuarine continuum' (Dame et al. 1992)). Seules les espèces supportant ces changements physicochimiques importants peuvent jouir de cette forte productivité (Figure 1).

Les espèces qui colonisent ces eaux de transition profitent de cette manne alimentaire et réexportent de la matière organique vers les zones plus au large. Les poissons peuvent alors jouer un rôle de vecteur biotique (sensu Forman 1981). C'est l'outwelling ('Outwelling hypothesis' (Odum 1968b)). L'ensemble des processus (*i*) d'importation de nutriments ('inwelling') et (*ii*) d'exportation de matière organique au large ('outwelling'), forme le 'coupling system' (Hasler 1974).

Dans ces mosaïques d'écosystèmes que forment les zones estuariennes, les peuplements de poissons généralement décrits sont composés de grandes densités de juvéniles (Claridge et al. 1986; Riou 1999a; Laffaille et al. 2000a; Le Pape et al. 2000; Lefeuvre et al.

2000; Parlier et Feunteun 2004, 2005). Les assemblages piscicoles de ces systèmes sont caractérisés par des grandes abondances et des diversités de l'ordre d'une centaine d'espèces (Marchand 1981a; Whitfield et al. 1994; Marchand et Schaan 1995; Laffaille et al. 2000c).



**Figure 1 : Schéma synthétisant les guildes écologiques potentiellement (pointillés) rencontrées dans les eaux de transition (complexes estuariens) (d'après Feunteun et al. 2001). 1) espèces dulçaquicoles strictes, 2) Espèces euryhalines dulçaquicoles, 3) espèces résidentes, 4) espèces euryhalines marines, 5) espèces sténohalines marines et 6) espèces migratrices ou transientes.**

Divers facteurs peuvent structurer ces assemblages plus ou moins temporaires (Laffaille et al. 2000c). Il peut s'agir de la salinité (principal facteur d'après Laffaille 2000), de la température, de la turbidité, de l'oxygène dissous, des apports d'eau douce, de la structuration des habitats, de la profondeur, de la distance à l'embouchure, de l'hydrographie, *etc.* (voir synthèse dans Akin et al. 2005) et leur persistance peut avoir des causes multiples (Jaureguizar et al. 2003) : saisonnière, climatique, biologique, physicochimique, *etc.* La plupart des études se sont focalisés précédemment sur l'analyse des habitats (e.g. Martino et Able 2003; Secor et Rooker 2005).

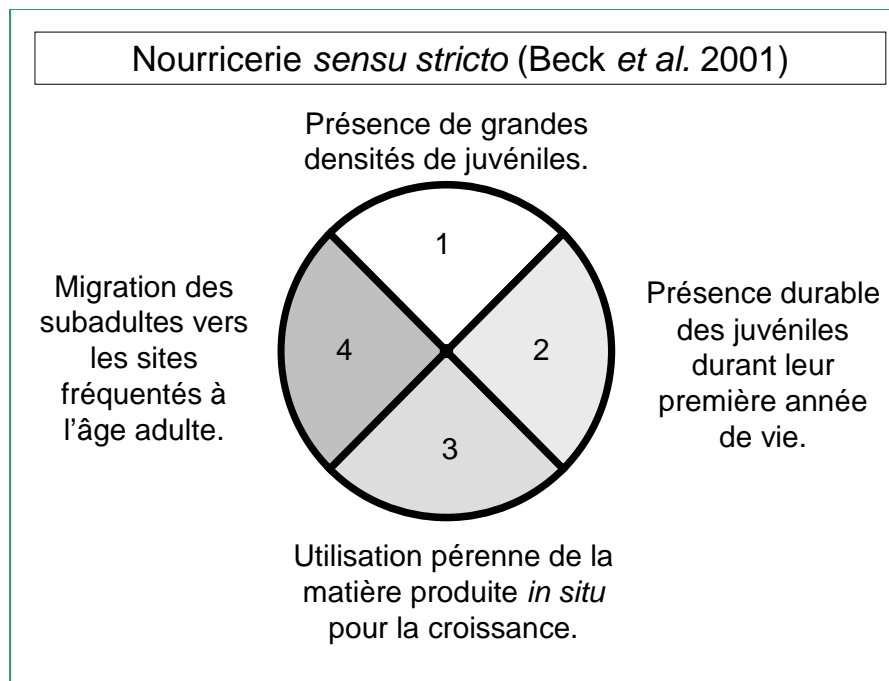
Le fait que ces zones jouent un rôle de nourricerie pour de nombreuses espèces de poissons et de crustacés, incluant des espèces d'intérêts halieutiques (Duhamel et al. 2002;



Duhamel et al. 2004), est une raison majeure d'étudier les facteurs qui régissent la diversité, la composition et la persistance de l'assemblage de ces communautés.

La fonction de nourricerie de ces écosystèmes est généralement exclusivement décrite du fait des grandes abondances de juvéniles de l'année ou de jeunes individus. Cependant, en 2001, Beck *et al.* ont proposé une redéfinition de la fonction de nourricerie basée sur la validation de quatre critères nécessaires et suffisants (Figure 2) :

1. *Présence durable de fortes abondances de juvéniles.*
2. *Alimentation qui privilégie les proies produites in situ qui permettent une croissance différentielle.*
3. *Pérennité de la fréquentation qui permet une survie différentielle.*
4. *Recrutement des individus fréquentant la nourricerie par une migration vers les sites fréquentés à l'âge adulte où s'effectue la reproduction.*



**Figure 2 : Schéma conceptuel des quatre critères de validation de la fonction de nourriceries proposés par Beck et al. (2001).**

L'ensemble de ces quatre critères est nécessaire afin de qualifier un écosystème ou un ensemble d'écosystèmes de nourricerie. Si l'un de ces critères n'est pas validé, comme la migration vers les sites fréquentés à l'âge adulte par exemple, l'écosystème étudié joue alors

un rôle alimentaire, certes privilégié, mais il soutient également toute la population. La fonction de nourricerie *stricto sensu* n'est pas alors pleinement remplie.

L'objectif de cette étude est de valider la fonction de nourricerie de cinq complexes estuaires-marais salés de la façade occidentale de la France vis-à-vis des peuplements piscicoles. Cependant, afin de valider les quatre critères proposés ci-dessus, une méthodologie adéquate va être appliquée au cas du bar européen (*Dicentrarchus labrax* L. a.k.a. *Morone labrax*). Cette espèce possède des liens intimes avec les écosystèmes considérés. Ces systèmes ont de nombreuses fois été étudiés de manière plus ou moins spécifiques sur la façade ouest de l'Europe (Barnabé 1976; Marchand 1981a; Aprahamian et Barr 1985; Bertignac 1987; Pawson et Pickett 1987; Marchand et Schaan 1995; Duhamel et al. 2004; Parlier et Feunteun 2004; Pickett et al. 2004; Parlier et Feunteun 2005; Pawson et al. 2005).

Afin de mettre en place une démarche scientifique qui permettra de valider la fonction de nourricerie des complexes estuaires-marais salés intertidaux de la façade ouest de la France, il est nécessaire de sérier les questions qui jalonnent la démarche scientifique. A chaque question il sera alors nécessaire d'apporter une méthodologie appropriée afin de caractériser, étape par étape, les divers critères décrits précédemment. Il paraît alors nécessaire de répondre aux 5 questions suivantes :

1. *Quelles sont les espèces fréquentant les systèmes estuaires – marais salés de l'ouest de la France et quelle est la dynamique de leur colonisation ?*
2. *Comment caractériser la capacité d'accueil des différents types de milieux pour les jeunes de l'année de bars européens (YoY<sup>1</sup>) ?*
3. *Comment caractériser le rôle trophique joué par les marais salés pour les juvéniles de bars en fonction des différents sites ?*
4. *Comment mettre en évidence la fidélité des juvéniles de bars aux différentes nourriceries littorales ?*
5. *Comment montrer la participation de ces contingents de juvéniles aux stocks côtiers de géniteurs ?*

Cette partie introductive se propose de présenter, d'une part, un éventail des solutions méthodologiques existantes et d'autre part, les justifications du choix méthodologiques sélectionnés afin de répondre aux cinq questions relatives à la validation de la fonction de nourricerie de complexes estuaires-marais salés intertidaux de la façade ouest de la France.

---

<sup>1</sup> YoY : Young-Of-the-Year, se dit des jeunes de l'année. Individus du groupe 0.

## **1. Quelles sont les espèces fréquentant les systèmes estuaires-marais salés intertidaux de<sup>2</sup> la façade ouest de la France et quelle est la dynamique de leur colonisation ?**

Les variations biogéographiques et les contextes métaécosystémiques (notion de seuil ou de capacité d'accueil et de connectivité) influent la répartition des espèces et donc de la structuration des peuplements piscicoles estuariens. Pour définir de manière détaillée les possibles variations de ces peuplements, une combinaison d'études synchroniques et diachroniques est souhaitable. Ainsi les processus de structurations des peuplements peuvent être mis en évidence.

La phénologie<sup>3</sup> des assemblages piscicoles peut être alors appréhendée : c'est-à-dire l'organisation des espèces et leur agencement dans l'espace et dans le temps du fait de variables forçantes biotiques ou abiotiques. Diverses classifications permettent de regrouper les espèces suivant leurs préférences trophiques, écologiques ou leurs stratégies de reproduction.

### *1.1. Quelles sont les compositions spécifiques des différentes guildes fonctionnelles ? Existe-t-il des variations spatiales et/ou temporelles de la composition et de l'organisation des peuplements ?*

Les marais salés et les zones estuariennes de la façade ouest de la France et plus généralement de l'Europe de l'ouest sont soumis à des cycles tidaux dont les marnages peuvent être de grandes amplitudes (16m pour la baie du Mont Saint-Michel (Retière 1979)). L'étude et la comparaison des peuplements piscicoles doivent s'effectuer de manière pluriannuelle afin de mettre en évidence d'éventuelles variations saisonnières et annuelles.

Sur la façade occidentale de la France, la Manche et la façade Atlantique il existe un grand nombre de complexes estuariens (plus d'une centaine). Ils présentent des caractéristiques hydromorphologiques très diverses avec des estuaires de petits cours d'eau

---

<sup>2</sup> *Guilde* : on admettra dans le reste de ce travail qu'une guilde est un ensemble d'espèces qui partagent le même habitat, ont recours aux mêmes ressources (ou les utilisent de la même manière) et ont une niche écologique et un style de vie semblable. On peut regrouper ces guildes en fonction de leur alimentation (guilde trophique) de leur niveau mode de reproduction (guilde reproductrice), *etc.*

<sup>3</sup> *Phénologie* : on considérera dans cette étude que la phénologie se rapporte à l'étude des influences des variations climatiques et/ou anthropiques sur certains phénomènes périodiques de la vie des animaux (migration, reproduction, *etc.*)

qui ne représentent pas plus de 0,5Km<sup>2</sup> à marée haute alors que l'estuaire de la Gironde par exemple possède une superficie de 625Km<sup>2</sup>.

Notre étude liée à l'accueil des populations de poissons dans ces systèmes s'est attachée à comparer deux grands types d'écosystèmes. Un premier groupe est représenté par des complexes estuariens ou les marais salés sont de grandes tailles : Baie du Mont Saint-Michel et baie de l'Aiguillon, et un autre groupe structuré autour de l'embouchure de grands fleuves : l'estuaire de la Loire et l'estuaire de la Seine. Une répartition entre la Manche et l'Atlantique a été effectuée afin de sélectionner un type de milieu dans les deux aires géographiques. Des analyses simultanées et diachroniques doivent permettre la mise en évidence des fluctuations à différentes échelles de perception : marée, mois, saison, année...

Parmi les méthodologies adaptées aux prélèvements piscicoles dans de telles zones, les grandes embarcations sont à proscrire du fait leur tirant d'eau. Ceci induit inéluctablement le rejet de chaluts pélagiques ou démersaux ou de chaluts à perche de grandes tailles.

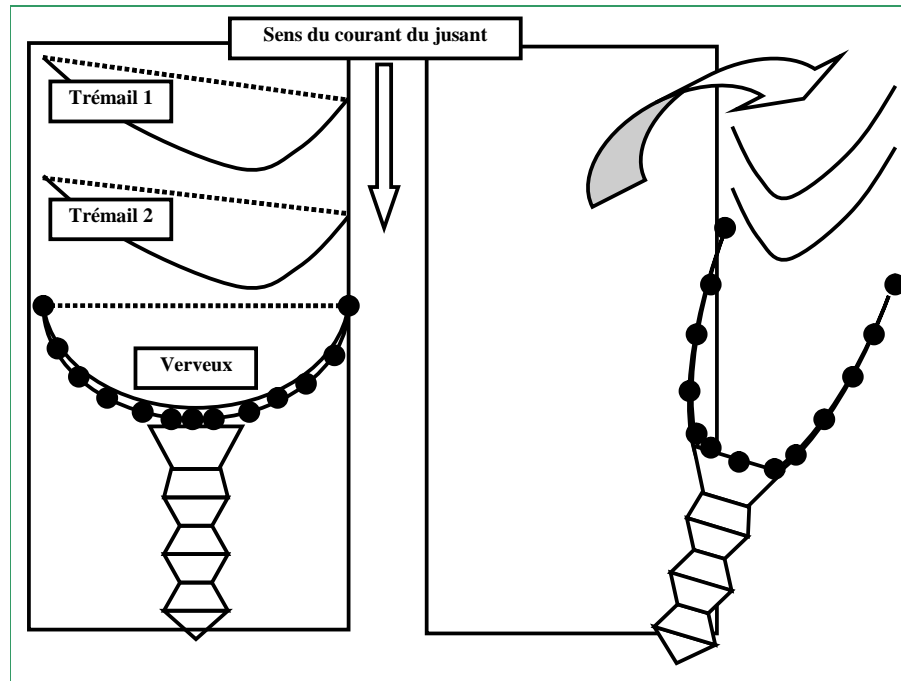
Ainsi pour les inventaires en estuaire de la Loire (sur les vasières intertidales) un chalut à perche de 2,70m et d'une ouverture 50cm a été utilisé. Le navire ainsi équipé, le « Anne de Bretagne », est un petit chalutier polyvalent.

Pour les chenaux des marais salés, certaines zones comme la baie du Mont Saint-Michel sont inaccessibles en bateau semi-rigide du fait des installations portuaires éloignées et des conditions limitées de sécurité. Il faut ajouter à cela les très forts marnages qui ne laissent que peu de marge d'erreur au barreur sous peine de longues heures d'attente sur la vasière. L'accès doit alors être envisagé depuis la terre. En baie de Seine ou en Baie de l'Aiguillon l'utilisation de bateaux pneumatiques semi rigides a malgré tout été possible du fait respectivement de la taille du complexe étudié et de la présence contiguë d'infrastructures portuaires.

En baie du Mont Saint-Michel les sites exploitables sont éloignés de plusieurs centaines de mètres des digues et insérés dans les herbues. L'acheminement du matériel doit alors s'effectuer à pied et les engins de pêches sont portés à dos d'homme ou à l'aide de diables. Malgré tout, la pénibilité de ces conditions de prélèvements est importante.

Afin de réaliser ces inventaires piscicoles, il est nécessaire de recourir à un engin mixte qui diminue la sélectivité d'un seul engin ou d'un seul type d'engin. Une combinaison de filets trémails et de filets verveux est régulièrement utilisée dans ce type de milieux. Deux ou trois filets maillants (trémails) maillage de 30 et 70 mm, 30 m de long et 2 m de hauteur et d'un filet verveux de maillages de 4 mm, 5 m de profondeur, 20 m de long et 1,80 de hauteur.

La combinaison de ces engins compose un piège mixte qui limite les échappements (Figure 3).



**Figure 3 : Schématisation de l'engin de pêche mixte (verveux et deux trémails) utilisé lors des campagnes de description des peuplements piscicoles des marais salés intertidaux de la façade ouest de la France.**

Après les captures, les poissons sont récupérés et congelés au laboratoire ( $-18^{\circ}\text{C}$ ) avant identifications spécifiques et mesures biométriques. Des sous échantillons sont effectués lors des fortes abondances. Des calculs de C.P.U.E. sont réalisés ainsi que diverses extractions et analyses de contenus stomacaux, de signatures isotopiques des muscles ou d'études liées aux otolithes ou aux écailles.

Des analyses de structuration des peuplements peuvent alors être effectués et le classement par guildes trophiques, reproductrices, fonctionnelles ou colonisatrices effectué. On peut ainsi effectués des analyses de la composition d'un peuplement en s'attachant aux dépendances alimentaires des espèces (décomposition en guildes trophiques : espèces piscivores, invertivores, opportunistes, *etc.*) de leur inféodation aux paramètres abiotiques comme la salinité (guildes écologiques : espèces sténohalines, amphihalines, *etc.* (Elie et al. 1990)). D'autres paramètres comme l'abondance ou la fréquence d'occurrence permettent également de définir les caractéristiques du peuplement échantillonné.

## 1.2. Le type de milieu a-t-il une incidence sur l'organisation des peuplements ?

Plus d'une centaine (Marchand et Schaan 1995) d'espèces colonisent les complexes estuariens – marais salés de la façade ouest de la France qui sont soumis à des cycles de marées semi diurnes et possèdent de fortes amplitudes de marée (mosaïque d'écosystèmes à géométrie variable). Le marnage en Baie du Mont Saint-Michel peut atteindre 16m (Retière 1979) ce qui la place au troisième rang mondial après la baie de Fundy (Canada) et l'estuaire de la Severn (Angleterre). Ces mouvements des masses d'eau et les apports d'alluvions marins et des bassins versants contribuent à l'évolution naturelle du colmatage de ces zones (eaux douces vs intrusions marines). Les interventions humaines, poldérisations, chenalisation des cours d'eau, aménagements portuaires, terminaux pétroliers ont contribué à l'accélération de ces phénomènes comme en estuaire de la Loire (Marchand 1981a; Marchand et Elie 1983a, b; Marchand et Schaan 1994b; Schaan et Marchand 1994; Marchand et Schaan 1995; Parlier et Feunteun 2004). Ce colmatage se traduit par des avancées régulières des marais salés en Baie du Mont Saint-Michel notamment. Les marais salés y ont avancé de près de 30ha/an ces dernières années (Bouchard et al. 1995).

Les marais salés de la côte ouest de la France possèdent des statuts de protection multiples du fait de leur rôle essentiel dans le maintien d'une ornithofaune migratrice ou résidente. De part leur position intertidale, l'alternance de périodes d'immersions et d'émersions provoque un étagement de la végétation spécifique de ces zones sous contraintes. Ces écosystèmes singuliers sont peu répandus à l'échelle mondiale et sont souvent fragmentés. Ainsi, les marais salés de la baie de Saint-Brieuc sont, pour une partie, classés en réserve intégrale depuis 1998. Cependant, diverses activités liées à l'utilisation de ces espaces par les sociétés littorales résidentes peuvent modifier de manière spectaculaire le schorre.

En baie du Mont Saint-Michel, 17 000 moutons pâturent intensivement les herbues et provoquent une réduction de l'architecture végétale originelle en une pelouse rase à *Puccinellia maritima*. Ceci induit la diminution des densités voire la disparition dans certaines zones d'un crustacé amphipode semi-terrestre, *Orchestia gammarellus* qui peut représenter jusqu'à 80% du régime alimentaire des bars du groupe 0 (Laffaille et al. 2000b; Parlier 2002; Laffaille et al. 2005).

Les impacts indirects des activités anthropiques peuvent aussi créer des déséquilibres physicochimiques. Par exemple, les pratiques liées à l'agriculture intensive usuelles sur les bassins versants des fleuves côtiers bretons, induisent une exportation de quantités de nutriments superflus. Ces intrants, d'azote notamment, seraient responsables du processus invasif par le chiendent maritime (*Elytrigia spp.*) décrit ces dernières années dans de nombreux marais salés de la façade ouest de l'Europe. La communauté originelle à Obione (*Atriplex portulacoïdes*) est remplacée de manière méthodique par *Elytrigia spp.* (Bockelmann et Neuhaus 1999; Valery 2001). Ce phénomène provoque une modification de l'architecture végétale et une altération de la fonction de nourricerie de ces systèmes (Parlier 2002; Parlier et al. 2004b; Laffaille et al. 2005).

La description des ichtyofaunes présentes dans les divers sites d'études doit être accompagnée de recoupements avec des informations relatives aux modes d'utilisation de ces espaces (contraintes anthropiques) ou de gestion par les organismes habilités (réserve, *etc.*). Il sera alors possible de mettre en évidence puis de regrouper les différentes pressions qui structurent les peuplements : pressions intrinsèques liées aux systèmes lui-même, pressions anthropiques dues au mode de gestion ou à l'appropriation de ces espaces par les populations locales, ou encore, pressions indirectes dues aux activités sur les bassins versants, *etc.*

## **2. Comment caractériser la capacité d'accueil des différents types de milieux pour les juvéniles de l'année ?**

La fonction de nourricerie comme nous l'avons décrite précédemment doit permettre l'optimisation de la survie et des performances de croissance des juvéniles afin de contribuer de manière significative au renouvellement de la population de géniteur. Afin de décrire ces divers paramètres liés à la dynamique de population, il est nécessaire d'obtenir préalablement des données des inventaires et des suivis des dynamiques de populations explicités auparavant. Des études plus fines liées au processus de recrutement et aux performances de croissance peuvent alors être effectués.

Nous spatialiserons, tout d'abord, le cycle biologique du bar européen, afin de comprendre dans quelles mesures, les estuaires jouent un rôle d'accueil des populations de

juvéniles, puis nous évoquerons les études envisageables dans le cadre de la caractérisation de la capacité d'accueil des populations de jeunes de l'année.

### 2.1. Abondances et structure de populations.

L'étude des dynamiques de populations permet dans certains cas de définir à partir de mesures biométriques simples (taille, poids) un état des lieux de la composition polymodale des populations. Ceci revêt un intérêt tout particulier lorsque l'on s'intéresse aux très jeunes poissons et à l'évolution de leur condition au cours de l'année. A partir des données de description des populations, il est possible de déterminer l'appartenance à une cohorte (classe d'âge) des poissons échantillonnés. Un recoupement avec des données d'âges obtenues par scalimétrie ou otolithométrie permet de conforter les analyses biométriques simples.

Du fait de notre choix délibéré d'optimiser les comparaisons inter sites et inter annuelles, les résultats traités dans cette étude doivent permettre de mettre en évidence des variations de l'arrivée de jeunes de l'année et de tailles différentes entre les sites étudiés. Ils doivent également permettre de comparer des abondances relatives entre diverses nurseries qui possèdent des contextes métaécosystémiques variés.

### 2.2. Croissance et performance de croissance.

Suite aux études de description des populations de bars juvéniles et aux estimations des âges, il est possible de suivre les individus appartenant à une cohorte comme celle des G0 (individu de l'année) et de comparer les tailles mensuelles moyennes entre divers sites, mais aussi entre diverses années.

Il est ainsi possible de suivre les croissances printanières, estivales et automnales des ces individus, mais aussi d'effectuer des comparaisons entre les sites d'étude : performances de croissance différentielles entre les sites.



### **3. Comment caractériser le rôle trophique joué par les marais salés pour les juvéniles de bars en fonction des différents sites ?**

Les complexes estuaires – marais salés intertidaux présentent de très fortes productions primaires et secondaires (McLusky 1989). Les poissons qui pénètrent dans ces zones profitent de ce potentiel en items alimentaires. Mais afin de caractériser cette fonction trophique, il est nécessaire de reconstruire les régimes alimentaires des individus. Deux méthodologies complémentaires peuvent alors être utilisées. L'étude des contenus stomacaux et l'analyse et le suivi des rapports isotopiques naturels.

#### **3.1. A l'échelle d'une marée : les régimes alimentaires, des indicateurs instantanés.**

L'étude des régimes alimentaires est classiquement employée afin de décrire les liens trophiques existant entre les espèces d'un même milieu. Cependant, des études se révèlent ardues lorsque l'on s'intéresse aux juvéniles de poissons. Afin d'obtenir une image fidèle aux prélèvements effectués à chaque marée, il est nécessaire de multiplier les observations. De plus les remplacements saisonniers des proies disponibles *in situ* impliquent un suivi régulier tout au long de l'année. Avec une répétitivité des captures et un grand nombre d'échantillon, il est alors possible d'obtenir un reflet fidèle du régime alimentaire des juvéniles de poissons.

Mais cette technique présente certaines limites techniques et théoriques. D'une part, au niveau technique, l'identification d'annélides ou de vers est rendue très difficile si les échantillons ne sont pas traités rapidement après la capture. Même avec une congélation rapide après les pêches, certaines parties des contenus stomacaux restent indéterminables.

Le caractère léthal du prélèvement de l'estomac pour l'identification des contenus stomacaux des juvéniles de poissons ne permet pas de mettre en évidence la fidélité ni la représentativité des descriptions au cours du cycle saisonnier. De plus, du fait du caractère temporaire de l'accès aux zones d'études (chenaux des marais salés), le régime alimentaire décrit dans un écosystème est-il fidèle ou représentatif du régime alimentaire moyen du poisson étudié qui fréquente inéluctablement les écosystèmes adjacents ? Ces analyses ne sont que des descripteurs instantanés.

### 3.2. A l'échelle d'un mois ou d'une saison : les suivis des rapports isotopiques naturels.

Les applications de l'étude des rapports isotopiques naturels sont utiles en écologie halieutique et permettent de nous renseigner sur de nombreux traits d'histoire de vie des poissons. Selon le compartiment cellulaire étudié, le signal isotopique du poisson reflète son alimentation, son environnement aquatique. Les muscles fournissent des renseignements intégratifs des interactions trophiques à long terme (Hesslein et al. 1993), mais des analyses des poissons entiers peuvent aussi être réalisées (Vander Zanden et al. 1998), notamment chez les jeunes individus. La différence des rapports isotopiques de l'N et du C entre individus ayant vécu dans des conditions standards se révèle inférieure à 1‰ (Dufour 1999) alors que la précision de la technique est comprise entre 0,05‰ et 0,3‰ suivant le modèle et la marque des appareils de mesure.

Les études réalisées sur les réseaux trophiques utilisent couramment les rapports isotopiques comme des outils d'investigation. Les éléments analysés (carbone, azote et parfois soufre) sont assimilés dans l'organisme par voie trophique lors de l'alimentation. Les mesures des rapports isotopiques ( $^{13}\text{C}/^{14}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ,  $^{36}\text{S}/^{34}\text{S}$ ) sont le reflet de la composition alimentaire du poisson (De Niro et Epstein 1978, 1981; Minagawa et Wada 1984; Hesslein et al. 1993). En fonction des maillons des réseaux trophiques, il existe une augmentation des concentrations en isotopes lourds. Cet enrichissement trophique est dû à une excrétion préférentielle des isotopes légers (Minagawa et Wada 1984). L'augmentation, pour le  $^{13}\text{C}$ , est de l'ordre de +1‰ en milieu naturel (De Niro et Epstein 1978) et de +2‰ en conditions expérimentales (Hesslein et al. 1993). Elle est de +1,5‰ en conditions expérimentales pour le  $^{34}\text{S}$  (Hesslein et al. 1993) et est comprise, pour le  $^{15}\text{N}$ , entre +3,2‰ et +3,8‰ en conditions expérimentales (Minagawa et Wada 1984; Hesslein et al. 1993; Vander Zanden et al. 1998).

Dans les écosystèmes aquatiques, les techniques des isotopes naturels ont été appliquées avec succès pour déterminer la source et le cheminement de la matière organique vers les organismes (Peterson et Fry 1987; Créach et al. 1997). En utilisant les techniques d'isotopies, de très forts liens entre les marais salés intertidaux et les consommateurs secondaires ont été mis en évidence pour de nombreuses zones humides côtières (Odum et

Heald 1975; Haines et Montagne 1979; Kurata et al. 2001). Les rapports isotopiques de l'azote, du carbone et du soufre sont complémentaires, mais les deux premiers peuvent suffire (Créach et al. 1997).

Les activités anthropiques peuvent influencer les rapports naturels en  $\delta^{15}\text{N}$  par des apports exogènes de xénobiotiques comme les organochlorés, les engrais ou P.B.D.E qui se bioaccumulent dans les réseaux trophiques (Kiriluk et al. 1995) comme en estuaire de la Loire ou en estuaire de la Seine (Bragigand et al. 2006).

Les analyses des rapports isotopiques naturels doivent s'accompagner de méthode ayant des pas de temps plus courts comme l'étude des contenus stomacaux (Créach et al. 1997) afin de permettre à l'approche isotopique d'être efficace. Des signatures nettes sont nécessaires sous peine de difficultés de discriminations (Dufour et Gerdeaux 2001). Les connaissances des variations spatiotemporelles des sources trophiques doivent être parfaitement connues et nécessitent un très grand nombre d'échantillons (Cabana et Rasmussen 1994; Kline 1999). Mais une fois ces préalables acquittés, ces méthodes permettent de mettre en évidence la flexibilité alimentaire des espèces de poissons (Hobson et Welch 1995; Beaudouin et al. 1999). Un bémol est cependant à ajouter au tableau, car il est nécessaire que les poissons s'alimentent de manière récurrente dans un système pour que le renouvellement cellulaire (ou la croissance) des muscles ait le temps d'intégrer le changement de ressources trophiques et donc la nouvelle signature.

#### **4. Comment montrer la fidélité des juvéniles de bars aux différentes nourriceries ?**

##### **4.1. Reconstitution de l'histoire de vie des juvéniles de bars : détermination des âges, histoire océanique et estuarienne (microstructure de l'écaïlle et de l'otolithe).**

Dans le panel des techniques d'investigation dont disposent les ichthyologues afin d'estimer l'âge des poissons, l'écaïlle possède de nombreux avantages outre sa facilité d'échantillonnage et son caractère non léthal. Afin d'estimer au mieux l'âge des individus étudiés, plusieurs faisceaux d'informations doivent être croisés. Ainsi les ichthyologues

utilisent différentes pièces osseuses : os operculaire , rayons des nageoires (Gerdeaux 1968), vertèbres, otolithes (Campana et Thorrold 2001; Tserpes et Tsimenides 2001; Yoneda et al. 2002; Brouwer et Griffiths 2004; Rooker et al. 2004) et écailles (Ombredane et Bagliniere 1992).

Afin de réaliser des estimations de l'âge que cela soit par scalimétrie ou par otolithométrie, plusieurs préalables sont nécessaires, tant au niveau pratique que fondamental. Dans ce cas, la compréhension de la biologie de l'espèce est obligatoire. Il faut, en outre connaître la période de l'anneau d'arrêt de croissance hivernal. Le contrôle des critères de reconnaissance des différents types d'anneaux d'arrêts de croissance est lui aussi indispensable. Les poissons doivent être prélevés dans un même site (*ie* même écorégion) et évidemment chez une même espèce (Tesch 1971). Le prélèvement de l'écaille doit se focaliser dans un même endroit et avec précision (Kipling 1962; Hile 1970; Tesch 1971; Carlander 1982). Il semble admis que le meilleur site de prélèvement n'est pas forcément celui de l'apparition de la première écaille. Les écailles doivent être larges et symétriques afin de faciliter la lecture (Tesch 1971; Jearld 1983). D'autres critères comme le taux de régénération, la forme, la taille ou le nombre de circuli (strie de croissance) peuvent être également utilisés. Des analyses récentes ont décrits de manière claire et simple les croissances des écailles de bars communs adultes (Fristch 2006).

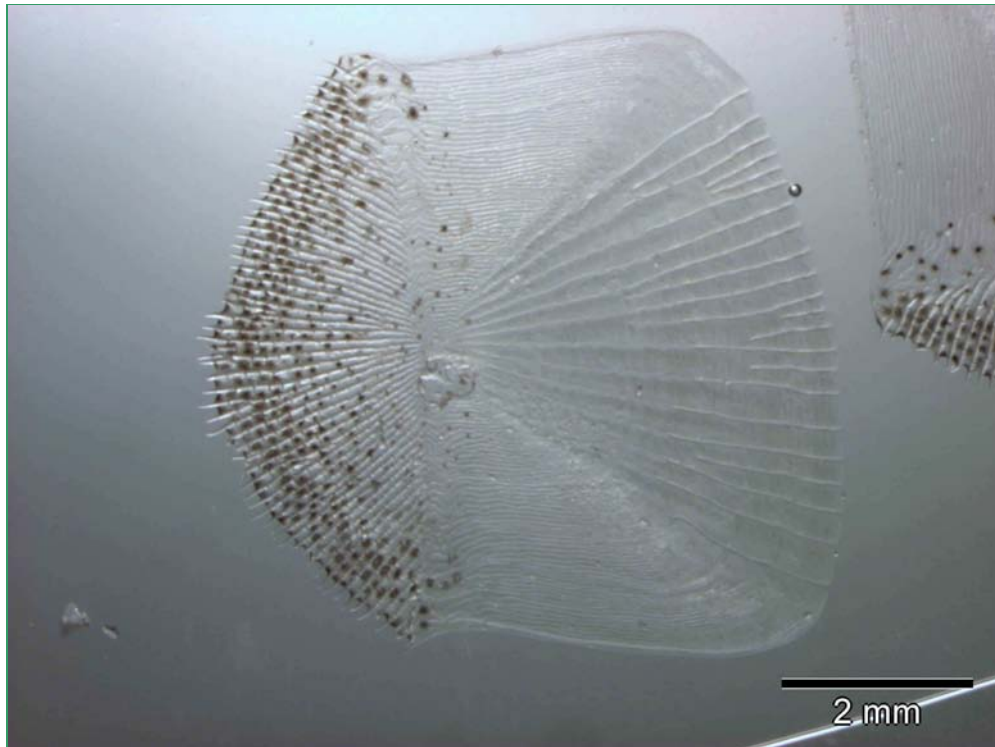
Chez certaines espèces, les écailles peuvent être très difficiles à interpréter du fait de structures trop peu différenciées (Freytag 1980; North et al. 1980; Bagliniere et Le Louarn 1987) ou d'anneaux supplémentaires trop nombreux (Walton 1983; Menesson-Boisneau 1990). De même, l'absence de l'anneau hivernal handicape la lecture des écailles rendant impossible la détermination de la croissance. Cependant, une estimation de l'âge est possible, basée sur une périodicité différente comme les périodes de reproduction (Quignard et Authem 1981; Nelva-Pasqual 1985). Chez certaines espèces, le taux de régénération est trop important et les écailles ne sont alors que partiellement lisibles, voire illisibles (Everson 1980; Carlander 1982; Bagliniere et al. 1986; Menesson-Boisneau 1990). L'âge de l'individu étudié influence aussi la facilité de lecture des écailles. Les individus âgés grandissent beaucoup moins rapidement rendant la lecture des stries moins aisée du fait de leur compression (Carlander 1982; Craig 1985). La formation des premières écailles est aussi un paramètre à prendre en compte. Chez certaines espèces les écailles ne se forment qu'à des stades avancés, elles ne reflètent pas comme pour l'otolithe – qui apparaît dès l'œuf – les premiers stades (Marshall et

Parker 1982; Geffen 1983). Dans le cadre de notre étude, l'interprétation des écailles a été utilisée en confrontation avec les interprétations et analyses réalisées sur les otolithes.

#### 4.2. Formes, structures et utilisations des écailles de poissons.

Une estimation de l'âge par scalimétrie est relativement aisée à effectuer du fait des caractéristiques intrinsèques de cette pièce osseuse qui fait partie intégrante du squelette (Meunier 1987). Leur récolte facile et non destructrice a régulièrement été réalisée afin d'effectuer des estimations d'âge et de croissance des individus (Moyle et Cech 1982), bien que remise en question aujourd'hui du fait du peu de validation des méthodes (Piktich et Demory 1988). L'utilisation des méthodes de validation sont nombreuses et largement disponibles dans la littérature (Ombredane et Bagliniere 1992): (i) la réalisation de diagramme de fréquence de taille mais qui peuvent se révéler parfois ardu à interprétés (Weatherley et Rogers 1978); (ii) la comparaison avec d'autres pièces calcifiées comme l'otolithe (Menesson-Boisneau 1990); (iii) l'analyse de la relation âge-longueur du poisson (cette relation doit être établie sous peine d'une mauvaise estimation de l'âge par lecture scalaire (Piktich et Demory 1988). Les écailles permettent un premier débroussaillage des estimations de l'âge des bars de l'année et des adultes présents sur des frayères.

Les écailles du bar européen sont de type élasmoïde (Figure 4). Elles sont fines, translucides et imbriquées comme des tuiles. Elles contiennent deux couches superposées. L'une composée d'isodépine, et l'autre d'un matériau composite sur la couche superficielle. Elles sont caractéristiques des téléostéens. Les écailles élasmoïdes se forment à partir des cellules parenchymateuses dermiques migrant sous forme d'agrégat de papilles dermiques sous l'épiderme (Harder 1975; Sire et Gauldie 1983).



**Figure 4 : Photographie d'une écaille de bars adultes (*Dicentrarchus labrax* L.) au microscope optique (Parlier 2005).**

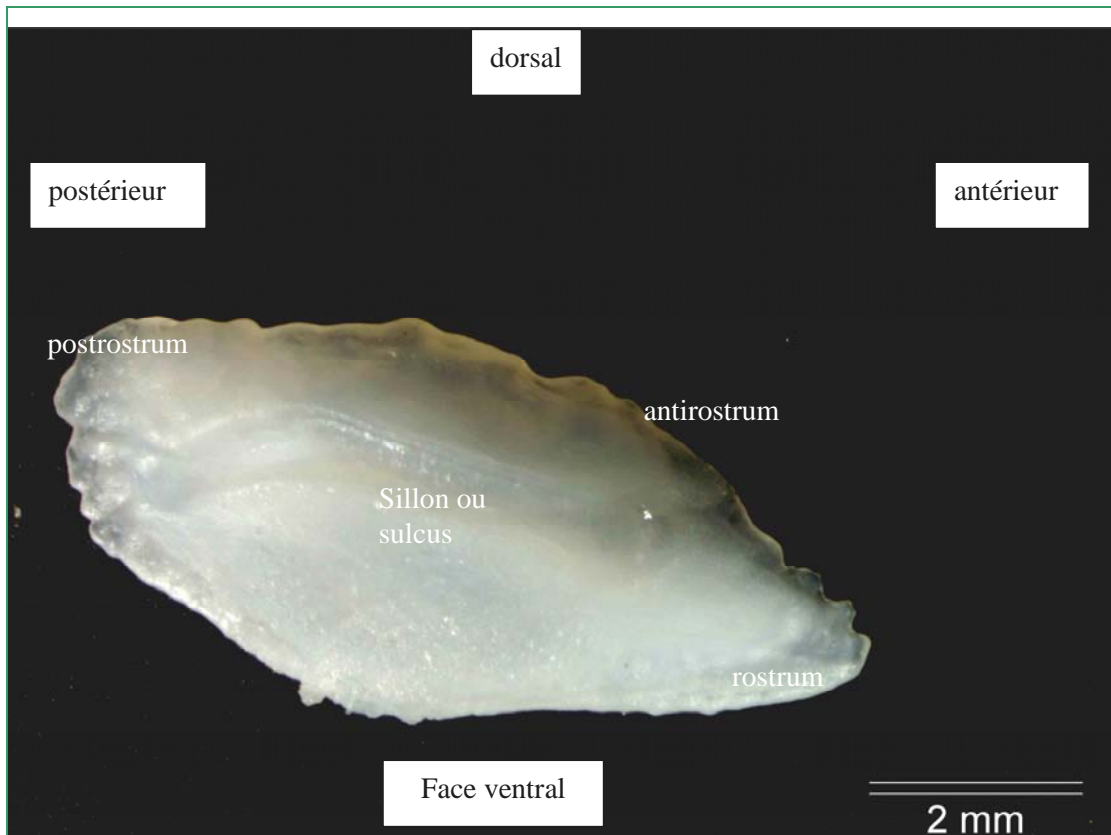
L'écaille formée de deux couches : l'une appelée distale (responsable de la croissance) et l'autre appelée proximale incomplètement minéralisée (responsable des stries) est synthétisée par les élasmodontes (Meunier 1987) qui métabolisent deux assises cellulaires unissant des fibrilles de collagène parallèle entre elles (Bertin 1958; Ottaway 1978). Ces fibrilles changent d'orientation à la lame parallèle suivante (Meunier 1987). Ces changements restent inscrits et donc facilement lisibles. On peut donc dénombrer un certain nombre de stries. Ces modifications d'orientations conduisent de plus à des ornements des écailles : crêtes concentriques ou circuli (Lippitsch 1990), sillons radiaires ou radii (Tesch 1971; Maitland 1972; Sire et Meunier 1981; Lippitsch 1990), spinules ou ctenii (Tesch 1971; Lippitsch 1990), tubercules (Sire 1985), *etc.* Un cycle saisonnier lié aux conditions environnementales a été démontré (Ottaway 1978) : chute de température, hautes températures estivales, reproduction, maladie ou présence parasitaire, manipulations et transports, disette alimentaire, changement de nourriture, accidents individuels (Daget et Le Guen 1975; Ottaway et Simkiss 1977; Weatherley et Rogers 1978; Magnan et Fitzgerald 1983; Bilton 1984). Un cycle nommé circadien lié aux facteurs internes diminue d'intensité en hiver

(Ottaway 1978), des marques d'arrêts de croissance (anneau hivernal) peuvent alors être observées. Elles se révèlent très utiles dans l'estimation de l'âge (à l'année près) des individus adultes.

#### 4.3. *Formes, structures et utilisations des otolithes.*

Les Sagittae sont les otolithes les plus fréquemment utilisés par les ichtyologues du fait en générale de leurs plus grandes tailles. Ces pièces carbonatées peuvent se présenter sous des formes variables allant de l'arrondi, aux formes globuleuses, plates, minces ou circulaires (Lecomte-Finiger 1992). Ces concrétions minéralisées présentent des formes très variables selon les espèces, mais une très grande homogénéité entre individus de la même espèce. Des techniques morphométriques (Jarvis et al. 1978) permettent aujourd'hui grâce aux harmoniques ou aux séries de Fourier de différencier diverses populations ou sous-populations ou la provenance de stocks à partir des otolithes ou des écailles (Campana et Casselman 1993; Richards et Esteves 1997).

Les stries de croissance découverte au début des années 80 (Pannella 1980) ont permis une lecture plus aisée et plus fine des stries des pièces carbonatées. Ces stries de croissance journalière ont ensuite été validées chez de nombreuses espèces (Jones 1986). En effet, aucune réorganisation des cristaux de  $\text{CaCO}_3$  ne semble être mis en évidence au sein de l'otolithe (Campana et Neilson 1985b; Campana 1999; Campana et Thorrold 2001). De plus, ces pièces osseuses autorisent l'emploi de diverses techniques analytiques (*ie* otolithochronologie par microscope optique ou électronique, marquage au bleu de toluidine, analyses microchimiques par ICP-MS ou ICP-AES, ou couplage de la lecture de stries à l'ablation laser, *etc.*). De plus aujourd'hui les techniques de microgéochimie permettent des prélèvements très fins au sein de l'otolithe ou pour la totalité de l'otolithe.



**Figure 5 : Macrophotographie d'un otolithe de bar européen (*Dicentrarchus labrax* L.) d'un an (Parlier 2006).**



**Face externe**



**Face interne**

**Figure 6 : otolithe gauche de bar européen (Génération 0), face externe et face interne (Parlier 2006)**

De nombreux travaux utilisent aujourd'hui les lectures de stries comme estimateur d'âge ou pour l'étude des performances de croissance des poissons (Baillon 1991; Ombredane



et Bagliniere 1992; Yoneda et al. 2002, etc.; Lychakov et Rebane 2005; McIlwain et al. 2005; Morley et al. 2005).

Les otolithes sont composés de cristaux d'aragonite ( $\text{CaCO}_3$ ), blancs à l'éclat vitreux. Ils sont organisés en couches alternées avec une matrice protéique d'otoline (Morales'Nin 1986, 1987; Lecomte-Finiger 1992; Gauldie 1993; Gauldie et al. 1993). L'aragonite est métastable à température ambiante. Il peut arriver que les otolithes soient composés d'autres minéraux de même formule ( $\text{CaCO}_3$ ), comme la calcite (Morales'Nin 1985a, b) ou la vatérite (Gauldie 1990b, a). Ces différentes couches se forment à partir d'un nucléus appelé primordium. IL est composé de quelques cristaux assemblés lors de la phase embryonnaire ou larvaire des poissons (Radkte et Dean 1982; Campana et Neilson 1985b; Campana et al. 1987; Tresher et al. 1989; Campana 1999). Les Sagittae sont souvent formées en premier (Maillet et Checkley 1991) par une production de l'oreille interne (Campana et Neilson 1985b). Les otolithes sont généralement les premières structures calcifiées formées lors des phases embryonnaires et sont présents à l'éclosion.

Les otolithes de bars européens ont été utilisés à des fins de discrimination de stocks dans la fin des années 1970, notamment par Boulineau-Coatanea (1968) qui a décrit les variations de la forme de l'otolithe en fonction de l'âge. En effet, les otolithes passent d'une forme régulière elliptique à une forme convexe plus irrégulière et plus complexe (Boulineau-Coatanea 1968).

#### 4.4. Identification de contingent (signatures microchimiques).

Les cycles biologiques de certains poissons côtiers sont intimement liés aux zones estuariennes. Les processus d'érosion des roches qu'elles soient sédimentaires, métamorphiques ou volcaniques provoquent une mise en solution de différents éléments chimiques simples (Br, Si, Mg, Al, etc.). Ces éléments vont suivre les masses d'eau le long du continuum fluvial et vont convergés dans les estuaires où ils sont brassés et mêlés aux éléments qui composent les eaux marines côtières. Les organismes aquatiques qui possèdent des structures calcaires et qui se nourrissent et se développent dans ces milieux incorporent parmi les éléments propres à la calcification des éléments chimiques simples sous forme de traces (Campana 1999).

La formation des stries de croissance journalières (Pannella 1980) s'accompagnent de prélèvements d'éléments dans la nourriture et/ou dans le milieu ambiant (eau douce, estuarienne ou marine) par échange branchial (Simkiss 1974; Farrell et Campana 1996). Le Baryum (Ba) par exemple provient préférentiellement de l'eau et pas de la nourriture (Walther et Thorrold comm. pers.). Les conditions physiques et chimiques de l'environnement dans lequel résident les poissons influencent les incorporations d'éléments traces dans les otolithes (Thorrold et al. 1997; Bath et al. 2000). Ces éléments présents en quantité infime subissent différentes sélections physiologiques en passant dans le sang puis par transport cellulaire dans le liquide endolymphatique de la capsule otique qui contient l'otolithe avant de subir le processus de cristallisation de l'aragonite (Campana 1999). Les otolithes ne subissent pas de résorption une fois la formation cristalline réalisée. Les éléments sont donc piégés dans ces pièces osseuses durant toute la vie de l'animal (Campana et Neilson 1985b). Des dosages microchimiques permettent d'isoler par analyses chimiques avec précision une populations voire un individu. Les éléments intégrés à cette matrice sont généralement de la forme  $X^{2+}$  et présentent des poids atomiques proches et peuvent prendre la place du Calcium (Ca). C'est le cas pour le Strontium (Sr), le Fer (Fe), le Cuivre (Cu), le Zinc (Zn) et le Baryum (Ba) notamment (Willie et al. 2001), mais les dosages révèlent aussi la présence d'autres éléments chimiques comme le Phosphore (P), le Potassium (K), le Soufre (S), le Nickel (Ni) ou le Cadmium (Cd) (Mulligan et al. 1987; Edmonds et al. 1989; Voir synthèse dans Campana 1999).

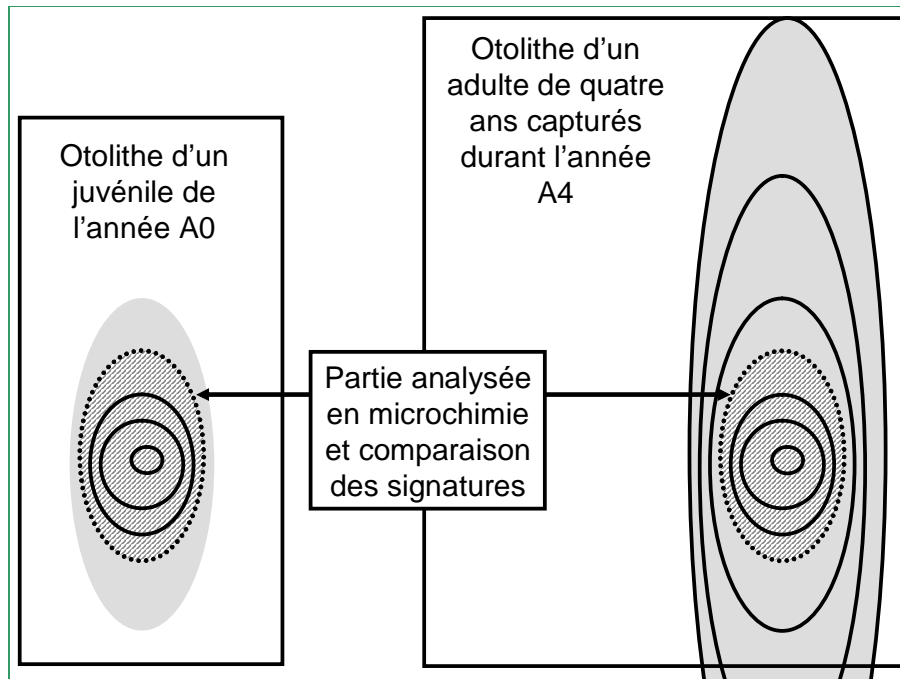
Des méthodologies liées aux ICP-MS, AES ou couplées à d'autres types de sondes (ablation laser, *etc.*) permettent d'obtenir des résolutions de l'ordre des ultratracés (qq. millièmes de  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ). Des signatures spécifiques à la fréquentation d'un milieu et cela de l'ordre de quelques jours peuvent ainsi être identifiées grâce à ces méthodes.

## **5. Comment montrer la participation de ces contingents de juvéniles aux stocks côtiers de géniteurs ?**

### *5.1. Utilisation des signatures microchimiques des otolithes.*

L'utilisation de l'ablation laser couplée à l'ICP dévoile aujourd'hui toute la possibilité des investigations notamment des pièces carbonatées comme les coquilles de bivalves, les dents de mammifères ou les otolithes de poissons. Le développement de machines couplant une lecture des stries de croissance à des lasers permettant la sélection de trajet linéaire, incurvée, *etc.* palie de plus en plus aux limites de détections et de quantifications des éléments traces qui jusqu'à présent ne pouvaient être dosés du fait des trop faibles résolutions des appareils. Avec l'avènement de ces nouvelles machines, la réalisation de dosages couplés (Rapport Sr/Ca) ou de dosages multi-élémentaires fins (de l'ordre du centième de  $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) peuvent être envisagés.

Il apparaît alors possible (dans une perspective de liens entre les nourriceries côtières et les stocks de géniteurs au large) de comparer des signatures de la première année de juvéniles capturés sur différentes nourriceries littorales avec des signatures obtenues lors de l'analyse de la partie correspondant à cette première année chez des individus subadultes et adultes (Figure 7).



**Figure 7 : Schéma de la méthodologie utilisée lors des tentatives de mise en évidence des liens qui unissent les nurseries littorales aux stocks côtiers de géniteurs.**

Les perspectives de cette méthodologie permettraient de réellement faire le lien entre la production de juvénile observée et l'effectivité de la contribution au stock de géniteurs. C'est alors l'efficacité, de chacune des nurseries étudiées, qui peut être analysée. Il semble alors possible de répondre à des questions relatives à la contribution quantitative de chaque nurserie (grand fleuve, baie semi fermée, grande baie, marais salés éparses ou fortement enclavés) dans le soutien aux populations piscicoles côtières (stocks de géniteurs). En terme de gestion et de prise de décision, ces résultats pourraient soutenir les dires d'experts.

## 6. Plan de l'étude.

Précédemment nous avons dressé dans une introduction générale le contexte de cette étude. Ensuite nous avons rappelé les bases fondamentales et techniques sur lesquelles s'appuie cette thèse. Enfin nous nous proposons ici de justifier le parti pris méthodologique pris par l'auteur dans les différentes phases de ce travail.

Ce manuscrit s'articule autour de deux tomes. Non pas par soucis de complexifier le travail, mais du fait des conditions particulières dans lesquelles ces recherches ont été effectuées. Suite au gel de crédits devant servir à financer ce travail lié à la description de la fonction de nourricerie des systèmes estuaires-vasières d'un point de vue quantitatif, il a été nécessaire de mettre en perspective ce travail dans le contexte de l'état des institutions de recherche française.

Très peu de financements sont susceptibles de fournir de manière rapide et conséquente les ressources pécuniaires nécessaires à la réalisation de telles études synchroniques et diachroniques à multi-échelles (variabilités spatiotemporelles importantes). Enfin, le pari d'utiliser des méthodologies balbutiantes sans tenter de les développer ou de les pousser à leurs limites, mais tout simplement de les combiner pour répondre à des questions en écologie côtière a pu sembler farfelu. Ainsi, il a fallu combiner, au travail de recherche et de développement du travail de la thèse, le travail de l'ingénieur en bureau d'étude. Ceci afin de financer sur les marges contractuelles les manipulations nécessaires au travail de recherche initié dans ce travail de thèse.

C'est dans ce contexte, aride financièrement, que ce travail de thèse a été mené. Ainsi le premier tome, très descriptif est financé sur des contrats ou des expertises scientifiques en collaboration avec les réserves naturelles ou les programmes scientifiques d'ores et déjà en place. Il s'attache dans une première partie à la description de la structuration des assemblages piscicoles de quatre complexes estuaires – marais salés intertidaux (Chapitre 1 à 4).

Dans un premier chapitre le peuplement de la baie de Saint-Brieuc est décrit pour la première fois dans la réserve naturelle (zone de protection renforcée, premier inventaire piscicole) et l'étude du peuplement qui colonise ce petit marais salés enclavé est réalisée. Une

étude à microéchelle est entreprise afin de mettre en évidence une structuration de la colonisation de cet espace singulier par différentes populations de poissons.

Dans un deuxième chapitre, la baie du Mont Saint-Michel fait l'objet d'une rétrospective (1998-2003) de l'étude de la composition du peuplement ichthyen de ces marais salés intertidaux (Programme Environnement Vie et Société (Zone atelier de la Baie du Mont Saint-Michel et de ses bassins versants)). Sous l'influence d'une invasion biologique, l'étude tente de mettre en évidence la réponse de ses populations de poissons soumises à ce phénomène qui a notamment des impacts sur la structuration de l'architecture végétale du schorre.

Un troisième chapitre décrit la fonction de nurricerie d'un grand estuaire du golfe de Gascogne : la Loire (Expertise scientifique pour le port autonome de Nantes Saint-Nazaire en partenariat avec CREOCEAN S.A.). Une étude particulière des vasières intertidales de l'estuaire aval est réalisée. Une étude spatiotemporelle de l'organisation des peuplements est effectuée sur la partie encore « naturelle » de cet estuaire soumis à de fortes contraintes liées notamment au trafic maritime méthanier.

Un dernier chapitre (chapitre 4) compare la baie du Mont Saint-Michel et la baie de l'Aiguillon en terme de structuration des peuplements qui colonisent les chenaux des marais salés lors du flot. Une approche fonctionnelle est réalisée afin de comprendre quels sont les services rendus par ces espaces aux populations de poissons d'une part, et d'autre part afin de mettre en évidence à quel moment du cycle biologique de certaines espèces le passage en estuaire est obligatoire, alternatif, occasionnelle voire accidentelle. Une structuration en guildes colonisatrices des diverses tactiques de colonisation est proposée.

Une seconde partie s'attelle ensuite à étudier les peuplements précédemment décrits sous l'angle des guildes colonisatrices développées précédemment. Ce chapitre reprend les peuplements, dont la description a été effectuée dans la première partie, et met l'accent sur la plasticité des stratégies de colonisation des espèces suivant le contexte métaécosystémique.

Le second tome est une étude spécifique de validation de la fonction de nurricerie de cinq complexes estuaires-marais salés de la façade ouest de la France. Le modèle d'étude est le bar européen (*Dicentrarchus labrax* L. a.k.a. *Morone labrax*).

Un premier chapitre étudie les abondances et les dynamiques de cette espèce au travers des études réalisées ces dernières années. Une étude particulière s'intéressera aux périodes de recrutement et performances de croissance des juvéniles de l'année de bars européens dans divers contextes estuariens de la façade ouest de l'Europe.

Un deuxième chapitre décrit les régimes alimentaires des juvéniles de bars lors de la période estivale en baie de l'Aiguillon en prenant en compte les impacts des activités humaines et les choix de gestion des conservateurs de deux réserves naturelles. Suite à cette étude des contenus stomacaux (alimentation récente) une étude des rapports isotopiques naturels des muscles des bars de la baie de l'Aiguillon est effectuée sur trois saisons afin de suivre les évolutions des régimes alimentaires et de définir l'origine des proies consommées (alimentation intégrée sur plusieurs jours voire plusieurs semaines).

Un troisième chapitre traite des analyses liées à l'otolithométrie et à la microchimie des otolithes avec d'une part la reconstruction des histoires de vie des poissons à partir des stries (identifications d'incrément journaliers et de marques spéciales) et d'autre part, par l'identification de signatures microchimiques propres à quatre nourriceries littorales.

Ce travail se termine par une conclusion générale et une présentation des perspectives envisagées ainsi que par la description des travaux d'ores et déjà mis en place.

**TOME 1 : ETUDE COMPAREE DES  
PEUPELEMENTS DE POISSONS DE  
COMPLEXES ESTUARIENS DE LA  
FACADE OUEST DE LA FRANCE.**

*Prise en compte des comportements de colonisations et de l'impact  
des activités humaines sur la structuration, la composition et  
l'assemblage des espèces de poissons côtiers.*



**Première partie : Structuration des communautés de poissons des complexes estuaires - marais salés intertidaux de la façade ouest de la France.**

**Chapitre 1 : Structuration du peuplement de poissons d'un petit complexe estuaire – marais salés enclavé de la façade ouest de la France : la baie de Saint-Brieuc.**

*Structuration printanière et activités de gestion.*

## **Structuration du peuplement de poissons d'un petit complexe estuaire – marais salés enclavé de la façade ouest de la France : *Structuration printanière et activités de gestion en baie de Saint-Brieuc.***

**Emmanuel P. Parlier, François Albert, Jérémy Don & Paul-Alexis Cuzange.**

Centre de Recherche sur les Ecosystèmes Littoraux Anthropisés. UMR 6217 CRELA. CNRS – IFREMER – Université de La Rochelle. Avenue Michel Crépeau. 17 042 LA ROCHELLE Cedex 02

\*courriel : [eparlier@univ-lr.fr](mailto:eparlier@univ-lr.fr)

### **1. Introduction.**

Le développement économique de zones du littoral européen, qui peuvent être liées aux activités de la navigation de plaisance, oblige les acteurs et décideurs locaux à la mise en œuvre de politiques de grands travaux liées à l'accueil de navires de plaisance et à l'aménagement de zones consacrées aux activités plus commerciales (transport de matériaux, de denrées agricoles, *etc.*). C'est notamment le cas du port de La Rochelle (France), qui est le plus grand port de plaisance de la façade ouest de l'Europe. Il a du segmenter son activité pêche et plaisance en créant deux pôles distincts sur son territoire (port des Minimes (plaisance) et port de La Pallice (pêche)). Ces développements ne sont pas sans conséquence sur les zones littorales naturelles qui ne représentent que 23% du linéaire côtier français (Dauvin J.-C. (Coord.) 2002).

En Bretagne, avec l'essor des activités de plaisance, la plupart des 70 estuaires font l'objet de projet plus ou moins ambitieux concernant le transport maritime ou l'accueil d'une flottille sans cesse grandissante de navire de plaisance. Les emprises des diverses activités humaines dans cette région font de certaines de ces zones de vastes extensions portuaires qui sont de véritables annexes des zones d'activités enracinées à terre.

Dans le cadre des aménagements portuaires, certaines zones adjacentes aux grands ports accueillant un transport maritime important sont aujourd'hui sous le coup de mesures d'aménagements liées au développement de ces complexes industrialoportuaires.

La baie de Saint-Brieuc possède, de part et d'autre de son fond de baie, des ports maritimes où les activités de plaisance et de pêche cohabitent. Cependant, cette zone de la façade Nord de la Bretagne (Manche), ne possède pas de port destiné aux transports de marchandises et de matériaux de grande envergure. Le port de commerce actuel du Légué (Bretagne Nord, baie de Saint-Brieuc), ne possède pas les infrastructures portuaires suffisantes pour accueillir des chimiquiers ou des porte-conteneurs à fort tirant d'eau. C'est pourquoi, un projet d'extension de sa zone portuaire est actuellement à l'étude.

Cependant, la baie Saint-Brieuc est soumise à de nombreuses pressions anthropiques. Les aménagements effectués depuis ces quinze dernières années ont soustrait 150 ha au domaine public maritime (Bonnot-Courtois et Dreau 2002). La dégradation des habitats dunaires et de haut de plage ont également subi de lourdes modifications du fait de l'intensification du piétinement et de la fréquentation touristique croissante.

Les marais salés quant à eux bénéficient de mesure de mise sous cloche avec la mise en place d'une zone de protection renforcée. Ils sont donc soustraits à tous conflits d'usage (Ponsero et al. 2004), et l'on connaît le rôle fondamental de ces espaces dans la fonction trophique et d'accueil des populations de jeunes poissons. Cependant, aucune étude de la structuration des communautés piscicoles côtières n'a jusqu'à ce jour été menée.

Cette étude doit (i) établir une première analyse de la structuration printanière de l'assemblage piscicole des marais macrotidaux de l'Anse d'Yffiniac selon un gradient amont-aval sur l'Urne qui pourra servir d'état initial durant les travaux d'aménagements liés à l'extension du port du Légué tout proche, et (ii) établir le rôle de nourricerie de ces marais salés vis-à-vis de l'ichtyofaune. Cette étude s'attachera donc d'une part à décrire la phénologie de cette communauté sous l'aspect des guildes écologiques (Elie et al. 1990) à sa cinétique de colonisation à microéchelle et d'autre part de mettre en évidence l'impact des activités de gestion des marais salés sur la structuration des populations de poissons.

## 2. Matériel et méthode.

### 2.1. Présentation du site d'étude.

Avec plus de 13 m de marnage, la baie de Saint-Brieuc est classée à la cinquantième place mondiale. Avec une surface de plus de 800 Km<sup>2</sup>, elle fait partie des trois plus grandes baies de la côte nord de la Bretagne (Figure 8). Elle est délimitée à l'ouest par l'archipel de Bréhat et à l'est par le cap Fréhel. Elle est classée par décret ministériel en réserve naturelle depuis le 28 avril 1998 sur 1 140 ha. Elle possède un système macrotidal de 2 700 ha composé de 2 600 ha de vasière nue et de 112 ha de marais salés.

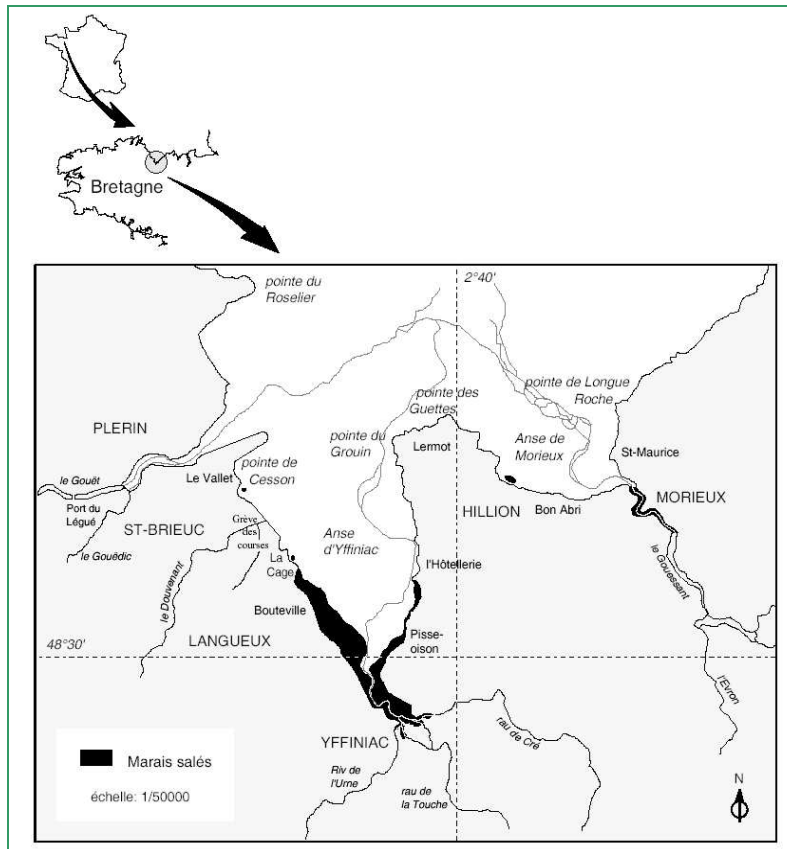


Figure 8: Carte de la baie de Saint-Brieuc et localisation des marais salés (Source : réserve naturelle de la baie de Saint-Brieuc).

Elle présente une pente faible régulière de 0,1% (Lefeuvre 2001) et est l'exutoire de trois petits fleuves côtiers : le Gouët, l'Urne et le Gouessant. La baie est orientée Nord-sud et possède une largeur maximale de 6,5 Km pour toute la baie et de 2,7 Km pour l'Anse

d'Yffiniac. Le fond de baie est constitué de deux entités indépendantes asymétriques, l'Anse d'Yffiniac et l'Anse de Morieux. Le schorre assure un lien continu en haut d'estran. La surface de marais salés constitue le second plus vaste ensemble de la côte armoricaine après la baie du Mont Saint-Michel plus à l'est.

La configuration de cette mosaïque d'écosystème, le jeu des marées, les apports des hydrosystèmes continentaux adjacents, la température de l'eau du fait des faibles profondeurs font de cette zone un habitat privilégié pour de nombreuses espèces animales (limicoles, athropofaunes, crustacés et poissons). En 1980, Carteron (*in* Rollin 1993) évaluait la production primaire de l'Anse d'Yffiniac à 8,9 T.an<sup>-1</sup> poids sec. Le schorre produisant trois fois plus que la haute slikke. Un gradient de salinité est présent sur l'Urne depuis l'estran sableux en aval et la partie amont rectifiée.

Les marais salés de la baie de Saint-Brieuc sont constitués d'un réseau dense de chenaux, lesquels sont inondés par des intrusions marines durant un certain nombre de cycles tidaux. Ils sont plaqués en fond de baie. Les sites échantillonnés se situent sur la rive droite de l'Urne (Anse d'Yffiniac). Le bassin versant de l'Urne mesure 108 Km<sup>2</sup>. Les activités humaines sur cette zone, dont le maintien d'un pâturage sur une surface de 18 ha de prés salés, jouent un grand rôle dans la structuration et la conservation de la diversité des communautés végétales (Lefeuvre 2001). Le flot inonde ces chenaux pour une hauteur d'eau supérieure à 10m (coeff. >83). La végétation des marais salés est recouverte seulement pour une hauteur d'eau supérieure à 10,90 m. Après l'étale de haute mer, le chenal est immergé pendant une durée de deux heures environ. Le reste du temps, les chenaux et la végétation sont à sec. Les marais salés ne peuvent être colonisés par différentes communautés piscicoles que durant les grandes marées et durant ces courtes périodes (Laffaille et al. 1998; Lefeuvre et al. 1999).

Le site de fond de baie (Clôture : 48°29'644N ; 2°40'870W (Figure 9)), situé à 8m CM<sup>4</sup> d'altitude draine les eaux d'un pseudo bassin versant de 5 ha environ soumis à une pression de pâturage par des bovins. Le maintien de cette activité traditionnelle favorise les communautés à puccinellie (*Puccinellia maritima*) et à chiendent maritime (*Elymus pungens*) au détriment de la communauté végétale originelle dominée par les obiones (*Atriplex portulacoïdes*) (Oustin 2004). Le second site d'étude (Nature : 48°29'660N ; 2°41'068W

---

<sup>4</sup> CM : Carte Marine.

(Figure 9)), situé à une altitude de 6 m CM, contribue au ressuyage d'une surface de marais salés de 5 ha également. La végétation rencontrée sur le site de prélèvement y est dominée par une association d'espèces propres au tapis végétal recouvrant ces zones de marais intertidaux, avec comme composante floristique principale l'Obione. Cependant la végétation du pseudo bassin versant drainé par cet affluent de l'Urne, est soumise à une activité de pâturage peu intense. En effet, ce second site d'échantillonnage se situe à l'interface de la zone pâturée et de la zone non pâturée (zone mixte).

## 2.2. Echantillonnages.

En baie de St Brieuc, les échantillonnages ont eu lieu au mois d'avril 2005 et mai 2005. Les dates de prélèvements ont été planifiées pour des coefficients supérieurs à 80, avec une hauteur d'eau supérieure à 10,4 m, hauteur à partir de laquelle le niveau de l'eau permet aux poissons d'accéder aux chenaux. Six pêches sur chaque site ont été réalisées soit un total de douze pêches. Classiquement les études des nourriceries littorales s'effectuent avec des engins de captures tels que les chaluts à perche (Duhamel et al. 2004; Koutsogiannopoulou et Wilson 2004; Parlier et Feunteun 2004). Cependant, pour étudier les mécanismes de colonisation des marais salés européens qui sont des systèmes originaux, l'utilisation d'embarcation à arts traînants est à proscrire du fait du relief, des conditions d'immersion temporaires et des faibles profondeurs. Une combinaison de filets verveux et de trémails est classiquement utilisée (Laffaille 2000; Laffaille et al. 2001b; Parlier 2002; Parlier et Feunteun 2005; Parlier et al. submitted). La méthodologie de capture utilisée fait appel à un filet verveux (maillage de 4 mm, 5 m de profondeur, 20 m de long et 1,80 m de hauteur) et deux filets trémails (maillage de 30 et 70 mm, 30 m de long et 2 m de hauteur). Ainsi cette méthodologie permet de réduire la sélectivité des engins de pêches en les additionnant. Les filets trémails placés en amont de cet engin mixte permettent de capturer les individus de grandes tailles en particulier les Mugilidae capable d'échapper au verveux (les capacités de saut sont très développées chez ces espèces). Ce dernier engin, quant à lui, permet la capture d'individus benthiques, pélagiques et de petites tailles.





Figure 9 : Localisation des sites de pêches de la baie de Saint-Brieuc (Source : Réserve naturelle de la baie de Saint-Brieuc). Source IGN.



Les filets sont mis en place suivant le dispositif de pêche décrit par Parlier (2002). La mise en pêche des engins s'effectue à l'étape de haute mer et les prélèvements sont effectués durant tout le jusant afin de capturer les poissons qui quittent les marais salés (Figure 10). Les bras de ressuyage sont quasiment vidés à mi-marée. Les traits de pêches d'une durée de 20 minutes sont espacés de 5 minutes (temps durant lequel les poissons sont récoltés et le filet est nettoyé).

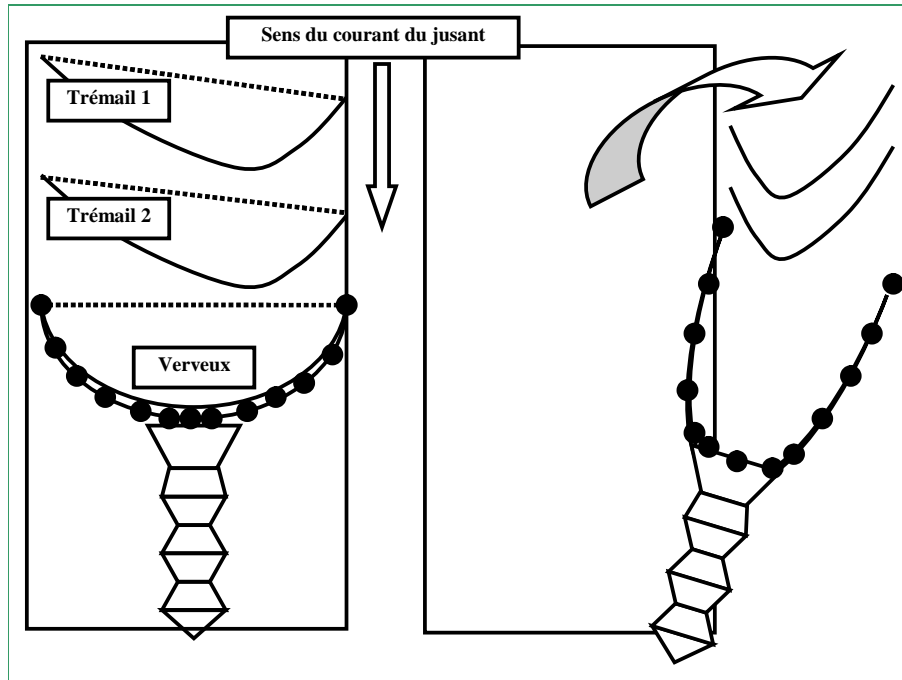


Figure 10 : Méthodologie d'échantillonnage utilisée pour les inventaires piscicoles dans les marais salés de la façade ouest de la France (Parlier 2002).

Tous les poissons capturés sont conservés à  $-18^{\circ}\text{C}$  avant les analyses en laboratoire. Les poissons sont identifiés jusqu'à l'espèce (Quéro et Vayne 1997c; Keith et Allardi 2001), à l'exception des Mugilidés et des Clupéidés de moins de 50 mm, taille au dessous de laquelle leurs identifications sont difficiles (Sauriau 1990). On indique alors seulement le genre de manière générique (*Clupea sp.* ou *Mugil sp.*). Après leurs déterminations, les poissons font l'objet de mesures biométriques. Ils sont mesurés au mm près (longueur à la fourche : LF; et longueur totale : LT) et pesés au mg près. Des mesures par sous échantillonnages peuvent être réalisées en cas de trop grandes captures, l'effet banc étant particulièrement prononcé chez certaines espèces au stade juvénile.

Des calculs des abondances pondérales relatives (%B) et numériques relatives (%N) sont réalisés. Le calcul de la fréquence d'occurrence est également effectué (%FO), et les espèces sont classées selon leurs fréquences dans diverses classes d'occurrence : >75%, fréquente ; 75%>>50%, commune ; 50%>>25%, occasionnelle ; 25%>>10%, rare ; <10%, accidentelle.

Les Captures Par Unités d'Efforts (C.P.U.E.) sont calculées pour chaque espèce, à partir des effectifs et des biomasses (Équation 1). Les C.P.U.E. numériques s'expriment en nombre de poisson par minute, les C.P.U.E. pondérales en grammes par minutes.

**Équation 1: Formule de calcul des effectifs ou des biomasses non capturées entre chaque trait.**

$$N_{i-i+1} = \frac{\left(\frac{N_i}{t_i}\right) + \left(\frac{N_{i+1}}{t_{i+1}}\right)}{2} \times t_{i-i+1}$$

**Équation 2 : Formule de calcul des Capture par Unités d'efforts moyens sur l'ensemble de la pêche. Il prend en compte les effectifs ou biomasses non échantillonnés lors de l'intervalle entre chaque trait.**

$$CPUE = \frac{\sum N_{i+1} + \sum N_i}{\sum t_{i+1} + \sum t_i}$$

Avec :

- CPUE = Nombre ou biomasse de poissons par espèce par minute.
- $t_i$  = Durée de l'échantillon  $i$  en minutes.
- $t_{i-i+1}$  = temps en minute en les échantillons  $i$  et  $i+1$ .
- $N_i$  = quantité de poissons capturées par espèces (effectifs ou biomasse) pendant l'échantillon  $i$ .
- $N_{i-i+1}$  = Estimation de la quantité de poissons (en nombre ou en biomasse) qui a colonisée les marais salés pendant les échantillons  $i$  et  $i+1$ .

### 3. Résultats.

#### 3.1. Description générale du peuplement.

##### 3.1.1. *Guildes écologiques (Elie et al. 1990; Keith et Allardi 2001).*

Lors de l'échantillonnage, un nombre total de 14 055 poissons a été capturé. Ils appartiennent à 18 espèces et à 14 familles (Tableau 1). Parmi ces espèces 3 sont amphihalines (*Anguilla anguilla*, *Mugil sp.* et *Platichthys flesus*), 6 sont euryhalines d'origine marine (*Atherina presbyter*, *Clupea sp.*, *Dicentrarchus labrax*, *Liza aurata*, *Solea solea*, *Sprattus sprattus*), 5 sont sténohalines marines (*Ammodytes tobianus*, *Clupea harengus*, *Pollachius pollachius*, *Scophthalmus rhombus* et *Taurulus bubalis*) et 4 sont dites « résidentes » ou autochtones (*Gasterosteus aculeatus*, *Pomatoschistus lozanoi*, *Pomatoschistus microps* et *Pomatoschistus minutus*).

Il existe une colonisation différentielle des marais suivant les espèces de poissons. Elles ne colonisent pas les chenaux des marais salés de la même manière et à la même fréquence. Les espèces présentes dans le plus grand nombre de prélèvements sont classées comme fréquentes (Tableau 1). Il s'agit des mullets du genre *Mugil sp.*, du flet (*P. flesus*) et des gobies tachetés (*P. microps*). Certaines espèces sont qualifiées de communes comme le bar (*D. labrax*) et les individus du genre *Clupea sp.* D'autres sont classées en tant qu'espèces occasionnelles, comme le mullet doré (*L. aurata*), l'épinoche (*G. aculeatus*), la sole (*S. solea*), le gobie buhotte (*P. minutus*) et le sprat (*S. sprattus*). Trois espèces capturées se situent dans une classe d'occurrence dite rare : Il s'agit du lançon équille (*A. tobianus*), du lieu jaune (*P. pollachius*) et du gobie rouillé (*P. lozanoi*). Enfin les espèces présentes dans le plus petit nombre de prélèvement sont classées comme accidentelles. Ces individus appartiennent à des espèces comme le chabot buffle (*T. bubalis*), le hareng (*C. harengus*), l'anguille (*A. anguilla*), le prêtre (*A. presbyter*) et la barbue (*S. rhombus*).

**Tableau 1 : Composition du peuplement piscicole de la Baie de Saint-Brieuc capturé au printemps 2005.**  
% N : abondance numérique relative ; % B : abondance pondérale relative ; % FO : Fréquence d'occurrence par trait.

Guildes écologiques	Espèces	Nom commun	N	%N	B (en g)	%B	%FO	Classes d'occurrence
Amphihaline	<i>Anguilla anguilla</i>	Anguille	1	0,01	0,21	0,00	2,08	Accidentelle
	<i>Mugil sp.</i>	Juveniles de Mugilidae	9 530	67,81	1 714,68	19,01	95,83	Fréquente
	<i>Platichthys flesus</i>	Flet	478	3,40	2 073,53	22,99	91,67	Fréquente
Résidente	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Epinoche	71	0,51	13,41	0,15	33,33	Occasionnelle
	<i>Pomatoschistus lozanoi</i>	Gobie de Lozanoi	19	0,14	17,25	0,19	16,67	Rare
	<i>Pomatoschistus microps</i>	Gobie tacheté	750	5,34	274,80	3,05	89,58	Fréquente
	<i>Pomatoschistus minutus</i>	Gobie buhotte	36	0,26	28,71	0,32	27,08	Occasionnelle
Euryhaline	<i>Atherina presbyter</i>	Prêtre (athérine)	1	0,01	4,64	0,05	2,08	Accidentelle
	<i>Clupea sp.</i>	Juvenile de Clupeidae	1 472	10,47	215,89	2,39	54,17	Commune
	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Bar	67	0,48	2 939,27	32,60	60,42	Commune
	<i>Liza aurata</i>	Mulet doré	101	0,72	1 463,94	16,23	47,92	Occasionnelle
	<i>Solea solea</i>	Sole	22	0,16	0,68	0,01	31,25	Occasionnelle
Sténohaline	<i>Sprattus sprattus</i>	Sprat	1 448	10,30	261,33	2,90	25	Occasionnelle
	<i>Ammodytes tobianus</i>	Lançon	23	0,16	4,65	0,05	22,92	Rare
	<i>Clupea harengus</i>	Hareng	18	0,13	5,06	0,06	4,17	Accidentelle
	<i>Pollachius pollachius</i>	Lieu jaune	11	0,08	1,59	0,02	16,67	Rare
	<i>Scophthalmus rhombus</i>	Barbue	1	0,01	0,12	0,00	2,08	Accidentelle
	<i>Taurulus bubalis</i>	Chabot buffle	6	0,04	0,21	0,00	8,33	Accidentelle
<b>Totaux</b>			<b>14 055</b>		<b>9 019,97</b>			

### 3.1.2. Structuration des effectifs et de la biomasse.

Le peuplement est largement dominé numériquement par les juvéniles de Mugilidae (*Mugil sp.*). Ils représentent 67,81% des effectifs du peuplement. Secondairement, on retrouve les Clupeidae (*Clupea sp.* : 10,47% ; *S. sprattus* : 10,30% ; *C. harengus* : 0,13%). Certaines espèces n'ont été capturées qu'une seule fois où seulement un individu a été échantillonné. C'est le cas de l'Anguille (sous forme de Civelles), de Saint-Nazaire et de la Barbue.

Du point de vue de la biomasse, les Mugilidae et *D. labrax* représentent respectivement 35,24% et 32,59% du total. Le flet arrive ensuite avec près de 23%. Malgré leurs forts effectifs, les *Clupea sp.* ne cumulent que 2,39% de la biomasse totale.

Les juvéniles d'anguille ainsi que les larves de poissons plats ont sans doute été sous-estimées du fait de la sélectivité du filet verveux qui ne permet pas la capture des civelles et des très jeunes larves de poissons plats (Laffaille 2000).

### 3.1.3. Structure démographique globale.

L'observation des tailles moyennes des poissons capturés (Tableau 2) montre la présence chez pratiquement toutes les espèces de jeunes stades. Certaines de ces espèces ne sont présentes dans les marais salés qu'exclusivement au stade jeune de l'année (YoY : Young-of-the-year). C'est le cas des individus appartenant à la famille des Clupeidae, de la sole, du lançon équille, du lieu jaune, de l'anguille, du prêtre et de la barbue. D'autres espèces colonisent le marais salé et ses chenaux lors de leurs premières années mais aussi au stade adulte. Plusieurs cohortes ont ainsi été capturées au même moment et au même endroit comme des individus appartenant à la famille des Mugilidae, des bars ou des flets. L'absence de classe d'âge intermédiaire est constatée pour les mullets dorés. En revanche, les espèces dites résidentes (autochtones), comme les gobies ou l'épinoche, colonisent le marais tout au long de leur cycle biologique. Ils sont ainsi capturés à tous les stades (YoY, adultes).

**Tableau 2 : Tailles des différentes espèces du peuplement piscicole de la Baie de Saint-Brieuc capturé au printemps 2005 : Longueur totale en mm (LT).**

Guildes	Familles	Genre espèce	LT				N
			moyenne	écart-type	Min.	Max.	
Amphihaline	Anguillidae	<i>A. anguilla</i> (L.)	67.00	-	67	-	1
	Mugilidae	<i>Mugil sp.</i>	24.98	6.91	15	50	9530
	Pleuronectidae	<i>P. flesus</i> (L.)	19.17	33.74	6	423	478
Euryhaline	Atherinidae	<i>A. presbyter</i> (Cuvier)	96.00	-	96	-	1
	Clupeidae	<i>Clupea sp.</i>	34.07	4.28	15	48	1472
	Clupeidae	<i>S. sprattus</i> (L.)	36.56	4.43	16	48	1448
	Mugilidae	<i>L. aurata</i> (Risso)	63.31	47.38	50	495	101
	Serranidae	<i>D. labrax</i> (L.)	59.85	95.46	17	515	67
	Soleidae	<i>S. solea</i> (Quensel)	13.86	6.10	7	29	22
Sténohaline	Ammonitydae	<i>A. tobianus</i> (L.)	43.74	3.71	39	55	23
	Clupeidae	<i>C. harengus</i> (L.)	38.22	6.12	28	51	18
	Gadidae	<i>P. pollachius</i> (L.)	25.00	2.79	18	29	11
	Peristediidae	<i>T. bubalis</i> (L.)	11.83	3.13	10	18	6
	Scophthalmidae	<i>S. rhombus</i> (L.)	18.00	-	18	-	1
Résidente	Gasterosteidae	<i>G. aculeatus</i> (L.)	25.94	4.45	20	57	71
	Gobiidae	<i>P. lozanoi</i> (de Buen)	43.89	4.39	36	50	19
	Gobiidae	<i>P. microps</i> (Kroyer)	32.22	7.14	12	57	750
	Gobiidae	<i>P. minutus</i> (Pallas)	41.50	5.75	30	57	36

Une analyse de la structure démographique plus précise par cohorte (Tableau 3) met en évidence une large domination du pourcentage de juvéniles chez de nombreuses espèces. C'est le cas notamment du lançon, de l'anguille, de l'athérine, des juvéniles de Clupeidae, du

lieu, de la barbue, de la sole et du chabot buffle où seuls des jeunes de l'année sont présents. Pour le bars ou le mullet doré, plus des trois quarts de la population est composée de YoY, mais la présence de subadultes et d'adulte est observée. Enfin pour les espèces résidentes une part plus ou moins faible de juvéniles est observée. Cette part varie de 0% à près de 35%. Il est autorisé de s'interroger sur l'efficacité de l'engin de capture pour les juvéniles de ces espèces d'une part mais aussi d'autre part sur l'étape du cycle biologique de ces espèces et l'état de maturation des femelles.

**Tableau 3 : Pourcentages de juvéniles (groupe G0) rencontrés pendant la campagne printanière de prélèvement en baie de Saint-Brieuc (2005).**

Guilde	Genre espèce	%de G0	N	Guilde	Genre espèce	%de G0	N	
Résidente	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	<b>30,2</b>	71	Euryhaline	<i>Atherina presbyter</i>	<b>100</b>	1	
	<i>Pomatoschistus lozanoi</i>	-	19		<i>Clupea sp.</i>	<b>100</b>	1	
	<i>Pomatoschistus microps</i>	<b>34,96</b>	750		<i>Dicentrarchus labrax</i>	<b>79,1</b>	67	
	<i>Pomatoschistus minutus</i>	-	36		<i>Liza aurata</i>	<b>5,23</b>	101	
Sténohaline	<i>Ammodytes tobianus</i>	<b>100</b>	23		<i>Solea solea</i>	<b>100</b>	22	
	<i>Clupea harengus</i>	<b>100</b>	18		<i>Sprattus sprattus</i>	<b>100</b>	1448	
	<i>Pollachius pollachius</i>	<b>100</b>	11		Amphihaline	<i>Anguilla anguilla</i>	<b>100</b>	1
	<i>Scophthalmus rhombus</i>	<b>100</b>	1			<i>Mugil sp.</i>	<b>100</b>	9
<i>Taurulus bubalis</i>	<b>100</b>	6	<i>Platichthys flesus</i>	<b>93,91</b>		478		

### 3.2. Variations spatiales de la structure du peuplement.

#### 3.2.1. Site Amont, Clôture.

Un total de 6 998 poissons appartenant à 16 espèces a été capturé sur le site amont (Tableau 4). Parmi ces espèces on retrouve 5 espèces sténohalines, 5 espèces euryhalines, 4 espèces résidentes et 2 espèces amphihalines.

Le peuplement est dominé numériquement par les juvéniles de Mugilidés (71,01%). Vient ensuite le sprat (10,72%) puis *Clupea sp.* (5,67%), le gobie tacheté (5,6%) et le flet (4,22%). Du point de vue de la biomasse, 4 espèces dominant largement le peuplement. Il s'agit du bar (28,23%), du flet (26,69%), du mullet doré (23,9%) et des *Mugil sp.* (14,47%).

Chapitre 1 : Structuration du peuplement de poissons d'un petit complexe estuaire - marais salés enclavé de la façade ouest de la France : la baie de Saint-Brieuc.

**Tableau 4 : Composition du peuplement piscicole de la Baie de Saint-Brieuc capturé au printemps 2005 sur le site 1, 'Clôture' (amont). % N : abondance numérique relative ; % B : abondance pondérale relative ; % FO : Fréquence d'occurrence par trait.**

Guildes écologiques	Espèces	Nom commun	N	%N	B (en g)	%B	%FO	Classe d'occurrence
Amphihaline	<i>Mugil sp.</i>	Juveniles de Mugilidae	4 969	71,01	855,59	14,47	95,65	Fréquente
	<i>Platichthys flesus</i>	Flet	295	4,22	1 578,05	26,69	95,65	Fréquente
Résidente	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Epinoche	2	0,03	2,54	0,04	8,70	Accidentelle
	<i>Pomatoschistus lozanoi</i>	Gobie de Lozanoi	13	0,19	12,43	0,21	21,74	Rare
	<i>Pomatoschistus microps</i>	Gobie tacheté	392	5,6	169,56	2,87	86,96	Fréquente
	<i>Pomatoschistus minutus</i>	Gobie buhotte	28	0,4	23,04	0,39	26,09	Occasionnelle
Euryhaline	<i>Clupea sp.</i>	Juvenile de Clupeidae	397	5,67	63,11	1,07	47,83	Occasionnelle
	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Bar	41	0,59	1 668,74	28,23	69,57	Commune
	<i>Liza aurata</i>	Mulet doré	77	1,10	1 412,74	23,90	69,57	Commune
	<i>Solea solea</i>	Sole	13	0,19	0,33	0,01	34,78	Occasionnelle
	<i>Sprattus sprattus</i>	Sprat	750	10,72	121,47	2,05	17,39	Rare
Sténohaline	<i>Ammodytes tobianus</i>	Lançon	7	0,10	1,47	0,02	21,74	Rare
	<i>Clupea harengus</i>	Hareng	3	0,04	1,47	0,02	4,35	Accidentelle
	<i>Pollachius pollachius</i>	Lieu jaune	5	0,07	0,74	0,02	13,04	Rare
	<i>Scophthalmus rhombus</i>	Barbue	1	0,01	0,12	0,00	4,35	Accidentelle
	<i>Taurulus bubalis</i>	Chabot buffle	5	0,07	0,19	0,00	13,04	Rare
<b>Totaux</b>			<b>6 998</b>		<b>5 911,58</b>			

### 3.2.2. Site Aval, Nature.

Sur le site le plus en aval (Tableau 5), 7 057 poissons ont été pêchés sur le site aval (tableau 5). Dix-sept espèces appartenant à 4 guildes écologiques ont été identifiées. Quatre sont des résidentes, 3 espèces sont des amphihalines, 6 sont euryhalines et 4 sont des sténohalines.

**Tableau 5: Composition du peuplement piscicole de la Baie de Saint-Brieuc capturé au printemps 2005 sur le site 2, 'Nature' (aval). % N : abondance numérique relative ; % B : abondance pondérale relative ; % FO : Fréquence d'occurrence par trait.**

Guildes écologiques	Espèces	Nom commun	N	%N	B (en g)	%B	%FO	Classe d'occurrence
Amphihaline	<i>Anguilla anguilla</i>	Anguille	1	0,01	0,21	0,01	4	Accidentelle
	<i>Mugil sp.</i>	Juveniles de Mugilidae	4561	64,63	859,09	27,64	96	Fréquente
	<i>Platichthys flesus</i>	Flet	183	2,59	495,5	15,94	88	Fréquente
Résidente	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Epinoche	69	0,98	10,88	0,35	56	Commune
	<i>Pomatoschistus lozanoi</i>	Gobie de Lozanoi	6	0,09	4,82	0,16	12	Rare
	<i>Pomatoschistus microps</i>	Gobie tacheté	358	5,07	105,24	3,39	92	Fréquente
	<i>Pomatoschistus minutus</i>	Gobie buhotte	8	0,11	5,66	0,18	28	Occasionnelle
Euryhaline	<i>Atherina presbyter</i>	Prêtre (athérine)	1	0,01	4,64	0,15	4	Accidentelle
	<i>Clupea sp.</i>	Juvenile de Clupeidae	1075	15,23	152,78	4,92	56	Commune
	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Bar	26	0,37	1270,52	40,87	52	Commune
	<i>Liza aurata</i>	Mulet doré	24	0,34	51,2	1,65	28	Occasionnelle
	<i>Solea solea</i>	Sole	9	0,13	0,35	0,01	28	Occasionnelle
	<i>Sprattus sprattus</i>	Sprat	698	9,89	139,86	4,50	32	Occasionnelle
Sténohalines	<i>Ammodytes tobianus</i>	Lançon	16	0,23	3,18	0,10	24	Rare
	<i>Clupea harengus</i>	Hareng	15	0,21	3,59	0,12	4	Accidentelle
	<i>Pollachius pollachius</i>	Lieu jaune	6	0,09	0,84	0,03	20	Rare
	<i>Taurulus bubalis</i>	Chabot buffle	1	0,02	0,02	0,00	4	Accidentelle
<b>Totaux</b>			<b>7 057</b>		<b>3 108,38</b>			

Comme pour le site amont 'Clôture', les juvéniles de Mugilidae dominent en terme d'effectifs (64,63%), et les bars en terme de biomasse (40,9%). Les juvéniles de Mugilidae (%FO=96%), les gobies tachetés (%FO=92%) et les flets (%FO=88%) sont les espèces les plus fréquentes. Les espèces amphihalines représentent 67,6 % des espèces présentes sur le site.

### 3.2.3. Comparaison entre le site 1 et le site 2 : Abondances numériques et pondérales.

D'un point de vue numérique (Tableau 6), la comparaison des C.P.U.E moyennes (ind. /min) de chacune des deux stations révèle que les abondances numériques ne sont pas significativement différentes (Mann et Whitney, NS) avec des moyennes de 0,73 ind. /min ( $\pm 1,93$ ) pour le site localisé sur une aire pâturée (fond de baie) et de 0,90 ind. /min ( $\pm 2,48$ ) pour le second site, localisé sur une aire non pâturée (plus en aval de l'embouchure de l'Urne).

D'un point de vue pondéral, l'analyse par comparaison des C.P.U.E. (g/min) de chacun des deux sites révèle qu'elles ne sont pas non plus significativement différentes (Mann et Whitney, NS) avec des moyennes de 0,31 ind. /min ( $\pm 0,59$ ) pour le premier site de prélèvement et de 0,65 ind. /min ( $\pm 1,35$ ) pour le second site.

Cependant la somme des C.P.U.E. pondérales du site de fond de baie (Clôture) est deux fois supérieure à celle du second site de capture (Nature) situé plus proche des estrans sableux (11,76 vs 5,27). Les fortes biomasses sont dues à la capture en fond de baie de grands individus appartenant à des espèces comme le mulot doré (*L. aurata*), le flet (*P. flesus*) et le bar (*D. labrax*).

L'analyse des données relatives aux effectifs et aux biomasses des poissons capturées dans les sites en bord de l'Urne indique qu'il n'existe qu'une très faible variabilité de la répartition des individus. De grands individus étant présents dans la partie amont de la zone d'étude.



**Tableau 6: Abondances numériques ( ind/min) et pondérales ( g/min) du peuplement de poissons échantillonné au printemps 2005 dans les marais salés de la réserve de la baie de Saint-Brieuc.**

	CPUE numérique ( ind/min)						CPUE pondérale ( g/min)					
	Nature (aval)		Clôture (amont)		Global		Nature (aval)		Clôture (amont)		Global	
	moyenne	Ecart type	moyenne	Ecart type	moyenne	Ecart type	moyenne	Ecart type	moyenne	Ecart type	moyenne	Ecart type
<i>Ammodytes tobianus</i>	0,04	0,05	0,04	0,01	0,04	0,04	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01
<i>Anguilla anguilla</i>	0,01	-	-	-	0,01	-	0,00	-	-	-	0,00	-
<i>Atherina presbyter</i>	0,01	-	-	-	0,01	-	0,05	-	-	-	-	-
<i>Clupea harengus</i>	0,17	-	0,04	-	0,11	0,09	0,04	-	0,02	-	0,03	0,01
<i>Clupea spp.</i>	1,80	2,16	0,96	1,77	1,42	1,94	0,26	0,30	0,15	0,28	0,21	0,28
<i>Dicentrarchus labrax</i>	0,04	0,03	0,08	0,05	0,06	0,04	1,97	4,71	3,32	6,29	2,64	5,35
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	0,14	0,11	0,02	-	0,12	0,11	0,02	0,02	0,03	-	0,02	0,02
<i>Mugillidae</i>	7,95	6,73	10,48	3,24	9,22	5,20	1,56	1,62	3,96	5,21	1,75	3,33
<i>Platichthys flesus</i>	0,31	0,21	0,62	0,41	0,46	0,35	0,91	2,17	3,40	3,82	2,15	3,24
<i>Pleuronectes platessa</i>	-	-	0,05	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pollachius pollachius</i>	0,02	0,02	0,22	0,32	0,12	0,23	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
<i>Pomatoschistus lozanoi</i>	0,03	0,03	0,05	0,05	0,05	0,04	0,02	0,02	0,04	0,02	0,03	0,02
<i>Pomatoschistus microps</i>	0,59	0,77	0,85	0,48	0,70	0,64	0,17	0,22	0,35	0,26	0,26	0,24
<i>Pomatoschistus minutus</i>	0,03	0,01	0,06	0,03	0,04	0,03	0,02	0,00	0,05	0,04	0,04	0,03
<i>Scophthalmus rhombus</i>			0,01	-	0,01	-			0,00	-	0,00	-
<i>Solea solea</i>	0,02	0,01	0,04	0,03	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Sprattus sprattus</i>	1,22	1,06	2,58	4,21	1,67	2,37	0,25	0,24	0,42	0,68	0,30	0,40
<i>Taurulus bubalis</i>	0,01	-	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00
Somme	12,38		16,14		14,14		5,27		11,76		7,46	
Moyenne	0,73		0,90		0,79		0,31		0,65		0,41	
Ecart type	1,93		2,48		2,16		0,59		1,35		0,83	

### 3.2.4. Comparaison entre le site 1 et le site 2 : Comparaison de la structuration par guildes écologiques.

Une comparaison a été effectuée sur les valeurs de la répartition toutes guildes confondues entre le site 1 et le site 2 (Tableau 7). Les résultats obtenus révèlent qu'il n'existe aucune différence significative (Mann & Whitney, NS) entre la répartition des guildes écologiques du site amont et celle du site aval.

**Tableau 7 : Répartition des guildes écologiques des poissons capturés sur les deux sites de la baie de Saint-Brieuc lors des campagnes de printemps 2005. N : effectifs. La comparaison est effectuée guildes par guildes.**

Guildes	Site amont		Site aval	
	N	%	N	%
Amphihaline	4991	74,22	4745	67,24
Résidente	435	6,47	441	6,25
Euryhaline	1278	19,00	1833	25,97
Sténohaline	21	0,31	38	0,54

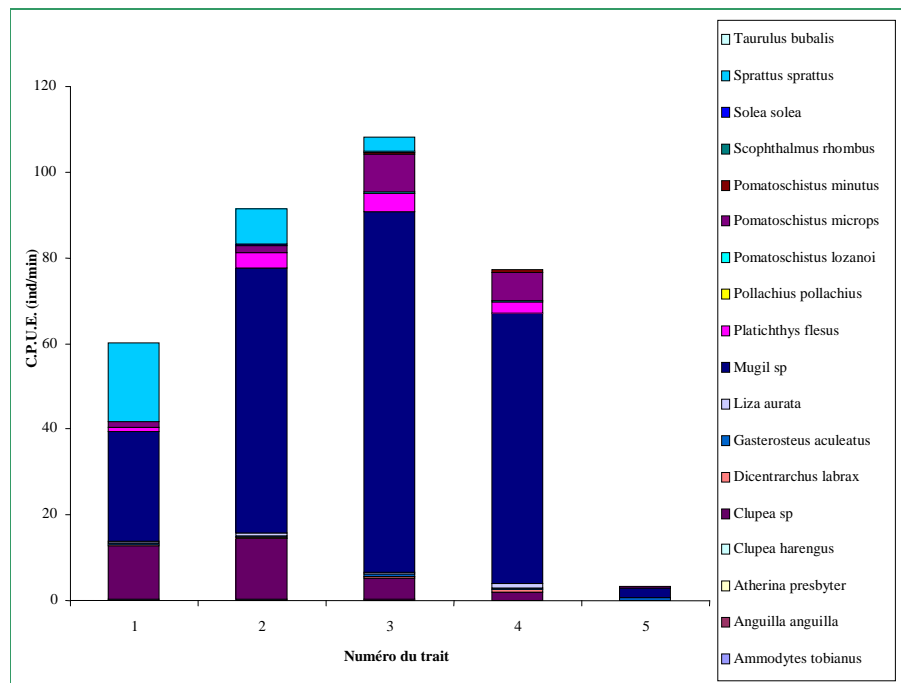
La comparaison de l'effectif intragilde a été effectuée (test Z). Malgré l'absence de différence significative de la colonisation de la baie de Saint-Brieuc entre le site amont et le site aval, on constate que les espèces euryhalines et sténohalines sont plus présentes sur le site aval (moins désalé) que sur le site amont (test Z,  $p < 0,05$ ). Une structuration inverse est observée chez les espèces amphihalines (Tableau 8) qui sont plus présentes proche de l'exutoire de l'Urne (test Z,  $p < 0,05$ ). Les espèces résidentes possèdent une répartition homogène.

**Tableau 8 : Test Z intraguildes écologiques sur le peuplement de poissons capturés en baie de Saint-brieuc au printemps 2005. La comparaison porte sur les proportions de chacune des guildes sur les deux sites.**

Gradient	Amphihaline		Résidente		Euryhaline		Sténohaline	
	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval
Effectif de la guildes	4991	4745	435	441	1278	1833	21	38
Effectif total	6998	7057	6998	7057	6998	7057	6998	7057
Résultat du test Z	significatif		non significatif		significatif		significatif	

### 3.3. Variations temporelles de la structure du peuplement.

Le court laps de temps entre les prélèvements *in situ* (avril - mai 2005), ne permet pas de mettre en évidence des facteurs de variabilité temporelle structurant les populations de poissons de la baie à l'échelle mensuelle. Cependant, une structuration du peuplement à une plus petite échelle de temps est discernable. En effet, une structuration du peuplement de poissons colonisateur des marais salés et de ses chenaux s'opère au court de la vidange des pseudo bassins versants drainés par chacune des deux « criches<sup>5</sup> » situées sur les bords de l'Urne. Il est possible de mettre en évidence par l'analyse des C.P.U.E. numériques et pondérales (tous sites confondus par espèces et par traits) cette structuration (Figure 11 & Figure 12).



**Figure 11 : Abondance numérique (C.P.U.E. ind/min) des espèces de piscicoles capturées en Baie de Saint-Brieuc (tous sites confondus) en fonction des traits. Trait 1  $t_0-t_{20}$ , Trait 2  $t_{25}-t_{45}$ , Trait 3  $t_{50}-t_{70}$ , etc. Le temps inter trait est de 5 minutes (temps durant lequel les poissons sont récoltés et les filets remis en pêches).**

<sup>5</sup> « criches » : on entend par criche la chenaux de ressuyage des marais salés qui se vident à marée basse. C'est un terme locale il est remplacé par ruisson en baie de l'Aiguillon ou filandre en estuaire de la Seine.

Les Clupeidae (*S. sprattus*, *Clupea sp.* et *C. harengus*) sont principalement présents dans les premiers traits (Figure 11). Ils quittent le marais en premier après la renverse. Les *Mugil sp.*, quant à eux, semblent sortir de la criche de manière régulière, suggérant qu'ils sont aptes à coloniser toute la surface inondée au cours de la marée. Cependant, l'activité natatoire de tels individus est peu importante et leur rayon d'action ne dépasse pas les quelques dm<sup>3</sup> (Figure 11 & Figure 12). Il en est de même pour les Clupeidae capturés au cours des premiers traits. Ces poissons correspondent à des individus de l'année. De ce fait, leur capacité de propagation dans la masse d'eau n'est pas encore performante par rapport à des individus adultes. Ils vont ainsi subir l'influence de la périodicité du phénomène de marée : ils ne meuvent que très peu dans la masse d'eau.

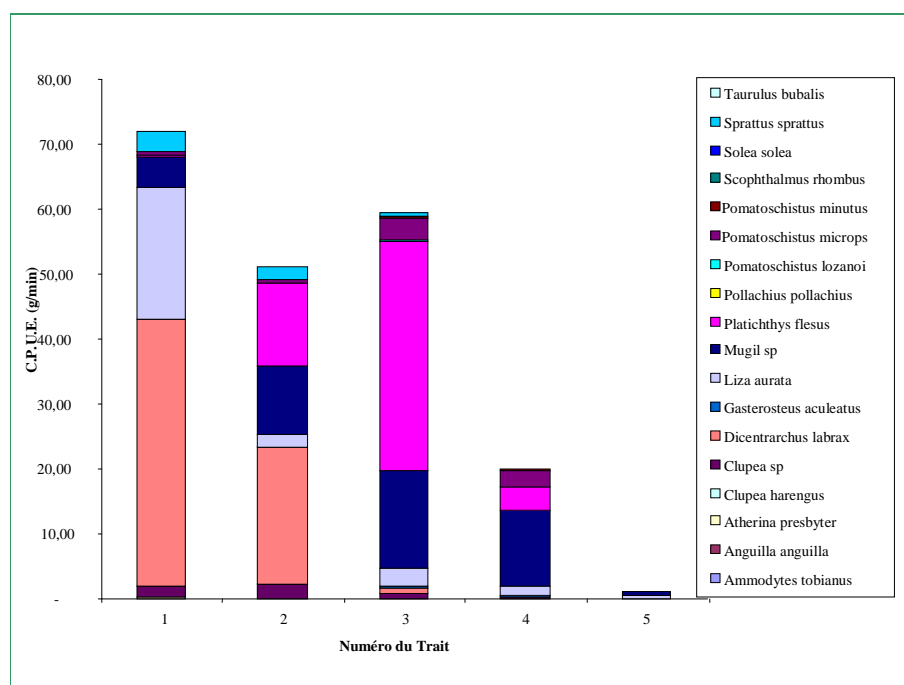


Figure 12 : Abondance pondérale (C.P.U.E. g/min) des espèces piscicoles capturées en Baie de Saint-Brieuc (tous sites confondu) en fonction des traits. Trait 1 t<sub>0</sub>-t<sub>20</sub>, Trait 2 t<sub>25</sub>-t<sub>45</sub>, Trait 3 t<sub>50</sub>-t<sub>70</sub>, etc. Le temps inter trait est de 5 minutes (temps durant lequel les poissons sont récoltés et les filets remis en pêches).

En revanche les plus gros individus de *L. aurata* qui possèdent des capacités natatoires performantes et des tolérances aux modifications physicochimiques (oxygène dissous, salinité, température, etc.), ainsi ils semblent fourrager le plus possible. Ils ne repartent que dans les derniers moments afin de profiter au maximum des fortes ressources disponibles dans cette partie de l'estuaire (Figure 12).

Comme le mullet, les espèces amphihalines quittent le marais dans les dernières. C'est le cas notamment des flets (*P. flesus*) : ainsi une biomasse de flet plus importante est capturée

en fin de pêche qu'en début (Figure 12). En effet, les plus petits individus (jeunes de l'année) vont partir avec la masse d'eau tandis que les plus gros individus (juvéniles et adultes) ont une capacité natatoire plus efficace leur permettant de repousser dans le temps leur soustraction au milieu.

Les bars, quant à eux, ne sont capturés que lors des trois premiers traits de pêche (Figure 11 & Figure 12). Pour cette espèce l'observation plus en détails des C.P.U.E. pondérales sur les trois premières séquences de pêches, met en évidence qu'une biomasse plus importante est capturée en début de pêche (Figure 12). En effet, ces fortes biomasses sont dues à la capture d'individus adultes qui viennent se nourrir dans la végétation qui est immergée à l'étale de haute mer (Parlier données non publiées) et ce pour les plus forts coefficients de marée. Une nage active anticipée leur permet de quitter les marais salés, ainsi que leurs chenaux dès le début du jusant.

Enfin, les espèces résidentes, comme le gobie tacheté (*P. microps*) ou le gobie rouillé (*P. lozanoi*), sont parmi les dernières espèces à quitter la criche. Leurs effectifs numériques et pondéraux sont les plus élevés dans les derniers traits de pêche (Figure 11 & Figure 12).

#### **4. Discussion.**

Parmi les 18 espèces qui colonisent le marais salé intertidal de l'anse d'Yffiniac, 3 sont amphihalines, 6 sont euryhalines d'origine marine, 5 sont sténohalines marines et 4 résidentes (Laffaille 2000). Aucune espèce d'eau douce n'a été capturée lors de l'échantillonnage. La présence de ces espèces est souvent due à des épisodes climatiques forts telles que les tempêtes automnales ou hivernales qui sont récurrentes sur la façade ouest de la France à ces périodes (Parlier et Feunteun 2004; Parlier et al. 2006). Mais aucun épisode de ce type n'a eu lieu durant cette campagne.

##### *4.1. Preferendum et guildes écologiques.*

La salinité est le facteur le plus variable spatialement au sein de cette mosaïque d'écosystème à géométrie variable (Laffaille et al. 1998). L'organisation des guildes

écologiques basées sur les capacités plus ou moins grandes des espèces à supporter des fluctuations de salinité est donc judicieuse (Elie et al. 1990). Cet élément structurant des communautés permet de mieux appréhender les frontières physicochimiques invisibles qui confinent certaines espèces aux abords des marais salés, ou au contraire qui permettent aux juvéniles de certaines espèces, notamment d'espèces euryhalines, de trouver, de manière temporaire, refuge dans ces zones à forte disponibilité alimentaire (Parlier *et al.*, soumis).

Les espèces amphihalines sont les guildes les plus représentées aussi bien sur le site amont que sur le site aval. Elles sont majoritairement composées de juvéniles de Mugilidés et de juvéniles de Flets. Les estuaires sont des zones de transit obligatoire pour ces populations lors de leurs migrations. Elles leur permettent également de s'acclimater progressivement aux passages entre les systèmes fluviaux et marins (Feunteun *et al.*, 2001). Ces espèces sont adaptées aux conditions estuariennes et peuvent ainsi coloniser les marais. Cette tolérance représente un véritable avantage évolutif. Il permet à ces espèces de coloniser les zones côtières selon diverses stratégies ou tactiques alternatives (*i.e.* utilisation des ressources trophiques du marais ou non, suivant les disponibilités alimentaires présentes dans les écosystèmes adjacents).

La comparaison entre les différents assemblages des sites révèle peu de différence. La baie de Saint-Brieuc semble, à la vue de cette étude préliminaire, être une unité cohérente pour les populations de poissons qui l'envahissent lors de chaque marée de vives eaux. Cependant, la comparaison entre chaque guildes sur les 2 sites montre qu'il existe une structuration spatiale vis-à-vis de la salinité entre guildes écologiques (Elie et al. 1990). Le gradient de salinité mis en évidence lors des études préliminaires par les personnels de la réserve naturelle semble influencer la répartition des espèces. Ceci excepté pour les espèces résidentes qui se répartissent de manière homogène dans le milieu où elles réalisent la totalité de leur cycle biologique. En revanche pour les autres guildes écologiques, les populations sont influencées et contraintes par les taux de salinité, ce qui conduit à une structuration du peuplement.

Les espèces amphihalines se retrouvent préférentiellement dans le site amont. Ce site situé plus en fond de baie doit être probablement moins salé que le site aval du fait de la dilution de la colonne d'eau par les eaux de l'Urne. Les espèces subiraient probablement un 'appel d'eau douce' qui expliquerait leurs plus fortes abondances sur le site amont. C'est le cas du flet. Cette espèce migratrice amphihaline thalassotoque vit en majeure partie dans les estuaires. La plupart des individus capturés sont des juvéniles, ils pénètrent les rivières au

printemps pour en ressortir quelques mois plus tard (Feunteun *et al.*, 2001) ce qui explique leur supériorité numérique au niveau du site amont.

Les espèces sténohalines et euryhalines se retrouvent plus clairement sur le site aval. Les espèces sténohalines marines supportent mal les variations de salinité. Leurs fréquences d'occurrence sont rares voire accidentelles. C'est pourquoi elles se retrouvent préférentiellement dans les eaux aval du marais, là où les dilutions sont les moins fortes. Les espèces euryhalines se retrouvent également plus dans les eaux peu désalées. Cette observation montre que malgré une assez bonne résistance aux variations de salinité, ces espèces préfèrent coloniser les eaux proches de zones côtières où le gradient de salinité est moindre. Il est à noter que cette guilda est largement structurée autour des effectifs de juvéniles de Clupeidae, genre qui vraisemblablement ne supporte que de faibles variations de salinité. Ces juvéniles sont préférentiellement pélagiques et colonisent les marais salés de manière passive en étant transportés par les intrusions marines lors du flot.

#### 4.2. Colonisation des marais salés et rôle trophique.

Les Mugilidae (spécialement les YoY : *Mugil sp.*) domine le peuplement en terme numérique (plus de 67% des poissons capturés), mais aussi en terme pondéral (plus de 35% de la biomasse capturée). D'autres études ont déjà confirmé la dominance d'un petit nombre d'espèces sur les communautés rencontrées dans les chenaux des marais salés (Sogard et Able 1991; Cattrijsse *et al.* 1994; Kneib 1995, 1997a, b). *Mugil sp.*, *P. flesus*, *P. microps* et *D. labrax* sont les espèces les plus fréquemment capturées. Leurs fréquences d'occurrence (% FO) sont respectivement de 95,83%, 91,67%, 89,58% et 60,42% (Tableau 1). Ces dernières sont associées à un cortège d'autres espèces comme des individus appartenant à la famille des Clupeidae (*C. harengus*, *Clupea sp.*, *S. sprattus*). Ils quittent la zone lors des deux premières heures du jusant, c'est-à-dire avant l'assèchement totale du bras de ressuyage. Les gobies, les bars et les flets semblent venir coloniser le marais salé et ses chenaux au flot afin d'y exploiter sa forte productivité (Christensen et Pauly 1998; Laffaille *et al.* 2002). Ils viennent consommer différents Arthropodes proies présents dans le marais lors des phases d'immersion. En effet, gobies et bars colonisent les chenaux afin de consommer certains Amphipodes (*Orchestia gammarellus*) (Laffaille *et al.* 1998; Parlier 2002) et les flets certains Crustacés Décapodes (*Carcinus maenas*) présents dans les chenaux de ressuyage (Cuzange comm. pers.).

Des individus limnobenthophages (iliophages) comme les mullets, ainsi que les autres espèces capturées viennent se nourrir de la forte production primaire et détritique du marais : biofilm microphytobenthique formé par les Diatomées en surface des vasières intertidales et détritiques de plantes halophytes (Laffaille et al. 1998; Almeida 2003).

L'analyse des tailles moyennes de poissons capturés montre la présence de fortes abondances de jeunes stades. Pour certaines de ces espèces ne sont présents dans le marais salé que les YoY. C'est le cas des individus appartenant à la famille des Clupeidae, de la sole, du lançon équille, du lieu jaune, de l'anguille, du prêtre et de la barbue. D'autres espèces comme le mullet doré, le bar et le flet colonisent le marais lors de leurs premières années (jeunes de l'année et juvéniles) mais aussi au stade adulte. L'absence de classe d'âge intermédiaire est constatée pour les mullets. En revanche, les espèces résidentes comme le gobie des sables ou l'épinoche colonisent le marais à toutes les étapes de leur cycle biologique. Les captures de ces différentes classes de taille et de ce fait de ces différentes classes d'âge lors de cet inventaire piscicole semblent démontrer une stratégie de colonisation (Parlier et al. 2006) différente induite par les préférences écologiques de chacune des espèces capturées.

Ainsi l'ichtyofaune capturée durant cette étude, composée majoritairement de jeunes de l'année mais aussi de juvéniles, démontre le rôle de nourricerie joué par cet écosystème. Cependant, il est préférable de s'appuyer sur plus de critères pour décrire cette fonction (Beck et al. 2001), comme l'utilisation de la biomasse produite *in situ* pour la croissance, ou la migration vers les sites fréquentés à l'âge adulte.

Cette surface de marais salés jouerait un rôle fondamental dans le développement des jeunes individus (bar, mullet, poissons plats, sprat, hareng, *etc.*) en fournissant les ressources trophiques (détritiques de plantes vasculaires, Diatomées, annélides, crustacés ou insectes (Laffaille et al. 2001b; Laffaille et al. 2005)) nécessaires à leur croissance, ainsi qu'une protection physicochimique du fait des fortes contraintes (salinité, température, oxygène dissous, *etc.*) qui limite l'accès de ces zones aux individus sténohalins de grandes tailles plus exigeants.

Ainsi les marais salés de par leur rôle essentiel de zone privilégiée d'alimentation contribuerait au recrutement des stocks halieutiques côtiers. Toutefois, les 112 ha de marais



salés de l'anse d'Yffiniac semblent jouer le rôle de nourricerie *sensu lato* (sensu Beck et al. 2001).

#### 4.3. Activités de gestion et perturbations des relations espaces-espèces.

Le peuplement piscicole de la Baie de Saint-Brieuc ne semble pas se structurer le long du gradient latitudinal considéré au niveau de l'espèce. L'aire considérée dans cette étude peut être assimilée à une seule et même entité écosystémique où aucune structuration ne semble se mettre en place au niveau spécifique. Malgré cela, les préférences écologiques de chacune des espèces font qu'une structuration s'opère en fonction de l'appartenance aux diverses guildes écologiques. En effet, la capture d'individus adultes d'espèces amphihalines comme le mullet doré, ou le flet est à corréluer à la salinité plus faible en fond de baie par un apport d'eau douce provenant du bassin versant de l'Urne.

L'agencement des populations piscicoles colonisatrices du marais salé de l'Anse d'Yffiniac et de ses chenaux ne semble pas varier selon que les captures aient été réalisées sur un site soumis à un pâturage bovin proche de l'intensif (Feunteun, comm. pers.) ou sur un site qui n'est pas soumis à cette activité traditionnelle. Toutefois, bien que le second site de capture se localise dans la zone non pâturée, une partie des eaux drainées par son pseudo bassin versant est issues des eaux de ressuyage d'une partie de la zone pâturée. Par conséquent, aucune variation spatiale de la structure du peuplement de poissons échantillonné n'a pu être mise en évidence. Cependant, d'autres études menées en Baie du Mont Saint-Michel (Bouchard *et al.*, 2003, Laffaille *et al.* 2000b) ainsi qu'en Baie de l'Aiguillon (Parlier et al. 2006) ont montré la mise en place d'une réelle structuration du peuplement ichtyen directement liée à la politique de gestion appliquée sur l'aire où se situent les sites de capture.

En effet, un pâturage intensif à l'origine d'une diversification du tapis végétal, ainsi qu'une diminution de la productivité du marais (Lefeuvre, 2001), est connu comme étant perturbateur de la fonction trophique (Laffaille, 2000), mais aussi de la fonction de nourricerie proprement dite. Une analyse comparative des régimes alimentaires d'une espèce

comme le bar (*D. labrax*) entre les sites soumis à des pressions et ceux mis sous cloche se révélerait pertinente.

Il paraîtrait donc judicieux de modifier la stratégie d'échantillonnage, en faisant varier les coordonnées géographiques du second site de prélèvement. En effet, poursuivre l'inventaire de l'ichtyofaune, en échantillonnant sur le site de fond de baie (zone pâturée) et sur un autre site situé sur la rive gauche de l'Urne ou sur le Gouessant situé plus à l'est dans l'Anse de Morieux. Ceci permettrait peut-être de mettre en évidence une influence de la gestion appliquée, quel qu'elle soit, sur l'organisation spatiale du peuplement piscicole de la Baie de Saint-Brieuc.

Le choix de la localité du second site se justifie par le fait qu'aucune pression anthropique ne s'exerce sur les marais salés de cette rive. Ils sont pour ainsi dire mis « sous cloche ». En effet, mis à part les 18 ha de prés salés pâturés, les marais salés sont classés en Z.P.R. (Zone de Protection Renforcée) et aucune activité n'est autorisée hormis les prélèvements scientifiques.

La perspective de cette nouvelle étude permettrait sans doute de contribuer à la mise en place de la meilleure politique de gestion concertée à mener au sein du périmètre de la Réserve, en intégrant les différentes demandes des acteurs locaux (agriculteurs, pêcheurs professionnels, conchyliculteurs, mytiliculteurs, associations de protection de la nature, association locales, *etc.*). Sans doute serait-il même judicieux d'étudier la structuration spatiale de la communauté de poissons à une échelle encore plus grande comme il a pu être fait en Baie du Mont Saint-Michel (Legendre, 1984 ; Laffaille *et al.*, 1999) ainsi que dans le Bassin d'Arcachon (Labourg *et al.*, 1985), ou en estuaire de la Loire (Marchand 1981a; Marchand et Schaan 1995; Parlier et Feunteun 2004), afin de connaître les modalités de structuration du peuplement de poissons colonisateur de telles zones estuariennes le long d'un gradient latitudinale plus important, c'est à dire entre les marais salés intertidaux et la vasière intertidale ou les estrans sableux subtidaux proches.

#### 4.4. Variations temporelles de la structure du peuplement à microéchelle.

La courte durée d'échantillonnage *in situ* (avril - mai 2005), ne permet pas de mettre en évidence des facteurs de variabilité temporelle structurant les populations de poissons de la baie à une échelle mensuelle ou saisonnière. Toutefois, d'autres études menées en Baie du Mont Saint-Michel (Laffaille *et al.*, 2000b) ainsi qu' en Baie de l'Aiguillon (Parlier *et al.*,

soumis), ont révélé que le peuplement piscicole de ces deux baies se structurait en fonction de la saison, comme dans beaucoup de marais salés européens. Il serait judicieux de réitérer le protocole d'échantillonnage, mais cette fois-ci sur un cycle annuelle (12 mois au minimum) afin de peut-être discerner une structuration temporelle de l'ichtyofaune de la Baie de Saint-Brieuc à plus grande échelle de temps (*un travail est en cours d'initiation entre la réserve naturelle de la baie de Saint-brieuc et le Centre de Recherche sur les Ecosystèmes Littoraux type*).

Cependant, une structuration du peuplement a pu être observé à une plus petite échelle, c'est-à-dire de l'étale de haute mer jusqu'à la vidange presque totale des bras de ressuyage sur lesquels s'effectuaient les captures. En effet, les fluctuations à court terme de facteurs abiotiques comme la température de l'eau, la salinité, la concentration en oxygène, la vitesse des courants de marée ainsi que leur direction, font qu'aucune espèce n'est réellement adaptée à ces conditions contraignantes du milieu (Laffaille *et al.*, 2000b), d'où une certaine succession d'espèces au cours des prélèvements. Aucune des espèces de ces écosystèmes n'est adaptée à l'absence d'eau. Certains auteurs ont constaté la présence relictuelle de mulets dans les flaques des chenaux (Parlier 2002; Parlier *et al.* 2006), mais ces observations soulignent le caractère marginal de tels comportements.

D'une manière générale, les jeunes individus (jeunes de l'année et juvéniles) font partie des premiers à quitter le marais. Ils se déplacent en effet avec la masse d'eau. Puis viennent les plus gros individus (adultes et subadultes) qui eux sont dotés d'une nage plus performante. Ils résident ainsi pendant un plus long moment dans le marais. Toutefois, les capacités natatoires des individus ne vont pas être seules responsables de leur temps de résidence dans le marais salé et ses chenaux. En effet, les préférences écologiques de chacune de ces espèces, vont aussi faire varier ce temps de résidence. C'est pourquoi des espèces euryhalines d'origine marine comme le bar vont moins bien supporter les fluctuations à court terme de ces facteurs abiotiques et se retirent dès le début de la marée descendante, écourtant par la même occasion leur temps d'alimentation. En revanche, des espèces amphihalines comme le flet, vont rester s'alimenter pendant une plus longue période. Laffaille (2000) a également mis en évidence cette structuration en baie du Mont Saint-Michel, mais le temps de résidence des bars semblent être plus long.

Par conséquent, les conditions locales (microhabitats) ainsi que les caractéristiques intrinsèques de tolérance des espèces capturées (directement fonction du stade de croissance (écophase) au moment de l'échantillonnage) semblent responsables de la structuration à micro échelle du peuplement piscicole inventorié en Baie de Saint-Brieuc.

## 5. Conclusion.

Cette étude fournit les premières données sur l'ichtyofaune des marais salés de l'anse d'Yffiniac (Baie de Saint-Brieuc, 22). Avec ses 18 espèces appartenant à 14 familles, le peuplement apparaît comme diversifié. De plus, il comporte de nombreuses espèces intéressantes sur le plan halieutique, dont le bar qui correspond à une espèce commercialement exploitable par les pêcheurs professionnels. Les marais salés de l'Anse d'Yffiniac, jouent un rôle crucial dans le développement et le maintien des populations piscicoles côtières. Toutefois, une étude plus approfondie permettrait peut-être de révéler une instabilité du peuplement dans le temps et dans l'espace par des pratiques de gestion mal adaptées. En effet, une gestion souvent orientée vers le maintien de l'avifaune migratrice ou hivernante (Meunier & Joyeux, 2003) ou des activités à caractère patrimonial (pastoralisme) semble mettre en péril la fonction initiale de nourricerie (Laffaille *et al.*, 2000b, Parlier *et al.*, soumis) ainsi que la fonction trophique de tels écosystèmes. Si ces déséquilibres existent et persistent, c'est la totalité des réseaux trophiques des zones littorales qui s'en trouveront altérés. La faune aquatique ne jouant plus son rôle de vecteur biotique, c'est-à-dire n'exportant plus la matière produite *in situ* vers les eaux côtières, c'est le processus d'Outwelling (Odum, 1968) dans sa globalité qui s'en trouvera affecté. Dans le contexte actuel de lutte contre la déprise agricole, l'aménagement des zones portuaires (construction d'un port de Langueux) et le maintien de la biodiversité dans cette région littorale, il semble intéressant et urgent de prendre en compte le patrimoine écologique et le potentiel halieutique que constitue le peuplement piscicole de la Baie de Saint-Brieuc et le rôle de réservoir trophique et/ou de nourricerie de ses marais salés intertidaux.

## 6. Remerciements.

Cette étude a pu être mise en place grâce aux collaborations de la réserve naturelle de la Baie de Saint-Brieuc. Nous tenons à remercier la CABRI ainsi que les personnels de la réserve pour leur aide et leur accueil lors des campagnes de terrain : Justine VIDAL, Jérémy ALLAIN et Alain PONSERO.

## **Chapitre 2 : Evolution des assemblages des espèces de poissons des marais macrotidaux de la baie du Mont Saint-Michel 1998-2003.**

*Impacts de l'invasion biologique par le Chiendent maritime (Elytrigia spp.).*

## **Evolution des assemblages des espèces de poissons des marais macrotidaux de la baie du Mont Saint-Michel 1998-2003 : Impacts de l'invasion biologique par le Chiendent maritime (*Elytrigia* spp.).**

**Emmanuel P. Parlier & Eric Feunteun\*.**

Centre de Recherche sur les Ecosystèmes Littoraux type UMR 6217 CRELA. CNRS–IFREMER–Univ. de La Rochelle. Avenue Michel Crépeau. 17 042 LA ROCHELLE Cedex 02.

\*courriel : [efeunteu@univ-lr.fr](mailto:efeunteu@univ-lr.fr)

### **1. Introduction.**

De par ses particularités tant architecturales que patrimoniales, la baie du Mont Saint-Michel fait l'objet depuis de nombreuses années de mesures de protection visant à préserver le caractère singulier de cet espace. La forte aménité des rivages de cet espace a conduit son classement au patrimoine mondial de l'Humanité par l'UNESCO. De part sa capacité d'accueil des populations ornithologiques migrantes ou hivernantes, une partie de cette baie a également été classée en réserve naturelle.

Outre son rôle d'accueil des populations d'Anatidae, le rôle fonctionnel de la baie du Mont Saint-Michel est également très important pour les populations littorales qui jouissent des fortes productivités et pratiquent des activités conchylicoles intensives (ostréiculture et mytiliculture) et de pêcheries artisanales.

Mais le plus grand marais salés d'un seul tenant de la façade européenne joue également un rôle très important vis-à-vis des populations de poissons en accueillant de très grandes densités de juvéniles de poissons notamment d'espèces euryhalines marines (Laffaille 2000; Parlier 2002; Lefeuvre et al. 2003; Laffaille et al. 2005). Cette fonction de nourricerie est généralement décrite dans ce genre de milieux couplant des zones estuariennes, des vasières littorales et des marais salés. Cependant, en baie du Mont Saint-Michel, un processus d'invasion biologique par le chiendent maritime (*Elytrigia* spp.) semble

remettre en question ce fonctionnement (Bockelmann et Neuhaus 1999; Valery 2001). Alors que dans les successions initiales à Obione (*Atriplex portulacoides*), la fonction de nurricerie est clairement identifiée, dans les zones envahies par le chiendent maritime, elle semble aujourd'hui altérée (Laffaille et al. 2005).

L'objet de cet article est de faire un état des lieux de l'évolution des assemblages des espèces de poissons présents en baie du Mont Saint-Michel entre 1998 et 2003 dans deux zones ayant subi des évolutions différentes. Une approche de type BACI – Before-after control impact – (Underwood 1992) est effectuée afin de qualifier la fonction de nurricerie qui s'exprime dans ces marais salés. Le processus d'invasion par le chiendent a-t-il eu un effet sur l'accueil des peuplements de poissons ainsi que sur la fonction de nurricerie des marais salés intertidaux ? Une comparaison entre deux zones soumises de manière graduelle au processus invasif par le chiendent maritime a été effectuée afin de comprendre comment la modification de la succession originelle des marais maritimes de cette baie peut interagir sur la fonction de nurricerie et sur l'accueil des populations de poissons côtiers qui dépendent de cet espace pour la réalisation de leur cycle biologique.

## **2. Matériel et méthode.**

### ***2.1. Présentation des sites d'étude.***

La singularité des marais salés de la baie du Mont Saint-Michel lui vaut son classement en zone internationale de la convention RAMSAR. La baie du Mont Saint-Michel (43°40'N ; 1°40'W) a fait déjà l'objet de nombreuses études sur son rôle écologique fonctionnel depuis 1979. De nombreuses études ont notamment porté plus récemment sur le rôle de nurricerie des ses marais salés (Laffaille et al. 1998; Laffaille et al. 1999; Laffaille 2000; Laffaille et al. 2001b; Parlier 2002; Parlier et al. 2004a; Parlier et al. 2006). Elle est constituée d'une vaste zone littorale formée par la rencontre de la péninsule Armoricaine et de la presqu'île du Cotentin (Figure 13). Deuxième rang mondial pour son amplitude de marées, le marnage peut atteindre 16 m (Retière 1979). Elle est délimitée par la pointe du Grouin à l'ouest et à l'est par la pointe de Champeaux. Avec une pente d'estran qui ne dépassent pas les 3% (Larsonneur 1989) l'onde arrivant de la Manche ne subit pas de

véritable effet de freinage, ce qui explique la rapidité du flot. Elle présente une zone intertidale de 220 Km<sup>2</sup> avec 180 Km<sup>2</sup> de vasières et 40 Km<sup>2</sup> de marais salés. A marée basse, du fait des profondeurs peu élevées, la mer peut se retirer à plus de 15Km, permettant de découvrir une très importante surface de vase qui représente la moitié de la surface de la baie.

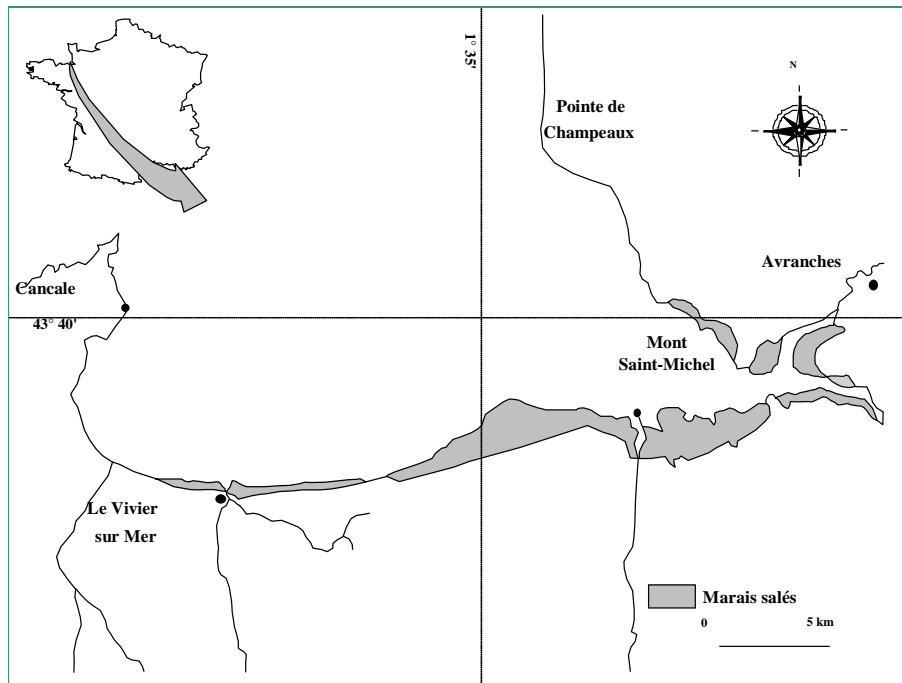


Figure 13 : Présentation de la Baie du Mont Saint-Michel.

Dans la perspective de comparaison entre les données acquises lors des travaux préalables sur la structuration des communautés piscicoles de la baie du Mont Saint-Michel, les sites échantillonnés sont identiques à ceux des précédentes études (Laffaille et al. 1998; Parlier 2002). Le premier site (Figure 14), nommé Tesnière ( $48^{\circ}38'26,67''N$  :  $1^{\circ}33'15,85''W$ ), est situé face au polder Tesnière. Le second, nommé Ponton ( $48^{\circ}38'18,73''N$  :  $1^{\circ}32'29,52''W$ ), est situé quant à lui face au polder Foucault. Ils subissent de lourdes modifications de l'architecture végétale depuis 2000 du fait du processus invasif par le chiendent maritime (Valery 2001).



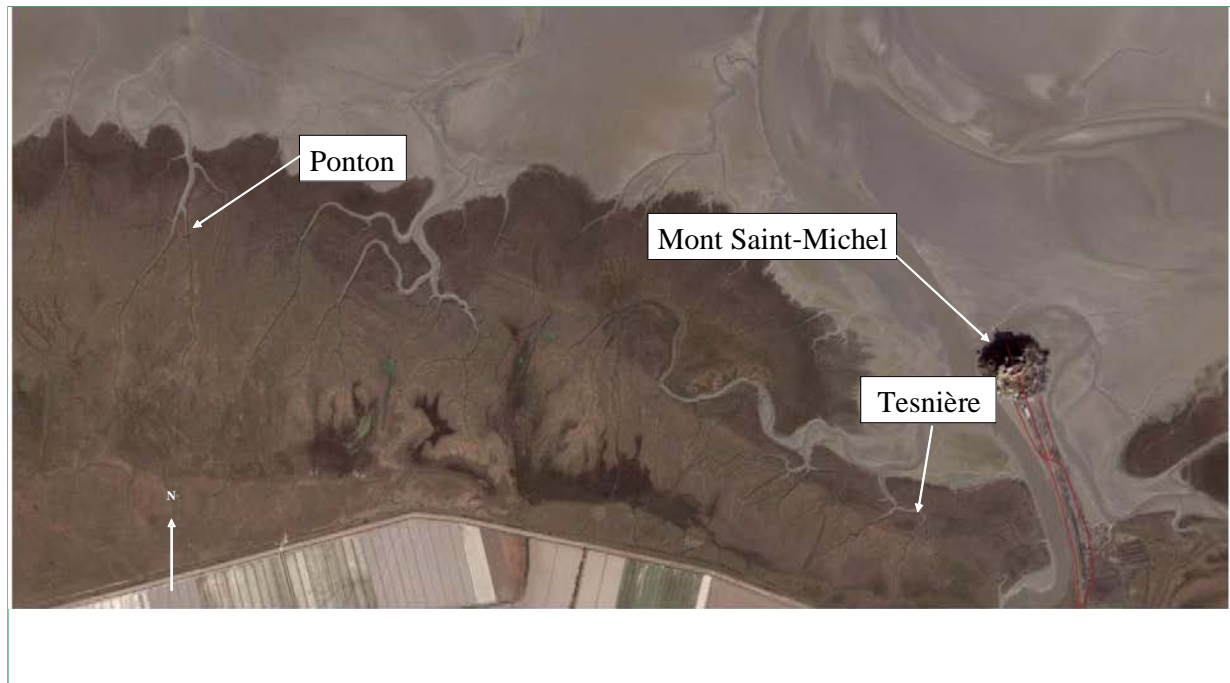


Figure 14 : Sites de prélèvements en Baie du Mont Saint-Michel (source Google earth <sup>TM</sup>)

Le site de Tesnière est situé près l'embouchure de l'estuaire du Couesnon, en face du Mont Saint-Michel. Il forme un pseudo affluent de ce fleuve côtier. La criche étudiée charrie les eaux de ressuyage d'un pseudo bassin versant de 12 ha. Ce site est situé à 7 Km du zéro des cartes marines, et à 2 Km de la digue. Le couvert végétal est passé d'une zone quasi mono spécifique à *Atriplex portulacoïdes* accompagnée de pelouse à *Puccinellia maritima* en position rivulaire le long des berges des criches (1998) à une zone de mélange entre l'Obione et le Chiendent (50/50). Un résidu rivulaire de Puccinellie est encore présent. La profondeur de la criche est d'environ 4 m et de 15 m de large au site de pêche, et la criche a subi de lourdes modifications morphologiques : creusement et élargissement entre 1998 et 2002 (Radureau comm. pers.).

Le second site de pêche (Tableau 9), 'le Ponton', est situé au large du polder Foucault, dans les marais. Cette zone a subi de très lourdes modifications de sa composition floristique jusqu'à n'être plus colonisée à l'heure actuelle que par une végétation quasi mono spécifique à Chiendent, très dense. Il existe encore quelques tâches résiduelles d'Obione. La largeur de la criche est d'environ 8m pour 3m de profondeur. Cette profondeur a diminué ces dernières années du fait de l'effondrement des berges dans le chenal. Les berges présentent quelques tâches de Puccinellie.

**Tableau 9 : Synthèse de l'évolution schématique de la couverture végétale présente sur les deux sites d'études des marais salés de la baie du Mont Saint-Michel entre 1998 et 2003 (Valéry et al. 2004).**

Année	Sites	<i>Atriplex portulacoïdes</i>	<i>Elytrigia spp.</i>	<i>Puccinellia maritima</i>
1998	Ponton	+++	-	++
2002	Ponton	++	++	+
2003	Ponton	+	+++	+
1998	Tesnière	+++	-	++
2002	Tesnière	+++	+	+
2003	Tesnière	+	+++	+

## 2.2. Echantillonnages.

La baie du Mont Saint-Michel a fait l'objet de deux campagnes de prélèvements en 2003, l'une au printemps (juin) et l'autre à la fin de l'été (septembre). Chaque campagne est composée d'une série de trois pêches consécutives pour le site du Ponton et de quatre pêches consécutives pour le site de Tesnière. Les prélèvements sont effectués de manière simultanée sur les deux sites. Ainsi six pêches ont été effectuées sur le site du Ponton et huit sur le site de Tesnière.

Les prélèvements ont été réalisés pour des coefficients supérieurs à 75 (en dessous les criches ne sont pas remplies). Et pour des raisons de sécurité aucune des pêches n'a été réalisée pour des coefficients allant au-delà de 95. Pour des questions de standardisation, les pêches ont été réalisées simultanément sur les deux sites. Les coefficients de revif ont été privilégiés pour l'échantillonnage et le protocole de prélèvements et de traitements des captures (conservation, identification et traitements statistiques) sont identiques à ceux décrits pour la baie de Saint-Brieuc (cf. 2.2)

Les variations temporelles de la structure de la communauté ont été analysées par Classification Ascendante Hiérarchique (coefficient de corrélation de Pearson, lien simple), les valeurs des CPUE ont été transformées en  $\log(x+1)$  comme recommandé par Field *et al.* (1982).

Les pressions d'échantillonnages sont différentes suivant les campagnes. Les données issues de Laffaille (2000) sont la compilation d'une pression pluri-mensuelle d'échantillonnages. Parlier (2002) a effectué deux campagnes de deux pêches par mois entre mars et juin 2002. Cependant, la méthodologie d'échantillonnage et les sites de captures sont identiques.

### 2.3. Evolution des populations échantillonnées.

Afin de caractériser l'évolution de la colonisation des chenaux des marais salés des tests t ont été effectués afin de mettre en évidence des différences significatives et notamment l'évolution des moyennes des CPUE (diminution ou augmentation).

## 3. Résultats.

### 3.1. Description générale du peuplement.

Un total de 11 691 poissons a été capturé lors des campagnes de 2003 pour une biomasse totale de plus de 14 Kg. Aucune espèce du peuplement n'appartient à la classe d'occurrence fréquente (>75%). Deux espèces présentent des fréquences d'occurrence supérieures à 50% (commune), il s'agit du gobie tacheté (71,11%) et du mulot porc (51,11%). Quatre espèces sont occasionnelles. Il s'agit en ordre décroissant du mulot doré (48,89%), du sprat (46,67%), des juvéniles de Clupeidae (33,33%) et du bar (26,67%). L'épinoche et le flet sont présents de manière rare avec respectivement 24,44% et 17,78%. Enfin les autres espèces sont accidentelles : les juvéniles de Mugilidae (4,44%) et 2,22% pour toutes les autres espèces (capturées lors d'un seul trait).

#### 3.1.1. Guildes écologiques (Elie et al. 1990).

Le peuplement de la baie du Mont Saint-Michel est composé de 9 familles et de 16 espèces. 4 espèces appartiennent à la guildes des poissons amphihalins (*A. anguilla*, *L. ramada*, *Mugil sp.* et *P. flesus*). 6 espèces sont euryhalines marines (*S. sprattus*, *C. harengus* et *Clupea sp.*, *D. labrax*, *L. aurata* et *B. belone*). Quatre espèces résidentes ont été capturées, il s'agit des gobies du genre *Pomatoschistus sp.* : *P. lozanoï*, *P. microps* et *P. minutus*, et de l'épinoche (*G. aculeatus*). Enfin deux espèces sténohalines ont été recensées (*A. tobianus* et *T. draco*).

**Tableau 10: Composition du peuplement piscicole de la baie du Mont Saint-Michel capturé en 2003. % N : abondance numérique relative ; % B : abondance pondérale relative ; % FO : Fréquence d'occurrence par trait.**

Guildes écologiques	Genre espèce	Nom commun	N	%N	B en g	%B	%FO	Classes d'occurrence
Amphihaline	<i>Anguilla anguilla</i>	Anguille	1	0,01	1,54	0,01	2,22	Accidentelle
	<i>Liza ramada</i>	Mulet porc	2687	22,98	10 481,01	74,32	51,11	Commune
	<i>Mugil sp.</i>	Juveniles de Mugilidae	9	0,08	0,99	0,01	4,44	Accidentelle
	<i>Platichthys flesus</i>	Flet	21	0,18	8,19	0,06	17,78	Rare
Euryhaline	<i>Saint-Nazaire belone</i>	Orphie	1	0,01	0,10	0,00	2,22	Accidentelle
	<i>Clupea harengus</i>	Hareng	1	0,01	6,85	0,05	2,22	Accidentelle
	<i>Clupea sp.</i>	Juveniles de Clupeidae	1 178	10,08	114,35	0,81	33,33	Occasionnelle
	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Bar	97	0,83	30,67	0,22	26,67	Occasionnelle
	<i>Liza aurata</i>	Mulet doré	496	4,24	2 271,95	16,11	48,89	Occasionnelle
	<i>Sprattus sprattus</i>	Sprat	313	2,68	214,93	1,52	46,67	Occasionnelle
Résidente	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Épinoche	36	0,31	4,63	0,03	24,44	Rare
	<i>Pomatoschistus lozanoi</i>	Gobie rouillé	1	0,01	0,94	0,01	2,22	Accidentelle
	<i>Pomatoschistus microps</i>	Gobie tacheté	6 846	58,56	966,05	6,85	71,11	Commune
	<i>Pomatoschistus minutus</i>	Gobie des sables	1	0,01	0,34	0,00	2,22	Accidentelle
Sténohaline	<i>Ammodytes tobianus</i>	Lançon	2	0,02	0,38	0,00	2,22	Accidentelle
	<i>Trachinus draco</i>	Vive	1	0,01	0,04	0,00	2,22	Accidentelle
<b>Totaux</b>			11 691		14 102,96			

### 3.1.2. Structuration des effectifs et de la biomasse.

Le peuplement est dominé largement par les gobies tachetés (58,56%). Avec près d'un quart du peuplement on retrouve ensuite les mulets porcs (22,98%), puis les juvéniles de Clupeidae (10,08%). Viennent ensuite les mulets dorés avec 4,24% puis les sprats avec 2,68%. Les 1,5% des effectifs restants se répartissent sur les autres espèces.

Au niveau de la répartition des biomasses globales, les mulets représentent plus de 90% respectivement 74,32% pour *L. ramada* et 16,11% pour *L. aurata*. Les gobies tachetés cumulent 6,85% de la biomasse de poissons capturées. Les sprats arrivent ensuite avec 1,52%. Les juvéniles de Clupeidae (0,81%) et les bars (0,22%) représentent la majeure partie des faibles biomasses restantes. Les quelques 0,15% restants se répartissent sur l'anguille, les juvéniles de Mugilidae, le flet, le hareng, l'épinoche, l'orphie, le gobie rouillé, la vive et le lançon.

### 3.1.3. Structure démographique globale.

L'observation des tailles moyennes des poissons capturés (Tableau 10) indique chez de nombreuses espèces la présence de stades jeunes (YoY). Ainsi, outre les juvéniles de Clupeidae et de Mugilidae, d'autres genres présentent également de fortes proportions de juvéniles. C'est le cas du sprat, du bar, de l'orphie, de la vive et du lançon, mais aussi du flet de l'anguille (civelle ou anguilette).

Le Tableau 11 indique le pourcentage de YoY présents chez chaque espèce lors des échantillonnages de 2003. Hormis les mullets porcs (77,67%) et dorés (83,29%), le gobie tacheté (35,16%) et l'épinoche (91,60%) qui sont présents à la fois aux stades adultes et juvéniles, les autres espèces présentent une dissymétrie de colonisation. Les gobies des sables et de Lozanoï ne sont présents qu'au stade adulte. Alors que toutes les autres espèces ne sont présentes qu'au stade YoY.

**Tableau 11 : Tailles des différentes espèces du peuplement piscicole de la baie du Mont Saint-Michel capturé en 2003 : Longueur totale en mm (LT).**

Guildes	Familles	Genre espèce	LT				N
			Moyenne	écart-type	Min.	Max.	
Amphihaline	Anguillidae	<i>A. anguilla</i> (L.)	107,0	-	107	107	1
	Mugilidae	<i>L. ramada</i> (L.)	68,7	64,07	21	510	2687
	Mugilidae	<i>Mugil sp.</i>	22,8	7,79	14	34	9
	Pleuronectidae	<i>P. flesus</i> (L.)	26,9	9,95	12	50	21
Euryhaline	Belonidae	<i>B. belone</i> (L.)	50,0	-	50	50	1
	Clupeidae	<i>S. sprattus</i> (L.)	45,2	9,90	23	74	313
	Clupeidae	<i>C. harengus</i> (L.)	105,0	-	105	105	1
	Clupeidae	<i>Clupea sp.</i>	30,9	4,46	17	47	1178
	Mugilidae	<i>L. aurata</i> (Risso)	57,2	33,94	25	206	496
	Serranidae	<i>D. labrax</i> (L.)	23,7	12,27	14	90	97
Résidente	Gasterosteidae	<i>G aculeatus</i> (L.)	25,7	3,57	20	37	36
	Gobiidae	<i>P. lozanoï</i> (de Buen)	46,0	-	46	46	1
	Gobiidae	<i>P. microps</i> (Kroyer)	22,9	8,67	6	51	6846
	Gobiidae	<i>P. minutus</i> (Pallas)	32,0	-	32	32	1
Sténohaline	Ammonitydae	<i>A. tobianus</i> (L.)	43,5	2,12	42	45	2
	Trachinidae	<i>T. draco</i> (L.)	16,0	-	16	16	1

**Tableau 12 : Pourcentages de juvéniles (Groupe G0) rencontrés pendant la campagne de prélèvements en baie du Mont Saint-Michel en 2003.**

Guildes	Genre espèce	% de G0	N	Guildes	Genre espèce	% de G0	N
Amphihaline	<i>Anguilla anguilla</i>	100	1	Euryhaline	<i>Saint-Nazaire belone</i>	100	1
	<i>Mugil sp.</i>	100	9		<i>Clupea harengus</i>	100	1
	<i>Liza ramada</i>	77,67	2687		<i>Clupea sp.</i>	100	1178
	<i>Platichthys flesus</i>	100	21		<i>Dicentrarchus labrax</i>	100	97
Résidente	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	91,6	36	<i>Liza aurata</i>	83,29	496	
	<i>Pomatoschistus lozanoi</i>	-	1	<i>Sprattus sprattus</i>	100	313	
	<i>Pomatoschistus microps</i>	35,16	6846	Sténohaline	<i>Ammodytes tobianus</i>	100	2
	<i>Pomatoschistus minutus</i>	-	1		<i>Trachinus draco</i>	100	1

### 3.2. Variations saisonnières du peuplement piscicole.

#### 3.2.1. Site du Polder Foucault, Le Ponton.

Les CPUE aussi bien numériques que pondérales totales sont plus importantes en septembre qu'en juin (Tableau 13) : pour les CPUE numériques 2,69 ind/min vs 9,64 ind/min et pour les CPUE pondérales 0,84 g/min vs 7,25 g/min. 9 espèces sont présentes en juin et 7 en septembre.

On note une forte dominance des gobies tachetés (2,09 ind/min) en juin et en septembre (9,44 ind/min). Ils représentent près de 80% des CPUE numériques capturés en juin et plus de 97% en septembre.

Le mulot porc représente la seconde espèce la plus présente en juin avec 0,27 ind/min. Les autres espèces se partagent le reste du total avec moins de 0,25 ind/min (voire moins de 0,01 ind/min pour certaines espèces comme l'épinoche). En septembre, hormis le gobie tacheté, les Mugilidae cumulent 0,17 ind/min.

**Tableau 13 : Abondances numériques et pondérales (CPUE en ind/min ou en g/min) du peuplement piscicole échantillonné en baie du Mont Saint-Michel lors des campagnes de 2003 sur le site du Ponton.**

Espèces	PONTON JUIN				PONTON SEPTEMBRE			
	CPUE Numériques		CPUE Pondérales		CPUE Numériques		CPUE Pondérales	
	Moyenne	écart type	Moyenne	écart type	Moyenne	écart type	Moyenne	écart type
<i>Ammodytes tobianus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Anguilla anguilla</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Saint-Nazaire belone</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Clupea harengus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Clupea sp.</i>	0,14	0,21	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
<i>Dicentrarchus labrax</i>	0,02	0,01	0,00	0,00	-	-	-	-
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
<i>Liza aurata</i>	0,27	0,41	0,65	1,08	0,07	0,11	2,24	3,71
<i>Liza ramada</i>	0,03	0,01	0,01	0,00	0,06	0,05	3,59	6,04
<i>Mugil sp.</i>	-	-	-	-	0,04	0,06	0,00	0,01
<i>Platichthys flesus</i>	0,05	0,07	0,02	0,02	-	-	-	-
<i>Pomatoschistus lozanoi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pomatoschistus microps</i>	2,09	2,02	0,14	0,22	9,44	6,09	1,40	1,16
<i>Pomatoschistus minutus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sprattus sprattus</i>	0,09	0,14	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
<i>Trachinus draco</i>	0,00	0,01	0,00	0,00	-	-	-	-
<b>Somme</b>	<b>2,69</b>		<b>0,84</b>		<b>9,64</b>		<b>7,25</b>	

Du point de vue pondéral, les mullets porcs représentent la plus grande part de la biomasse (77%) avec en juin 0,65 g/min. Ils sont suivis par les gobies tachetés avec 0,14 g/min. En septembre, la répartition est un peu différente avec la présence de gros individus de *Liza ramada* et de *Liza aurata*. Ces taxons présentent alors des abondances pondérales respectives de 3,59 g/min et de 2,24 g/min. Ces deux espèces amphihalines cumulent à elles seules plus de 80% de l'abondance pondérale. Ensuite, près de 20% de cette abondance pondérale est due aux gobies tachetés résidents (1,40 g/min) malgré la faible biomasse de chaque individu.

### 3.2.2. Site du Polder Tesnière.

Sur ce second site situé plus près du Couesnon et du Mont Saint-Michel, le peuplement piscicole présente une même variation saisonnière que sur le site du Ponton (Tableau 14), avec de plus fortes abondances numériques et pondérales en septembre : pratiquement le double en terme de CPUE numériques (11,75 ind/min vs 16,66 ind/min) et près du quadruple en terme de CPUE pondérales (7,94 g/min vs 31,08 g/min)). Onze espèces sont présentes en juin et 9 en septembre.

**Tableau 14 : Abondances numériques et pondérales (CPUE en ind/min ou en g/min) du peuplement piscicole échantillonné en baie du Mont Saint-Michel lors des campagnes de 2003 sur le site de Tesnière.**

Espèces	TESNIERE JUIN				TESNIERE SEPTEMBRE			
	CPUE Numériques		CPUE Pondérales		CPUE Numériques		CPUE Pondérales	
	Moyenne	écart type	Moyenne	écart type	Moyenne	écart type	Moyenne	écart type
<i>Ammodytes tobianus</i>	0,01	0,01	0,00	0,00	-	-	-	-
<i>Anguilla anguilla</i>	0,00	0,01	0,01	0,01	-	-	-	-
<i>Saint-Nazaire belone</i>	-	-	-	-	0,00	0,01	0,00	0,00
<i>Clupea harengus</i>	-	-	-	-	0,00	0,01	0,02	0,04
<i>Clupea sp.</i>	3,62	5,97	0,35	0,60	0,00	0,01	0,00	0,00
<i>Dicentrarchus labrax</i>	0,29	0,33	0,03	0,03	0,02	0,01	0,07	0,07
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	0,11	0,08	0,01	0,01	-	-	-	-
<i>Liza aurata</i>	1,16	0,76	3,46	5,10	0,13	0,12	1,60	2,10
<i>Liza ramada</i>	4,29	4,14	3,52	3,05	4,15	5,50	27,25	30,23
<i>Mugil sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Platichthys flesus</i>	0,03	0,05	0,01	0,03	-	-	-	-
<i>Pomatoschistus lozanoi</i>	0,00	0,01	0,00	0,01	-	-	-	-
<i>Pomatoschistus microps</i>	1,74	2,03	0,11	0,14	11,99	14,10	1,89	2,31
<i>Pomatoschistus minutus</i>	-	-	-	-	0,00	0,01	0,00	0,00
<i>Sprattus sprattus</i>	0,50	0,81	0,44	0,67	0,35	0,68	0,24	0,39
<i>Trachinus draco</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Somme</b>	<b>11,75</b>		<b>7,94</b>		<b>16,66</b>		<b>31,08</b>	

Du point de vue numérique, le mulot porc représente en juin la plus forte abondance numérique avec 4,29 ind/min ; viennent ensuite les juvéniles de Clupeidae (3,62 ind/min) puis les gobies tachetés (1,74 ind/min). Les mulots dorés arrivent après avec un peu plus d'un ind/min (1,16 ind/min). Les sprats et les bars présentent des abondances numériques respectives de 0,50 ind/min et de 0,29 ind/min. En septembre en revanche, les gobies tachetés représentent la quasi-totalité des CPUE numériques avec près de 12 ind/min. Les mulots porcs arrivent ensuite avec 4,15 ind/min.

En ce qui concerne les valeurs des CPUE pondérales, pour le mois de juin, les espèces de mulots représentent la plus grande partie des captures avec respectivement 3,52 g/min pour les mulots porcs et 3,46 g/min pour les mulots dorés. Les Clupeidae (*ie* les juvéniles de Clupeidae et le sprat) arrivent ensuite (avec 0,35 g/min et 0,44 g/min). En septembre, le même schéma se reproduit, mais les écarts sont plus importants. Les Mulots porcs sont présents avec la quasi-totalité des biomasses (27,25 g/min pour un total de 31,08 g/min). Les mulots dorés peuvent s'ajouter à cela avec une valeur de 1,6 g/min. Mais en septembre les Clupeidae sont moins présents (seulement les sprats) avec une valeur de 0,24 g/min. Les



gobies tachetés malgré leur faible biomasse individuelle présentent tout de même une abondance pondérale non négligeable avec 1,89 g/min.

### 3.3. Variations interannuelles.

#### 3.3.1. *Le site du Ponton.*

En 1998, 12 espèces sont rencontrées (Tableau 15 & Tableau 16). D'une part, les abondances numériques (somme = 25,40 ind/min) sont dominées par deux groupes. Les gobies du genre *Pomatoschistus* : le gobie des sables (11,40 ind/min) et le gobie rouillé (2,80 ind/min) ; et les Mugilidae : les juvéniles de Mugilidae (7,70 ind/min) et *L. ramada* (1,90 ind/min). Les autres espèces sont présentes mais en bien moins grandes importances. D'autre part les abondances pondérales (somme = 1 631,01 g/min) indiquent une forte dominance des mulets porcs adultes (1 559,3 g/min). *Mugil sp.* représente 66,90 g/min. les deux espèces de gobies précédemment décrites cumulent près de 9 g/min, avec respectivement 6,10 g/min pour le gobie rouillé et 2,60 g/min pour le gobie des sables.

En 2002, 13 espèces ont été capturées. Les abondances numériques sont moindres qu'en 1998 avec 3,15 ind/min au total. Elles sont dominées par *L. ramada* (1,40 ind/min) puis secondairement par quatre espèces : *Clupea sp.* (0,30 ind/min), *L. aurata* (0,35 ind/min), *P. microps* (0,39 ind/min) et *P. minutus* (0,36 ind/min). Ensuite du point de vue biomasse, les valeurs sont quasiment 300 fois moins importantes qu'en 1998 (1 636,01 g/min vs 5,25 g/min). Là encore, ce sont les mulets porcs qui dominent le peuplement (2,79 g/min) accompagnés des mulets dorés (1,06 g/min). Les bars complètent le trio de tête avec 0,80 g/min.

En 2003, seulement 10 espèces de poissons ont été comptabilisées durant la campagne. Du point de vue effectif, on observe une somme deux fois supérieures aux valeurs de l'année précédente (3,15 ind/min vs 6,17 ind/min). Cette année là, le peuplement est dominé par les gobies tachetés (5,77 ind/min) puis par les mulets dorés (0,17 ind/min). Les abondances pondérales sont moindres que l'année précédente (4,05 g/min vs 5,25 g/min). Et elles sont dominées par les mulets (*L. ramada* 1,80 g/min et *L. aurata* 1,44 g/min) puis par les gobies des sables (0,77 g/min).

Chapitre 2 : Evolution des assemblages des espèces de poissons des marais macrotidaux de la baie du Mont Saint-Michel 1998-2003.

**Tableau 15 : CPUE moyennes par pêches effectuées sur le site du Ponton en baie du Mont Saint-Michel lors des campagnes de 1998 (Laffaille 2000), 2002 (Parlier 2002) et 2003 (cette étude). Les CPUE sont exprimées en effectif par minute et par espèce (numérique) ou en grammes de poisson par minute (pondérale) pour les trois années prises en comptes.**

Genre espèces	CPUE numériques						CPUE pondérales					
	Ponton 1998		Ponton 2002		Ponton 2003		Ponton 1998		Ponton 2002		Ponton 2003	
	moyenne	ecartype	moyenne	ecartype	moyenne	ecartype	moyenne	ecartype	moyenne	ecartype	moyenne	ecartype
<i>Ammodytes tobianus</i>	0,20	0,60	-	-	-	-	0,00	0,10	-	-	-	-
<i>Anguilla anguilla</i>	0,10	-	-	-	-	-	0,00	0,10	-	-	-	-
<i>Aphia minuta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Atherina presbyter</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Saint-Nazaire belone</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Clupea harengus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Clupea sp.</i>	-	-	0,30	0,66	0,08	0,15	-	-	0,02	0,03	0,01	0,01
<i>Crystallogobius linearis</i>	-	-	0,00	0,01	-	-	-	-	0,00	0,01	-	-
<i>Dicentrarchus labrax</i>	0,70	0,20	0,09	0,11	0,01	0,01	0,90	1,20	0,80	1,66	0,00	0,00
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	0,10	0,10	0,11	0,18	0,01	0,01	0,10	0,20	0,03	0,05	0,00	0,00
<i>Liza aurata</i>	-	-	0,35	0,21	0,17	0,29	-	-	1,06	1,48	1,44	2,59
<i>Liza ramada</i>	1,90	3,40	1,40	0,96	0,04	0,03	1 559,30	2 862,60	2,79	3,88	1,80	4,30
<i>Mugil sp.</i>	7,70	8,80	0,07	0,18	0,02	0,04	66,90	96,20	0,06	0,15	0,00	0,01
<i>Platichthys flesus</i>	-	-	-	-	0,02	0,05	-	-	-	-	0,01	0,01
<i>Pleuronectes platessa</i>	0,00	0,00	-	-	-	-	0,00	0,00	-	-	-	-
<i>Pleuronectidae</i>	-	-	0,04	0,05	-	-	-	-	0,01	0,02	-	-
<i>Pomatoschistus lozanoi</i>	2,80	2,90	0,04	0,11	-	-	2,60	3,00	0,02	0,04	-	-
<i>Pomatoschistus microps</i>	0,00	0,00	0,39	0,92	5,77	5,72	0,00	0,00	0,26	0,57	0,77	1,02
<i>Pomatoschistus minutus</i>	11,40	13,90	0,36	0,60	-	-	6,10	7,00	0,20	0,34	-	-
<i>Salmo salar</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sardina pilchardus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sprattus sprattus</i>	0,30	0,70	0,00	0,01	0,05	0,10	0,10	0,10	-	-	0,01	0,01
<i>Syngnathus rostellatus</i>	0,20	0,20	0,00	0,01	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
<i>Trachinus draco</i>	-	-	-	-	0,00	0,00	-	-	-	-	0,00	0,00
<i>Trisopterus luscus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	25,40		3,15		6,17		1 636,01		5,25		4,05	

Chapitre 2 : Evolution des assemblages des espèces de poissons des marais macrotidaux de la baie du Mont Saint-Michel 1998-2003.

**Tableau 16 : CPUE moyennes par pêches effectuées sur le site de Tesnière en baie du Mont Saint-Michel lors des campagnes de 1998 (Laffaille, 2000), 2002 (Parlier, 2002) et 2003 (cette étude). Les CPUE sont exprimées en effectif par minute et par espèce (numérique) ou en grammes de poisson par minute (pondérale) pour les trois années prises en comptes.**

Genre espèces	CPUE numériques						CPUE pondérales					
	Tesnière 1998		Tesnière 2002		Tesnière 2003		Tesnière 1998		Tesnière 2002		Tesnière 2003	
	moyenne	ecartype	moyenne	ecartype	moyenne	ecartype	moyenne	ecartype	moyenne	ecartype	moyenne	ecartype
<i>Ammodytes tobianus</i>	0,00	0,00	-	-	0,00	0,01	0,00	0,00	-	-	0,00	0,00
<i>Anguilla anguilla</i>	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	0,00	0,10	0,00	0,01
<i>Aphia minuta</i>	0,00	0,00	-	-	-	-	0,00	0,00	-	-	-	-
<i>Atherina presbyter</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	0,00	0,00	-	-
<i>Saint-Nazaire belone</i>	-	-	-	-	0,00	0,00	-	-	-	-	0,00	0,00
<i>Clupea harengus</i>	0,00	0,01	-	-	0,00	0,00	0,10	0,20	-	-	0,01	0,03
<i>Clupea sp.</i>	-	-	3,60	4,30	1,81	4,36	-	-	0,60	0,60	0,18	0,43
<i>Crystallogobius linearis</i>	-	-	0,00	0,00	-	-	-	-	0,00	0,00	-	-
<i>Dicentrarchus labrax</i>	0,10	0,10	0,40	0,70	0,15	0,26	0,10	0,10	0,30	0,50	0,05	0,06
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	0,30	0,30	0,10	0,20	0,05	0,08	0,30	0,60	0,00	0,10	0,01	0,01
<i>Liza aurata</i>	-	-	0,70	0,60	0,65	0,74	-	-	2,70	2,10	2,53	3,75
<i>Liza ramada</i>	0,10	0,10	1,40	1,70	4,22	4,51	58,30	85,10	0,10	1,00	15,38	23,59
<i>Mugil sp.</i>	7,30	8,90	3,60	5,00	-	-	6,30	7,70	2,40	4,80	-	-
<i>Platichthys flesus</i>	-	-	-	-	0,02	0,04	-	-	-	-	0,01	0,02
<i>Pleuronectes platessa</i>	0,00	0,00	-	-	-	-	0,00	0,00	-	-	-	-
<i>Pleuronectidae</i>	-	-	0,00	0,00	-	-	-	-	0,00	0,00	-	-
<i>Pomatoschistus lozanoi</i>	5,80	4,00	0,30	0,70	0,00	0,00	3,50	3,00	0,20	0,40	0,00	0,00
<i>Pomatoschistus microps</i>	0,00	0,10	0,00	0,00	6,87	10,82	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,79
<i>Pomatoschistus minutus</i>	12,40	10,80	0,10	0,10	0,00	0,00	10,00	9,70	0,10	0,10	0,00	0,00
<i>Salmo salar</i>	-	-	0,00	0,00	-	-	-	-	0,00	0,00	-	-
<i>Sardina pilchardus</i>	-	-	0,10	0,30	-	-	-	-	0,10	0,20	-	-
<i>Sprattus sprattus</i>	3,20	5,50	0,00	0,00	0,43	0,70	0,60	1,30	0,00	0,00	0,34	0,52
<i>Syngnathus rostellatus</i>	0,20	0,20	0,00	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
<i>Trachinus draco</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trisopterus luscus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	29,41		10,31		14,21		79,20		6,50		19,51	

### 3.3.2. *Le site de Tesnière.*

14 espèces ont été répertoriées sur le site de Tesnière en 1998. D'une part, les abondances numériques (29,41 ind/min) sont dominées par les gobies : 12,40 ind/min pour le gobie des sables et 5,80 ind/min pour le gobie rouillé. Les juvéniles de Mugilidae arrivent ensuite avec 7,30 ind/min et ils sont suivis des sprats (3,20 ind/min). D'autre part, la répartition des abondances pondérales (79,20 g/min) révèlent une dominance très nette des mullets (le mullet porc, 58,30 g/min et 6,30 g/min pour les juvéniles de Mugilidae) puis de manière moins marquée par les gobies (10,00 g/min pour le gobie des sables et 3,50 g/min pour le gobie rouillé).

En 2002, les abondances numériques sont moindres (10,31 ind/min). 17 espèces sont répertoriées sur le site de Tesnière. Ces abondances sont dominées par les juvéniles de Clupeidae (3,60 ind/min) et les juvéniles de Mugilidae (3,60 ind/min). Arrivent ensuite les mullets porcs (1,40 ind/min). En analysant la répartition des abondances pondérales on constate, de même, qu'elles sont moins importantes que lors de la campagne précédente (6,50 g/min vs 79,20 g/min). Ces abondances sont dominées de manière extrêmement nette par les mullets (2,40 g/min pour les mules dorés et 2,70 g/min pour les juvéniles de Mugilidae). Secondairement on retrouve les juvéniles de Clupeidae (0,60 g/min) et les bars (0,30 g/min).

En 2003, les abondances numériques avoisinent les 14,5 ind/min. On retrouve 14 espèces sur ce site et les abondances numériques sont dominées par les gobies des sables (6,87 ind/min), puis par les mullets porcs (4,22 ind/min) et enfin par les juvéniles de Clupeidae (1,81 ind/min), les mullets dorés (0,65 ind/min) et les sprat (0,43 ind/min). Les abondances pondérales sont égales à 19,51 g/min. Cette valeur se décompose en 15,58 g/min pour les mullets porcs, 2,53 g/min pour les mullets dorés et 1,00 g/min pour les gobies tachetés. Les autres espèces se partageant les 0,60 g/min restant.

### 3.4. Evolution de la composition globale du peuplement des deux sites depuis le processus invasif par le Chiendent.

L'analyse de l'évolution pluriannuelle des abondances numériques (Figure 15) et pondérales (Figure 16) tend à indiquer un processus de modification de la structuration de l'assemblage du peuplement de poissons colonisant les marais salés de la baie du Mont Saint-michel. On constate (d'un point de vue numérique aussi bien que pondéral) que des changements se sont opérés entre 1998 et 2003.

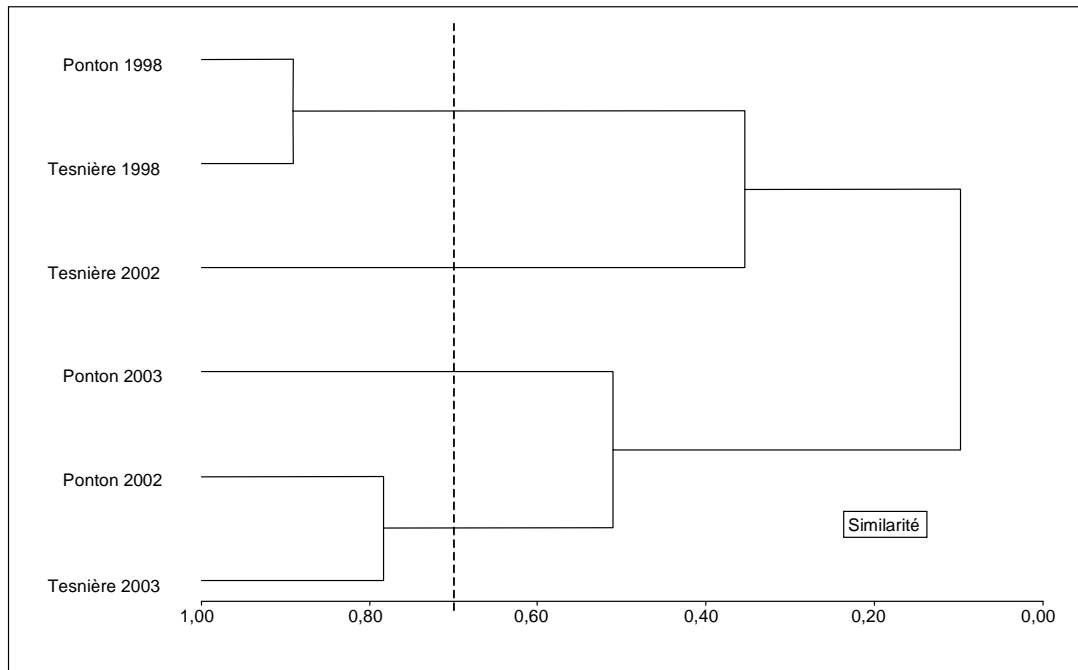
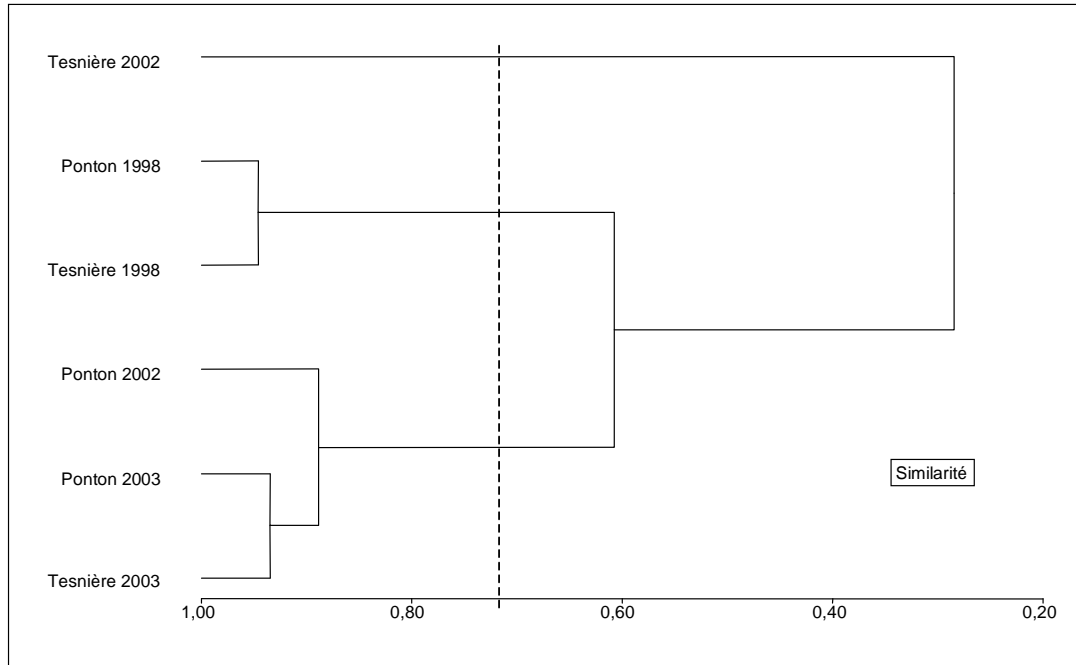


Figure 15 : Variations temporelles de la composition numérique des assemblages de poissons. Classification Ascendante Hiérarchique (coefficient de corrélation de Pearson, lien simple) des CPUE numériques des espèces de poissons échantillonnées lors des campagnes de prélèvements en baie du Mont Saint-Michel en 1998 (Laffaille 2000), 2002 (Parlier 2002) et 2003 (cette étude). Les CPUE sont transformées en Log (X+1) comme recommandé par Field *et al.* (1982).



**Figure 16 : Variations temporelles de la composition pondérale des assemblages de poissons. Classification Ascendante Hiérarchique (coefficient de corrélation de Pearson, lien simple) des CPUE pondérales des espèces de poissons échantillonnées lors des campagnes de prélèvements en baie du Mont Saint-Michel en 1998 (Laffaille 2000), 2002 (Parlier 2002) et 2003 (cette étude). Les CPUE sont transformées en Log (X+1) comme recommandé par Field *et al.* (1982).**

Il est ainsi possible de constater une très grande différence entre les campagnes de 1998 et de 2003. Les campagnes de 2002 se répartissent entre les deux branches de ce dendrogramme.

D'un point de vue numérique, on assiste à un glissement différentiel d'un peuplement abondant et possédant de fortes abondances pour plusieurs espèces à un peuplement moins abondant et dominé par les espèces résidentes comme le gobie et les espèces amphihalines les plus adaptées à la colonisation des criches (*ie L. ramada*). Ainsi, alors que le peuplement est très similaire en 1998 entre les deux sites échantillonnés, ce n'est plus le cas en 2002. En 2003, il est intéressant de noter que le site du Ponton est encore différent de celui de Tesnière. Cependant, ce dernier est très comparable à celui du Ponton de 2002. Il semble se dessiner un effet retard de la modification de ce peuplement, une sorte de glissement vers un peuplement peu diversifié et peu abondant.

D'un point de vue pondéral, le processus est quasiment identique. Les échantillonnages de 1998 et de 2003 sont très similaires entre les deux sites (Plus de 95% de similitude) mais différents entre les deux années d'étude (60% de similitude). Comme pour les CPUE numériques, les sites échantillonnés en 2002 se répartissent entre ces deux lots. Le

site du Ponton 2002 présente un peuplement très similaire à ceux rencontrés en 2003. En revanche, le site de Tesnière en 2002 est extrêmement singulier, puisqu'il ne possède que 10% de similarité avec les autres sites. Les faibles biomasses capturées (6,50 g/min) ainsi qu'une forte proportion de juvéniles de Clupeidae et de mulets dorés semblent discriminer cette campagne.

L'analyse des C.A.H. révèle donc une modification profonde de la structuration des assemblages piscicoles présents dans les marais salés de la baie du Mont Saint-Michel. Mais ces modifications doivent être pondérées dans leur interprétation par les pressions d'échantillonnages exercées suivant les campagnes.

### *3.5. Evolution de l'abondance de certaines espèces composant le peuplement de poissons.*

L'évolution de la fréquentation des espèces de poissons fréquentant les criches des marais salés de la baie du Mont Saint-Michel a été analysée. Une partie des espèces ne présentent pas de fluctuations de la fréquentation. Il s'agit de l'épinoche sur les deux sites et du bar mais exclusivement sur le site de Tesnière. Cette espèce régresse sur l'autre site.

Certaines espèces du fait de leurs très faibles abondances n'ont pas autorisé la prise de décision diagnostic quant à l'évolution de leurs abondances. Il s'agit de l'anguille, du flet, des juvéniles de Clupeidae sur le site du Ponton et des deux espèces sténohalines (*A. tobianus* et *T. draco*).

D'autres espèces présentent une diminution claire depuis 1998 : pour le site du Ponton, le mullet porc et le mullet doré, les juvéniles de Mugilidae, le sprat, le gobie tacheté, le gobie buhotte et le bar franc. Pour le site de Tesnière deux espèces présentent cette évolution il s'agit des juvéniles de Clupeidae et du gobie buhotte.

Une autre évolution des abondances numériques a également été observée avec une augmentation régulière. Sur le site du Ponton, le gobie tacheté présente une augmentation régulière de la colonisation des criches. Cette espèce suit la même évolution de fréquentation sur le site de Tesnière. Sur ce site, le mullet porc et le mullet doré présentent la même évolution de fréquentation.

Enfin le sprat présente une évolution très fluctuante de la fréquentation sur le site de Tesnière. L'évolution de ces abondances ne permet pas de conclure quant à la tendance de fréquentation.

**Tableau 17 : Diagnostic de l'évolution de l'abondance de certaines espèces de poissons présentes lors des échantillonnages en baie du Mont Saint-Michel entre 1998 et 2003 issu des comparaisons des CPUE numériques calculées pour les différentes espèces.**

Guildes	Familles	Genre espèce	Diagnostic	
			Ponton	Tesnière
Amphihaline	Anguillidae	<i>A. anguilla</i> (L.)	Accidentelle	Accidentelle
	Mugilidae	<i>L. ramada</i> (L.)	Diminution	<b>Augmentation</b>
	Mugilidae	<i>Mugil</i> sp.	Diminution	-
	Pleuronectidae	<i>P. flesus</i> (L.)	Accidentelle	Accidentelle
Euryhaline	Clupeidae	<i>S. sprattus</i> (L.)	Diminution	<u>Grandes fluctuations</u>
	Clupeidae	<i>Clupea</i> sp.	Accidentelle	Diminution
	Mugilidae	<i>L. aurata</i> (Risso)	Diminution	<b>Augmentation</b>
	Serranidae	<i>D. labrax</i> (L.)	Diminution	Stabilité
	Gasterosteidae	<i>G aculeatus</i> (L.)	Stabilité	Stabilité
Résidente	Gobiidae	<i>P. microps</i> (Kroyer)	<b>Augmentation</b>	<b>Augmentation</b>
	Gobiidae	<i>P. minutus</i> (Pallas)	Diminution	Diminution
Sténohaline	Ammonitydae	<i>A. tobianus</i> (L.)	Accidentelle	Accidentelle
	Trachinidae	<i>T. draco</i> (L.)	Accidentelle	Accidentelle

#### 4. Discussion.

Parmi les 16 espèces qui colonisent les marais salés de la baie du Mont Saint-Michel (11 691 individus pour 14 Kg) aucune espèce n'est présente de manière fréquente. Ces espèces se regroupent dans 9 familles. Quatre espèces sont amphihalines, 6 euryhalines, 4 résidentes et 2 sténohalines. Aucune espèce dulçaquicole n'a été échantillonnée durant ces campagnes.

La baie du Mont Saint-Michel subit depuis plusieurs années un processus d'invasion biologique par le Chiendent maritime (*Elytrigia spp.*) qui induit une modification de l'architecture végétale (Valery 2001). Ces modifications de l'architecture végétale (Tableau 9) sont connues pour altérer la fonction de nourricerie de ces systèmes macrotidaux qui ne sont accessibles que lors des marées hautes de vives eaux. Ainsi la modification des régimes du gobie des sables et des bars de l'année (G0) a été mise en évidence en 2002 (Laffaille et al. 2005). Dans une étude plus générale, Parlier (2002) indique que des modifications de la composition de l'assemblage piscicole tendent à se mettre en place du fait de cette invasion.



#### 4.1. Etat 2003 de l'assemblage piscicole des marais macrotidaux.

L'état 2003 du peuplement de poissons indique qu'il est dominé numériquement par les gobies tachetés (58,56%) et par les mulets porcs (22,98%). Ces derniers représentent 74,32% de la biomasse échantillonnée (la seconde plus forte biomasse étant celle des mulets dorés 16,11%). Du point de vue démographique, le peuplement est largement dominé par des jeunes de l'année (YoY).

Des différences d'abondance et d'organisation du peuplement tendent à discriminer les deux sites d'échantillonnage.

En effet, le site de Tesnière situé près du Couesnon accueille de plus fortes abondances numériques et pondérales. La présence de Clupeidae dans la criche de Tesnière située en bordure du Couesnon pourrait être expliqué du fait des apports fluviaux issus de ce petit fleuve côtier d'une part, mais aussi d'autre part du fait des caractéristiques intrinsèques de la criche qui est plus ouverte, plus profonde et moins enracinée dans le marais salés. Les Clupeidae sont des espèces connues pour leur affinité aux milieux plus pélagiques. Le caractère plus sténoèce de ces espèces ne leur permet pas de supporter des variations aussi importantes que celles présentes dans des criches plus pénétrantes dans le marais salés.

Le site du Ponton contraste avec le site précédent par sa plus faible profondeur et par son inclusion plus poussée dans les herbus<sup>6</sup>. Il possède globalement de plus faibles abondances. Son peuplement est plutôt dominé par le mulet doré et les gobies : deux groupes d'espèces (résidentes et euryhalines) qui sont particulièrement bien adaptées à de fortes variations de salinité et d'oxygène dissous. Le caractère euryèce – plus grande plasticité ou plus grande valence écologique – de ces espèces et notamment du mulet doré leur permet de profiter des ressources trophiques disponibles dans ces zones de fortes productivités (nématofaunes, microphytobenthos (Le Breton 2005)).

#### 4.2. Evolutions des relations espaces-espèces.

---

<sup>6</sup> Herbus : zone végétalisée des marais salés aussi appelées schorre (terme local de la baie du Mont Saint-Michel provenant du gallo et designant la partie enherbée, où pâturent les ovins).

La mise en perspective de l'évolution de la structuration du peuplement de poissons de la baie du Mont Saint-Michel depuis 1998 semble indiquer une évolution des processus de colonisation de ce système (Tableau 17). Suivant les capacités de résistance et d'adaptation aux modifications des conditions du milieu, les espèces ont développé des stratégies d'occupation de l'espace différentes. Ainsi, certaines espèces ne semblent pas être perturbée par les évolutions de la structuration de la couverture végétale. C'est notamment le cas de l'épinoche.

Parmi les espèces résidentes, l'une (*P. minutus*) semble plus sensible à cette évolution. Elle présente une diminution régulière depuis 1998. Cette espèce est connue pour consommer de manière très intensive des amphipodes (*O. gammarellus*) résidents des couvertures végétales à *A. portulacoïdes* (Laffaille et al. 1999). Or il est désormais admis que l'évolution du chiendent diminue l'accessibilité des poissons colonisant ces sites du fait du maillage très serrés des fétuques. Une autre espèce de gobie (*P. microps*) quant à elle possède une plasticité alimentaire plus importante qui lui permettra de capturer notamment des espèces apportées par le flot dans les criches comme certaines espèces de Mysidacae (Parlier 2002; Laffaille et al. 2005). Cette deuxième espèce ne présente pas de diminution, bien au contraire puisque les abondances numériques relevées sont en augmentation entre 1998 et 2003. La plasticité alimentaire de cette espèce lui permettrait de profiter de ressources alimentaires plus singulières et délaissées par les autres espèces.

Le site du Ponton a subi en plus des modifications de l'organisation de la végétation (*ie* remplacement de la végétation originelle à *A. portulacoïdes* par *Elytrigia spp.*) une diminution de la profondeur de la largeur de la criche. Du fait de ces modifications substantielles, l'accueil des populations de poissons autres que les espèces résidentes semblent altéré. Ainsi la quasi totalité des espèces sont en diminution : *L. ramada*, *L. aurata* et *Mugil sp.*, *D. labrax* et *S. sprattus*. Il est difficile de mettre en évidence le facteur qui a le plus d'incidence sur la structure du peuplement de ce site.

Enfin pour un certain nombre d'espèces les informations trop parcellaires n'ont pas permis de mettre en évidence de tendance indiquant une éventuelle évolution de la colonisation des sites.

#### 4.3. La baie du Mont Saint-Michel, une baie aux multiples contraintes.

Suite aux campagnes d'échantillonnages effectuées sur les sites du Ponton et de Tesnière, une évolution de la composition du peuplement de poissons des marais salés macrotidaux de la baie du Mont Saint-Michel semble s'opérer. Divers paramètres peuvent expliquer ce processus.

- Premièrement, les efforts d'échantillonnages diffèrent suivant les années d'étude. Mais ce premier biais est à relativiser puisque seules les données issues des même période d'échantillonnages et selon les mêmes méthodologies ont été traitées.

- Deuxièmement, l'invasion du marais par le chiendent maritime qui affecte de diverses manières la fonction trophique des marais intertidaux. Certaines espèces modifient leur régime alimentaire afin de palier la diminution d'accessibilité d'un amphipode proie : *O. gammarellus*. D'autres espèces ne sont plus présentes dans les sites envahis.

- Troisièmement, la dynamique hydro sédimentaire à mésoéchelle dans les criches des marais salés de la baie du Mont Saint-Michel modifie de manière importante le faciès des chenaux (Duchemin 2001). Il est probable que des variations de l'altitude des criches (moins souvent submergées) tendent à limiter l'accès aux espèces plutôt pélagique *de facto* mais aussi du fait de modifications de la salinité et/ou de l'oxygénation de l'eau remplissant les criches les espèces peu euryhalines limitant la colonisation de ces zones trop stressantes.

- Quatrièmement, dans le cadre du contexte plus global de la baie du Mont Saint-Michel, la disparition de certaines zones à obione et les activités liées aux activités pastorales (élevage ovin sur les herbus, fauchage des prés salés pour l'alimentation hivernale du bétail) en plus des processus invasifs du chiendent maritime doivent modifier de manière substantielle la capacité d'accueil de la baie du Mont Saint-Michel. Il est alors nécessaire de s'interroger sur le fonctionnement plus global de la baie.

## **5. Conclusion.**

Le rôle essentiel décrit depuis les années 1990 de nurricerie de la plus grande étendue de marais salés de la façade Atlantique semble aujourd'hui altéré. Les suivis de population n'étant pas à l'ordre du jour, les données de biomonitoring vont cruellement manquer aux gestionnaires de ces zones littorales dans les prochaines années. Et seule la mise

en place de suivis rigoureux et réguliers pourront permettre de mettre à jour ces modifications de colonisation de ces espaces.

Si ces écosystèmes ne remplissent plus leur rôle de nourricerie ou d'alimentation trophique privilégiée, c'est l'ensemble de la gestion des espèces de poissons côtières qui va s'en trouver affecté. Le renouvellement des stocks de harengs, sardines, bars, plies, *etc.* peut alors être diminué du fait de la faiblesse des recrutements. Et c'est alors l'ensemble des processus d'outwelling qui s'en trouverait altéré d'une part et, d'autre part les économies locales liées aux espèces d'intérêt halieutique.

## **6. Remerciements**

Ce travail a été financé par le Programme Environnement Vie et Sociétés du CNRS. Zone atelier de la baie du Mont Saint-Michel et de ses bassins versants. Nous tenons à remercier Pr. Christian RETIERE pour son accueil à la station marine du Muséum de Dinard, Mme Claudine MADIOU et Raymond des pêcheries fixes de Cherrueix, ainsi que les nombreux stagiaires qui ont permis la mise en œuvre des campagnes de terrain : Mlles Claire BERTIN, Alexa CHARPENTRON & Sandie MILLOT, M.M. François ALBERT, Mathieu BADETS, Paul-Alexis CUZANGE, Jérémy DON, Julien DUBREUIL, Philippe RHODES & Aurélien RIDE.

## **Chapitre 3 : Les nourriceries ligériennes de Donges au banc de Pipy. Etat 2003.**

*Structuration des assemblages de espèces de poissons, fonction de nourricerie et état avant travaux.*

## **Les nourriceries Ligériennes de Donges au banc de Pipy. Etat 2003. Structuration des assemblages des espèces de poissons, fonction de nourricerie et état avant travaux.**

**Emmanuel P. Parlier & Eric Feunteun\***

Laboratoire de Biologie et Environnement Marins, LBEM FRE 2727 CNRS - Université de La Rochelle. Avenue Michel Crépeau. 17 042 LA ROCHELLE Cedex 02

\*courriel : [efeunteu@univ-lr.fr](mailto:efeunteu@univ-lr.fr)

### **1. Introduction.**

Les complexes d'écosystèmes sont le siège de nombreuses interactions trophiques. Les zones connexes, vasières, marais salés jouent tout particulièrement un rôle de nourricerie pour des espèces de poissons ; comme le bar (*Dicentrarchus labrax*, Linné 1758), la sole (*Solea solea*, Linné 1758) ou le mullet (*Liza aurata*, Linné 1758) ; ou les crustacés décapodes comme les Crangonidae et les Palaemonidae (Duhamel et al. 2002; Parlier et Feunteun 2004).

Ces espaces adjacents sont aujourd'hui soumis à d'importantes pressions anthropiques : endiguement, aménagement portuaires, *etc.* La Loire, comme les autres grands estuaires français, n'est pas épargnée par ces transformations liées au développement économique de ces zones littorales. La partie aval de l'estuaire est le siège d'un transport actif d'hydrocarbure depuis les chimiquiers vers les raffineries situées en bordure de Loire.

Depuis vingt ans, la Loire fait l'objet d'un suivi décennal de l'état des nourriceries des vasières aval (Marchand 1981a; Marchand et Elie 1983a, b; Marchand et Schaan 1994b; Schaan et Marchand 1994; Marchand et Schaan 1995; Parlier et Feunteun 2004). En effet, entre 1983 et 1994, la superficie des vasières aval entre Mindin et Paimbœuf a augmenté de 34%, alors que les estrans (entre 0 et 6m Carte Marine (C.M.)) entre le Pellerin et Paimbœuf ont diminué de 82% (Loire estuaire 2000). Cette tendance s'est largement accrue depuis,

avec l'extension des zones industrialoportuaires sur la rive Nord entre Saint-Nazaire et Donges. Ces variations et ces transferts sédimentaires sont désormais connus pour avoir des répercussions sur les peuplements piscicoles, y compris sur leurs composantes halieutiques, ainsi que sur le rôle de nourricerie joué par les systèmes estuariens vis-à-vis de cette faune (Marchand et al. 1995, Elie et al. 1990).

Le but de cette étude est de décrire la structuration estuarienne des assemblages piscicoles de l'estuaire de la Loire entre Donges et le banc de Pipy. Nous nous attacherons particulièrement à décrire la phénologie de l'occupation de cette zone estuarienne par les juvéniles de poissons.

## **2. Matériel et Méthode.**

### *2.1. Présentation des sites d'étude.*

Les sites d'études (Figure 17 & Figure 18) sont localisés entre la vasière de Donges et le secteur de l'île de Pipy (aval de Cordemais). Ces sites ont été sélectionnés lors de la première étude effectuée au début des années 1980 (Marchand 1981a; Marchand et Elie 1983a, b) et ont été repris pour une meilleure standardisation du suivi de l'évolution de ces peuplements au début des années 1990 (Marchand et Schaan 1994b, 1995) puis lors de cette étude en 2003 (la comparaison de l'évolution des peuplements n'est pas traitée dans cet article, voir Parlier et Feunteun 2004).

La zone d'étude se situe dans l'estuaire interne au niveau de la zone de mélange. Cette zone est une interface entre une zone amont endiguée et une zone aval dite de transition (zone de delta) possédant des îles dans sa partie centrale. Les sites échantillonnés sont pour une partie, dans la zone polyhaline (30-18‰) et pour ceux situés en amont de Paimbœuf dans la zone mésohaline (18-5‰). Les sites échantillonnés vont de la vasière de Donges en aval (Donges et de l'île du Mouton). Un autre site se compose des vasières de Pierre rouge et de l'île de Pipy. Enfin ce dernier site se compose de la percée du Carnet.

Sur ces trois sites de prélèvements, 11 stations ou traits ont été définies. Pour chacun des sites, deux stations ont été choisies sur des fonds entre 0 et 2 m C.M. et 2 et 4 m C.M. et enfin, trois traits ont été effectués dans la percée du Carnet. Les chalutages se font lors d'une

succession de campagnes mensuelles, sur 7 mois (d'avril à octobre 2003). Les prélèvements s'effectuent sur deux jours consécutifs.



Figure 17 : Situation des zones d'étude dans l'estuaire de la Loire (façade ouest de la France).

### 2.1.1. Echantillonnages et Conditions de chalutages.

Les campagnes de prélèvements se sont déroulées durant des marées moyennes (coefficients entre 70 et 90). Le chalut a été tracté par 2 funes dont la longueur varie selon la profondeur (mais est comprise entre 30 et 50 m). Les traits sont réalisés face au courant. Leurs vitesses de fond sont comprises entre 2 et 2,5 nœuds. La durée des traits est de 20 minutes environ entre l'arrêt du treuil et le début du virage.

Les prélèvements ont été réalisés sur le navire « Anne de Bretagne », de Monsieur Louis VILAINÉ, pêcheur professionnel basé au Carnet. Ce chalutier polyvalent est équipé d'un chalut à perche tracté par funes. Il possède une ouverture horizontale de 2,70 m et des patins de 0,50 m de hauteur. Quant au filet, sa nappe est d'une maille inférieure à 40 mm, et sa poche possède une maille étirée de 20 mm (Desaunay et al. 1980). Ces chaluts ont été mis à disposition par I.F.R.E.MER.

Des pré tris des captures ont été réalisés (poissons, crustacés, etc.). Lors des récoltes abondantes, d'une espèce particulière, celle-ci a fait l'objet d'un tri à part entière. La totalité des échantillons a été conservée vu les grandes quantités de petits individus impossibles à traiter sur place. Ceux-ci ont été conservés en glacière durant chaque journée de pêche. Les échantillons capturés sont conservés en fin de journée dans un congélateur (-18°C) au centre de Dragage du P.A.N.S.-N. à Paimbœuf avant rapatriement au L.B.E.M. à La Rochelle.



Ceux-ci ont été conservés ainsi jusqu'aux traitements spécifiques d'identification et de biométrie.

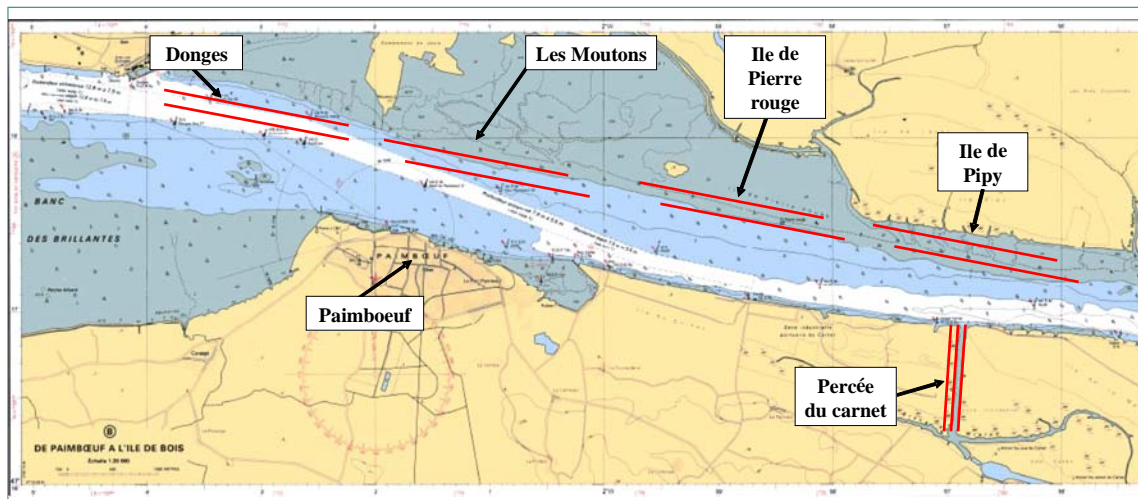


Figure 18 : Zone d'échantillonnage en estuaire de la Loire. Les traits de chalutage sont indiqués de part et d'autre du chenal (extrait de la carte marine 7396\_2 source S.H.O.M. modifiée).

### 2.1.2. Traitements des captures et résultats.

La totalité des individus capturés ont été identifiés pesés et mesurés (parfois par sous échantillons, le nombre total d'individu étant alors estimé). Les listes systématiques des espèces ont été dressées, ainsi qu'une analyse des abondances. Des captures par unités d'effort (C.P.U.E.) ont été calculées (cf. 1.1).

Une comparaison spatiale et temporelle des indices de diversité a également été effectuée (Indice de Shannon). Un classement par fréquence d'occurrence a été réalisé, de manière à ordonner les espèces en classes : 100-75% fréquente ; 75-50% commune ; 50-25% occasionnelle ; 25-10% rare et <10% accidentelle.

### 3. Résultats.

#### 3.1. Description générale du peuplement.

##### 3.1.1. Guildes écologiques (Elie et al. 1990).

Lors des échantillonnages (d'avril à octobre 2003) un nombre total de 13 209 poissons a été capturé. Cela représente plus 288 Kg. Dix-sept espèces ont été identifiées. Elles appartiennent à 13 familles. Parmi des espèces, une seule est dulçaquicole, la brème commune (*A. brama*). Trois sont amphihalines (*A. anguilla*, *L. ramada* et *P. flesus*). Quatre espèces sont résidentes (*C. lyra*, *A. minuta*, *P. minutus* et *P. microps*). Sept espèces sont euryhalines (*C. mustella*, *D. labrax*, *E. encrasicolus*, *L. aurata*, *O. eperlanus*, *S. solea* et *S. sprattus*). Deux espèces sont sténohalines (*M. merlangus* et *T. luscus*).

**Tableau 18 : Composition du peuplement piscicole de l'estuaire interne de la Loire capturé en 2003. %N : abondance numérique relative ; %B : abondance pondérale relative ; %FO : fréquence d'occurrence par trait.**

Guildes	Genre espèce	Nom commun	N	%N	B en g	%B	%FO	Classe d'occurrence
Dulçaquicole	<i>Abramis brama</i>	Brème commune	1	0,0%	9,6	0,0%	1,3%	Accidentelle
Amphihaline	<i>Anguilla anguilla</i>	Anguille	59	0,4%	2 496,4	0,9%	33,8%	Occasionnelle
	<i>Liza ramada</i>	Mulet porc	64	0,5%	3 847,5	1,3%	9,1%	Accidentelle
	<i>Platichthys flesus</i>	Flet	4313	32,7%	109 576,9	37,9%	85,7%	Fréquente
Résidente	<i>Callionymus lyra</i>	Dragonnet	1	0,0%	5,0	0,0%	1,3%	Accidentelle
	<i>Aphia minuta</i>	Gobie Nonnat	29	0,2%	26,2	0,0%	13,0%	Rare
	<i>Pomatoschistus microps</i>	Gobie des sables	26	0,2%	27,7	0,0%	11,7%	Rare
	<i>Pomatoschistus minutus</i>	Gobie tacheté	1063	8,0%	2 016,7	0,7%	48,1%	Occasionnelle
Euryhaline	<i>Ciliata mustela</i>	Motelle à 5 barbillons	41	0,3%	886,0	0,3%	14,3%	Rare
	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Bar	1574	11,9%	29 877,7	10,3%	84,4%	Fréquente
	<i>Engraulis encrasicolus</i>	Anchois	170	1,3%	867,6	0,3%	28,6%	Occasionnelle
	<i>Liza aurata</i>	Mulet doré	230	1,7%	5 625,8	1,9%	36,4%	Occasionnelle
	<i>Osmerus eperlanus</i>	Eperlan	771	5,8%	9 480,5	3,3%	54,5%	Commune
	<i>Solea solea</i>	Sole commune	4028	30,5%	113 193,1	39,2%	74,0%	Commune
	<i>Sprattus sprattus</i>	Sprat	622	4,7%	5 582,1	1,9%	59,7%	Commune
Sténohaline	<i>Merlangius merlangus</i>	Merlan	158	1,2%	1 809,4	0,6%	31,2%	Occasionnelle
	<i>Trisopterus luscus</i>	Tacaud	59	0,4%	3 577,6	1,2%	15,6%	Rare
			13 209	100%	288 905,7	100%		

Certaines espèces sont très régulièrement capturées (fréquente). Il s'agit du flet et du bar qui possèdent des fréquences d'occurrence respectives de 85,7% et de 84,4%. On trouve ensuite dans la classe des espèces communes trois taxons euryhalins la sole commune (74,0%), le sprat (59,7%) et l'éperlan (54,5%). Ensuite, cinq espèces sont capturées de

manière occasionnelle : le gobie tacheté (48,1%), le mullet doré (36,4%), l'anguille (33,8%), le merlan (31,2%) et l'anchois (28,6%). Quatre espèces présentent des fréquences d'occurrences comprises entre 25% et 10%. Elles sont qualifiées de rares. Il s'agit du tacaud (15,6%), de la motelle à 5 barbillons (14,3%) du gobie Nonnat (13,0%) et du gobie des sables (11,7%). Enfin trois espèces sont capturées de manière accidentelle : le mullet porc (9,1%), le dragonnet (1,3%) et la brème commune (1,3%).

### *3.1.2. Structuration des effectifs et des biomasses.*

L'étude de la répartition des effectifs indique clairement que le peuplement échantillonné est structuré autour d'une matrice composée de trois espèces principales : le flet (32,7%), la sole (30,5%) et le bar (11,9%). D'autres espèces moins abondantes peuvent cependant jouer un rôle structurant majeur dans certains sites ou lors de certaines campagnes, le gobie tacheté (8,0%), l'éperlan (5,8%), le sprat (4,7%), le mullet doré (1,7%), l'anchois (1,3%) et le merlan (1,2%). Les autres espèces ne représentent que 2% des effectifs.

Du point de vue biomasse, les grandes tendances sont similaires. Le flet (37,9%), la sole (39,2) et le bar (10,3%) cumulent plus de 87% de la biomasse capturée. Le reste est composé des mullets porcs (1,3%) et dorés (1,9%), du sprat (1,9%) et de l'éperlan (3,3%). Les 4% restants se répartissent sur les autres espèces.

### *3.1.3. Structure démographique globale.*

Une analyse succincte des tailles moyennes des poissons capturés (Tableau 19 & Tableau 20) montre qu'il existe chez quasiment toutes les espèces de nombreux individus de petites tailles appartenant au G0<sup>7</sup>. C'est notamment le cas du bar (70,4%) de l'anchois (68,1%), du merlan (98,3%), de l'éperlan (77,1%) du flet (80,8%) de la sole (86,5%) et du tacaud (88,1%). Pour ces espèces près des trois quarts des individus capturés sont des jeunes de l'année. La moitié des jeunes sprats sont des jeunes de l'année (groupe 0). Enfin d'autres espèces présentent une part moins importante (inférieur ou proche de 25%) de YoY. Il s'agit

---

<sup>7</sup> La détermination des classes d'âges a été effectuée à partir de décomposition polymodale espèce par espèce.

de l'anguille (18,6%), de la motelle à 5 barbillons (7,3%), des mulots porcs (20,4%) et dorés (12,6%) et des gobies Nonnat (6,9%), tachetés (26,9%) et des sables (22,0%).

Ainsi la structuration des populations selon les classes d'âge laisse transparaître une utilisation fonctionnelle variée de l'utilisation de la zone estuarienne en fonction des divers contingents d'individus appartenant à des espèces ou des écophases différentes.

**Tableau 19 : Tailles des différentes espèces du peuplement piscicole de la Loire capturé en 2003 : Longueur totale en mm (LT).**

Guildes	Familles	Genre espèce	LT				
			moyenne	écart-type	Min	Max	N
Dulçaquicole	Cyprinidae	<i>A. brama</i> (L.)	105,0	-	105	105	1
	Anguillidae	<i>A. anguilla</i> (L.)	254,1	103,9	19	510	59
Amphihaline	Mugilidae	<i>L. ramada</i> (Risso)	145,4	70,3	76	540	64
	Pleuronectidae	<i>P. flesus</i> (L.)	113,2	50,9	4	462	4313
Résidente	Callionymidae	<i>C. lyra</i> (L.)	82,0	-	82	82	1
		<i>A. minuta</i> (Risso)	52,2	12,9	15	73	29
	Gobiidae	<i>P. microps</i> (Kroyer)	52,5	14,6	24	74	26
		<i>P. minutus</i> (Pallas)	59,4	15,3	19	88	1063
Euryhaline	Lotidae	<i>C. mustella</i> (L.)	141,9	26,0	77	193	41
	Serranidae	<i>D. labrax</i> (L.)	111,0	38,2	16	323	1574
	Engraulidae	<i>E. encrasicolus</i> (L.)	94,6	57,7	18	156	170
	Osmeridae	<i>O. eperlanus</i> (L.)	104,8	47,4	16	257	771
	Mugilidae	<i>L. aurata</i> (Risso)	130,3	40,9	56	274	230
	Soleidae	<i>S. solea</i> (Quensel)	144,2	37,5	11	310	4028
Sténohaline	Clupeidae	<i>S. sprattus</i> (L.)	91,4	19,4	20	240	622
		<i>M. merlangus</i> (L.)	103,8	37,3	57	218	158
		<i>T. luscus</i> (L.)	163,2	41,4	43	225	59

**Tableau 20 : Pourcentages de juvéniles (Groupe 0) rencontrés pendant les campagnes de chalutage en Loire en 2003.**

Genre espèces	% G0	N	Genre espèces	% G0	N
<i>Abramis brama</i>	0,00	1	<i>Merlangius merlangus</i>	98,30	158
<i>Anguilla anguilla</i>	6,90	59	<i>Osmerus eperlanus</i>	77,10	771
<i>Aphia minuta</i>	7,30	29	<i>Platichthys flesus</i>	80,80	4313
<i>Callionymus lyra</i>	-	1	<i>Pomatoschistus microps</i>	26,90	26
<i>Ciliata mustela</i>	7,30	41	<i>Pomatoschistus minutus</i>	22,00	1063
<i>Dicentrarchus labrax</i>	70,40	1574	<i>Solea solea</i>	86,50	4028
<i>Engraulis encrasicolus</i>	68,10	170	<i>Sprattus sprattus</i>	48,10	622
<i>Liza aurata</i>	12,60	230	<i>Trisopterus luscus</i>	88,10	59
<i>Liza ramada</i>	20,40	64	<b>Somme</b>		2169

### 3.2. Analyse de la structuration temporelle des assemblages piscicoles.

#### *3.2.1. Abondances numériques.*

Les associations d'espèces sont variables durant la période de l'étude (Tableau 21). La diversité spécifique atteint 15 espèces comme au mois d'octobre. Cette même diversité spécifique peut être plus faible au mois d'avril ou d'août, où seulement 12 espèces différentes sont capturées. Ainsi certaines espèces de poissons sont présentes tout au long de l'année, et d'autres ne fréquentent l'estuaire que temporairement lors d'une écophase particulière (nourricerie, migration, reproduction...), ou d'épisode climatique particulier.

Sur l'ensemble de la période, deux espèces représentent plus de la moitié des captures (*Solea solea* et *Platichthys flesus*). Cependant, on constate une forte variabilité temporelle de l'organisation des peuplements. Les abondances numériques atteignent un maximum au mois d'août alors que le maximum des abondances pondérales est atteint au mois d'avril.

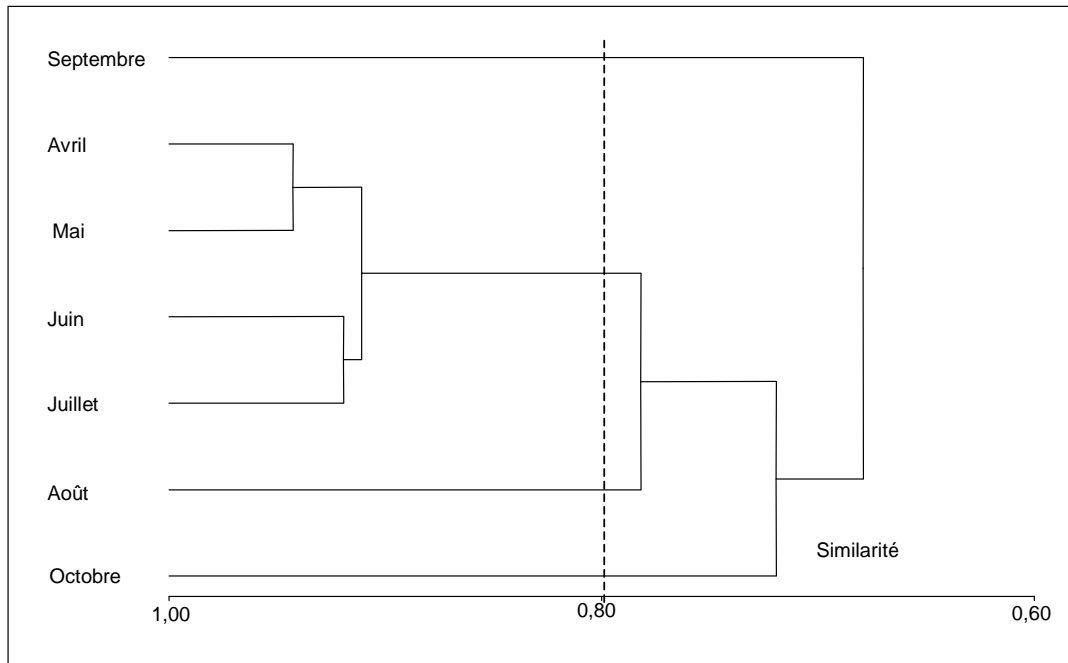
Les CPUE numériques sont dominées d'avril à juin par le flet et la sole. En juin on observe de fortes abondances d'éperlans (1,33 ind/min). En juillet, aux deux espèces dominantes s'ajoute le bar (1,54 ind/min). En août, de fortes abondances de gobies sont notées (5,95 ind/min). Pour le mois de septembre, le bar domine le peuplement avec 2,94 ind/min. Ce mois de septembre est le mois des plus faibles abondances numériques. Enfin, en octobre, les trois principales espèces redominent le peuplement : la flet (1,57 ind/min), la sole (0,45 ind/min) et le bar (1,2 ind/min). Le gobie vient s'ajouter à ces fortes abondances (0,83 ind/min).

L'étude du dendrogramme (Figure 19) réalisé à partir des valeurs des CPUE numériques révèle une forte dissimilarité du mois de septembre du fait des faibles abondances numériques (et de fortes abondances de bars). Les premiers mois de l'année, qui cumulent la quasi totalité des captures, sont structurés de la même manière avec de fortes abondances numériques des espèces principales (flet, sole, etc.). Le mois d'octobre de par ses faibles abondances maximales se trouvent comme le mois d'août exclu du groupe formé par les premières campagnes (avril à juillet).

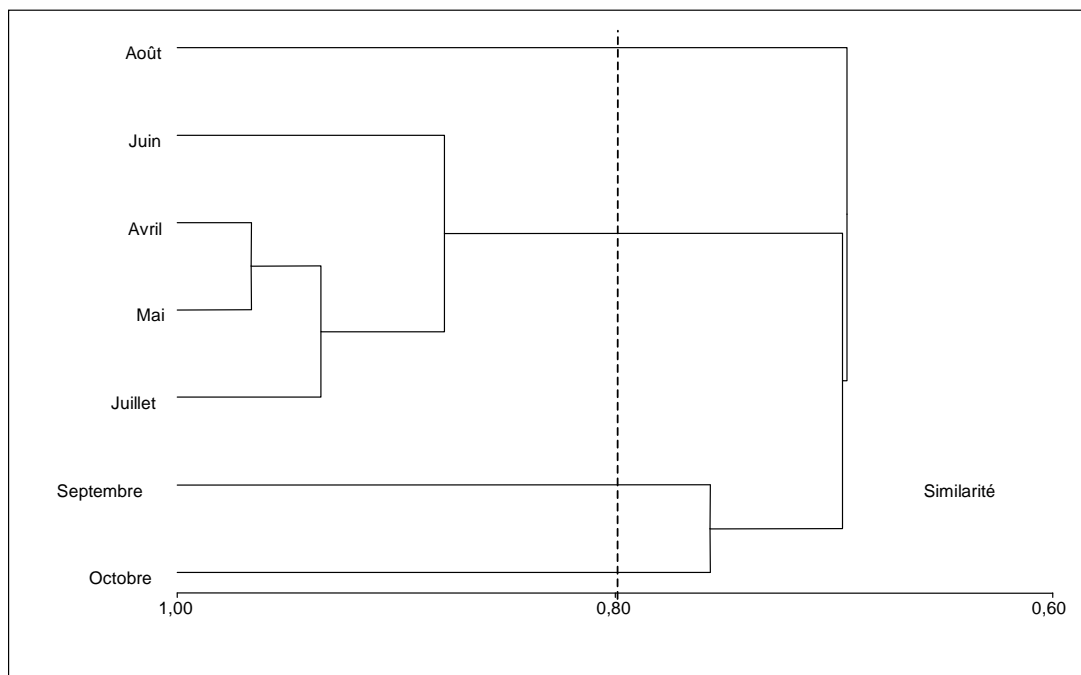
### 3.2.2. *Abondances pondérales.*

Concernant les biomasses (Tableau 22), elles sont structurées par les espèces de fortes masses (poissons de grande taille), et l'on distingue deux périodes. Avril, mai et juillet d'un côté, campagnes caractérisées par les plus fortes biomasses (maxi en avril) dominées très largement par les soles, les flets et secondairement les bars en juillet. De l'autre côté, les campagnes de juin, août, septembre et octobre sont caractérisées par des abondances beaucoup plus faibles (10 à 50 g/mn) toujours dominées par la sole et le flet, mais caractérisées par un plus fort équilibre du peuplement étant donné la plus forte participation d'espèces secondaires numériquement comme l'éperlan et les mulets en juin et août. En septembre et octobre les bars dominent les biomasses tandis que les flets et surtout les soles sont beaucoup moins présents.

Le dendrogramme (Figure 20) effectué à partir des abondances pondérales indique que les fortes biomasses de flets et de soles capturées en début de campagne structurent un groupe. Il est composé des mois d'avril à juillet. Les trois autres mois de campagnes sont exclus. D'une part, du fait des faibles biomasses capturées au mois d'août, et d'autre part, du fait de la répartition de ces biomasses pour les mois de septembre et octobre.



**Figure 19 : Variations temporelles des assemblages de poissons. Classification Ascendante Hiérarchique des CPUE numériques des espèces de poissons lors de la campagne de prélèvements en Loire en 2003.**



**Figure 20 : Variations temporelles de la composition pondérales des assemblages de poissons. Classification Ascendante Hiérarchique des CPUE pondérales des espèces de poissons lors de la campagne de prélèvements en Loire en 2003.**

### *3.3. Analyses de la structuration spatiale des assemblages piscicoles.*

#### *3.3.1. Abondances numériques.*

Trois groupes de traits aux peuplements semblables sont identifiés (Figure 21). Le premier est composé de l'ensemble des stations situées sur les bords du chenal de la Loire et l'autre des sites du Carnet, avec un regroupement entre les traits 2 et 3 d'un côté et du trait 1 de l'autre. Alors que le peuplement est dominé par le flet, la sole et le bar pour les sites de la rive droite de la Loire, pour le site du Carnet, il est dominé par l'éperlan, le mulot, les gobies, le sprat et le bar. Des variations d'abondances séparant le premier trait des deux suivants.

Il n'y a pas de différences significatives de la structure et de l'abondance des assemblages selon la profondeur (0-2m vs 0-4 m C.M.).



Chapitre 3 : Les nourriceries ligériennes de Donges au banc de Pipy. Etat 2003.

**Tableau 21 : CPUE numériques ( ind/min) des espèces de poissons capturées lors des campagnes de chalutages en estuaire de la Loire en 2003 (répartition saisonnière).**

Guildes	CPUE NUM	Avril		Mai		Juin		Juillet		Août		Septembre		Octobre	
		Moy.	$\sigma$	Moy.	$\sigma$	Moy.	$\sigma$	Moy.	$\sigma$	Moy.	$\sigma$	Moy.	$\sigma$	Moy.	$\sigma$
Dulcauicoles	<i>Abramis brama</i>	-	-	-	-	-	-	0	0,01	-	-	-	-	-	-
Amphihalines	<i>Aneuilla aneuilla</i>	0,1	0,11	0,07	0,07	0,01	0,02	0,07	0,12	-	-	-	-	0,03	0,08
	<i>Liza ramada</i>	-	-	-	-	0,02	0,05	0,06	0,15	-	-	0,19	0,34	0,03	0,1
	<i>Platichthys flesus</i>	4,7	3,44	4,73	4,45	1,86	2,09	3,57	3,1	1,73	2,1	0,62	0,8	1,57	1,38
Résidentes	<i>Aphia minuta</i>	0,04	0,12	0,08	0,12	0,02	0,04	0,01	0,03	0,01	0,02	-	-	-	-
	<i>Callionymus lyra</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,02
	<i>Pomatoschistus microps</i>	-	-	0,07	0,18	0	0,02	-	-	0,01	0,04	0,01	0,02	0,05	0,1
	<i>Pomatoschistus minutus</i>	0,32	1,02	0,02	0,08	0,3	0,87	0,35	0,55	5,95	15,65	0,74	1,03	0,83	1,09
Euryhalines	<i>Ciliata mustela</i>	-	-	-	-	0	0,02	-	-	-	-	0,04	0,08	0,15	0,19
	<i>Dicentrarchus labrax</i>	0,34	0,8	0,23	0,29	0,15	0,3	1,54	1,55	0,94	1,3	2,94	4,19	1,22	0,94
	<i>Engraulis encrasicolus</i>	0,01	0,02	0,01	0,03	0,16	0,31	0,02	0,04	0,48	1,13	0,11	0,21	0,04	0,08
	<i>Liza aurata</i>	0,09	0,16	0,03	0,04	0,1	0,3	0,37	0,84	0,12	0,31	0,03	0,11	0,53	0,97
	<i>Osmerus eperlanus</i>	0,02	0,05	0,13	0,22	1,33	1,42	0,7	0,75	2	2,97	0,19	0,37	0,31	0,36
	<i>Solea solea</i>	6,1	5,41	3,83	3,45	1,95	2,82	5,13	10,86	1,07	1,75	0,06	0,07	0,45	0,52
	<i>Sprattus sprattus</i>	0,07	0,16	0,15	0,19	0,19	0,52	0,01	0,02	1,83	3,37	0,33	0,34	0,52	0,62
Sténohalines	<i>Merlangius merlangus</i>	0,02	0,03	0,55	0,8	-	-	0	0,01	0,01	0,04	0,05	0,09	0,17	0,2
	<i>Trisopterus luscus</i>	0	0,01	0,02	0,06	-	-	-	-	0	0,02	0,01	0,04	0,24	0,34
<b>Somme</b>		11,81		9,93		6,08		11,86		14,16		5,32		6,16	

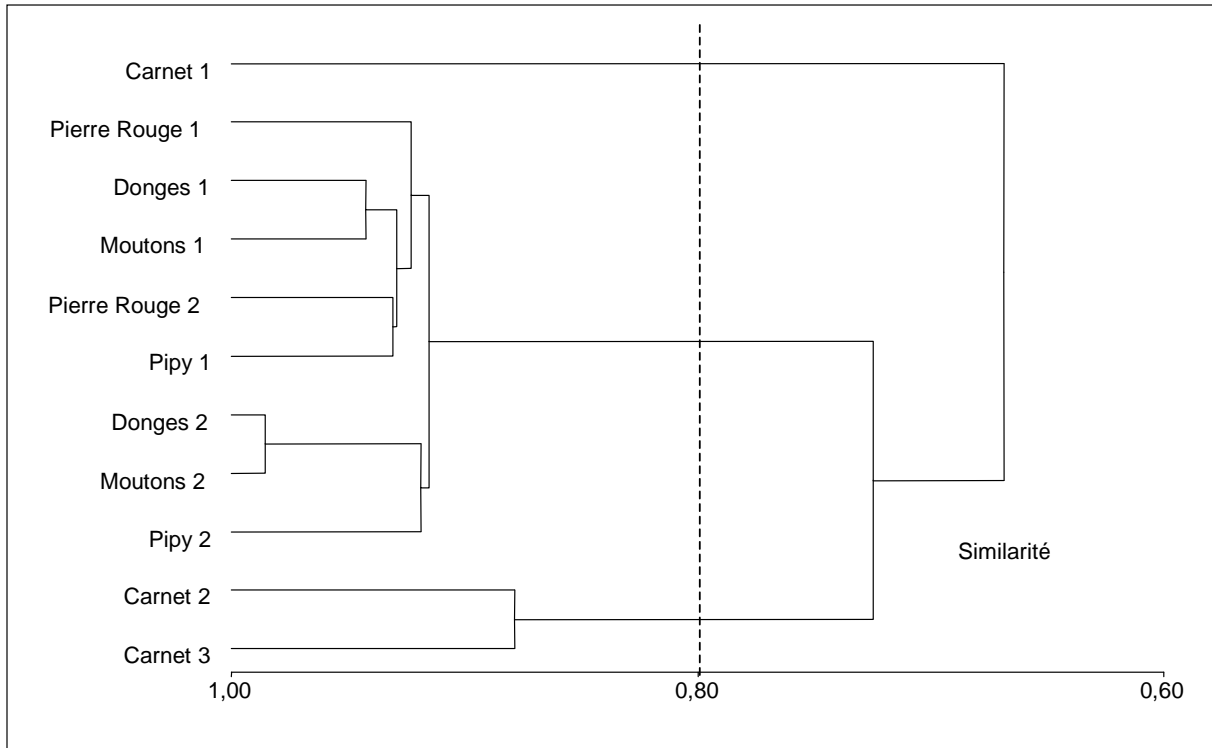
**Tableau 22 : CPUE pondérales ( g/min) des espèces de poissons capturées lors des campagnes de chalutages en estuaire de la Loire en 2003 (répartition saisonnière).**

Guildes	CPUE POND	Avril		Mai		Juin		Juillet		Août		Septembre		Octobre	
		Moy.	$\sigma$	Moy.	$\sigma$	Moy.	$\sigma$	Moy.	$\sigma$	Moy.	$\sigma$	Moy.	$\sigma$	Moy.	$\sigma$
Dulcauicoles	<i>Abramis brama</i>	-	-	-	-	-	-	0,03	0,11	-	-	-	-	-	-
Amphihalines	<i>Aneuilla aneuilla</i>	4,8	5,32	3,5	4,02	0,39	0,93	1,46	2,73	-	-	-	-	1,6	3,99
	<i>Liza ramada</i>	1,49	2,62	-	-	8,27	24,5	1,44	3,23	1,04	1,81	5,8	13,65	1,93	6,41
	<i>Platichthys flesus</i>	115,09	92,89	131,13	127,25	55,34	71,09	80,16	75,22	49,34	64,88	9,31	18,67	41,38	31,97
Résidente	<i>Aphia minuta</i>	0,05	0,15	0,07	0,13	0	0,01	0,01	0,03	0	0	-	-	-	-
	<i>Callionymus lyra</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	0,09
	<i>Pomatoschistus microps</i>	-	-	0,03	0,06	0,01	0,03	-	-	0,02	0,07	0,03	0,05	0,05	0,12
	<i>Pomatoschistus minutus</i>	0,7	2,29	0,02	0,06	0,58	1,8	0,28	0,33	10,77	28,9	1,67	2,24	2,02	2,56
Euryhalines	<i>Ciliata mustela</i>	-	-	-	-	0,02	0,08	-	-	-	-	0,94	2,21	3,31	4,19
	<i>Dicentrarchus labrax</i>	6,52	10,1	9,19	9,15	5,81	6,5	21,92	21,6	19,5	23,98	51,74	75,42	23,96	17,48
	<i>Engraulis encrasicolus</i>	0	0,01	0,07	0,24	1,96	3,81	0,11	0,27	1,37	3,63	0,23	0,45	0,32	0,63
	<i>Liza aurata</i>	-	-	0,71	1,35	4,13	12,91	7,45	17,38	-	-	0,48	1,59	14,23	18,71
	<i>Osmerus eperlanus</i>	0,31	0,71	4,19	6,15	16,69	20,59	7,07	7,43	23,03	32,51	2,02	4,18	4,22	7,08
	<i>Solea solea</i>	172,91	151,35	111,69	101,55	53,58	93,54	139,6	293,71	31,2	53,92	1	1,3	10,77	12,6
	<i>Sprattus sprattus</i>	0,97	2,67	2,07	4,6	1,06	2,79	0,29	0,82	15,2	28,67	3,77	8,83	2,35	2,54
Sténohalines	<i>Merlangius merlangus</i>	0,45	1,36	3,07	4,51	-	-	0,08	0,28	0,27	0,9	0,7	1,13	5,4	6,04
	<i>Trisopterus luscus</i>	0	0,01	0,08	0,2	-	-	-	-	0,14	0,47	0,48	1,59	16,37	25,79
<b>Somme</b>		303,31		265,83		147,84		259,89		151,88		78,17		127,94	

La station de Donges 1 se distingue par une forte abondance globale (10,17 ind/min) dominée par les soles (2,63 ind/min), les flets (3,61 ind/min) et les bars (2,50 ind/min). Toutes les autres espèces restent très minoritaires dans le peuplement. Malgré sa proximité immédiate, on note une moins grande abondance sur le site de Donges 2, localisé plus près du chenal. Il semble donc que ces poissons occupent préférentiellement les sites de faible profondeur à marée haute, afin d'en exploiter les abondantes ressources trophiques. Cette tendance se confirme d'une manière générale sur tous les sites échantillonnés, hormis pour le site de Pierre Rouge où la tendance est inverse. Le site de Pierre rouge en valeur absolue présente les plus fortes abondances numériques (22,85 ind/min). Et c'est le site 'profond' qui possède les valeurs les plus hautes (13,82 ind/min) tous sites confondus.

Le dendrogramme réalisé à partir des CPUE numériques souligne cette séparation en trois clusters. Le site 1 du Carnet est exclu des deux autres groupes du fait d'une part de sa composition spécifique qui le différencie des sites de la rive droite de la Loire, et d'autre part des sites du Carnet (traits 2&3) du fait de ses plus fortes abondances.

Les autres stations ne sont que faiblement discriminées par la C.A.H. indiquant une relative homogénéité de la structure du peuplement et une hétérogénéité des abondances (cf. forts écarts types) dues aux variations temporelles évoquées ci avant.



**Figure 21 : Variations spatiales des assemblages de poissons. Classification Ascendante Hiérarchique des CPUE numériques des espèces de poissons lors de la campagne de prélèvements en Loire en 2003.**

**Tableau 23 : CPUE numériques (ind/min) des espèces de poissons capturées lors des chalutages en Loire en 2003 (répartition spatiale).**

CPUE NUM	Donges 1		Donges 2		Donges	Moutons 1		Moutons 2		Moutons	Pierre Rouge 1		Pierre Rouge 2		Pierre Rouge
	Moy.	$\sigma$	Moy.	$\sigma$	Somme	Moy.	$\sigma$	Moy.	$\sigma$	Somme	Moy.	$\sigma$	Moy.	$\sigma$	Somme
<i>Abramis brama</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Anguilla anguilla</i>	0,01	0,02	0,01	0,02	<b>0,02</b>	0,04	0,08	0,02	0,04	<b>0,06</b>	0,01	0,04	0,02	0,04	<b>0,04</b>
<i>Aphia minuta</i>	-	-	0,05	0,12	<b>0,05</b>	-	-	0,02	0,04	<b>0,02</b>	-	-	0,11	0,14	<b>0,11</b>
<i>Callionymus lyra</i>	0,01	0,02	-	-	<b>0,01</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ciliata mustela</i>	0,01	0,02	0,01	0,04	<b>0,02</b>	0,09	0,22	0,04	0,10	<b>0,13</b>	0,02	0,07	0,03	0,06	<b>0,05</b>
<i>Dicentrarchus labrax</i>	2,50	5,29	0,37	0,80	<b>2,87</b>	2,64	2,54	0,24	0,45	<b>2,89</b>	1,16	1,04	1,70	0,95	<b>2,85</b>
<i>Engraulis encrasicolus</i>	0,01	0,02	0,14	0,38	<b>0,15</b>	-	-	0,15	0,26	<b>0,15</b>	-	-	0,14	0,18	<b>0,14</b>
<i>Liza aurata</i>	0,13	0,33	-	-	<b>0,13</b>	0,39	0,49	-	-	<b>0,39</b>	0,05	0,13	0,21	0,37	<b>0,26</b>
<i>Liza ramada</i>	0,04	0,11	-	-	<b>0,04</b>	0,14	0,38	-	-	<b>0,14</b>	0,05	0,07	0,02	0,06	<b>0,07</b>
<i>Merlangius merlangus</i>	0,14	0,36	0,19	0,43	<b>0,32</b>	0,02	0,04	0,17	0,39	<b>0,19</b>	0,04	0,05	0,38	0,91	<b>0,42</b>
<i>Osmerus eperlanus</i>	0,14	0,36	0,14	0,33	<b>0,28</b>	0,17	0,27	0,08	0,19	<b>0,25</b>	0,46	0,73	0,67	1,19	<b>1,12</b>
<i>Platichthys flesus</i>	3,61	3,43	3,29	2,52	<b>6,89</b>	3,32	2,92	1,97	1,25	<b>5,29</b>	4,75	2,66	6,53	5,02	<b>11,28</b>
<i>Pomatoschistus microps</i>	0,01	0,02	0,04	0,09	<b>0,04</b>	0,03	0,06	0,01	0,02	<b>0,03</b>	-	-	0,04	0,07	<b>0,04</b>
<i>Pomatoschistus minutus</i>	0,14	0,36	0,07	0,11	<b>0,21</b>	0,21	0,31	0,19	0,36	<b>0,40</b>	0,11	0,16	0,51	0,41	<b>0,62</b>
<i>Solea solea</i>	2,63	2,15	1,48	1,65	<b>4,11</b>	2,22	2,20	0,96	1,28	<b>3,19</b>	2,33	2,48	2,98	4,00	<b>5,32</b>
<i>Sprattus sprattus</i>	0,79	1,86	0,06	0,09	<b>0,85</b>	0,12	0,19	0,12	0,18	<b>0,24</b>	0,05	0,09	0,46	0,50	<b>0,51</b>
<i>Trisopterus luscus</i>	0,02	0,04	0,19	0,38	<b>0,20</b>	-	-	0,11	0,24	<b>0,11</b>	-	-	0,02	0,06	<b>0,02</b>
<b>Somme</b>	10,17		6,04		<b>16,21</b>	9,39		4,07		<b>13,46</b>	9,03		13,82		<b>22,85</b>

CPUE NUM	Pipy 1		Pipy 2		Pipy	Carnet 1		Carnet 2		Carnet 3		Carnet
	Moy.	$\sigma$	Moy.	$\sigma$	Somme	Moy.	$\sigma$	Moy.	$\sigma$	Moy.	$\sigma$	Somme
<i>Abramis brama</i>	0,01	0,01	-	-	<b>0,01</b>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Anguilla anguilla</i>	0,06	0,09	0,07	0,13	<b>0,13</b>	0,08	0,15	0,08	0,11	0,06	0,07	<b>0,21</b>
<i>Aphia minuta</i>	-	-	0,03	0,08	<b>0,03</b>	-	-	0,01	0,03	0,01	0,03	<b>0,02</b>
<i>Callionymus lyra</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ciliata mustela</i>	0,02	0,05	0,05	0,14	<b>0,07</b>	0,04	0,09	-	-	-	-	<b>0,04</b>
<i>Dicentrarchus labrax</i>	0,57	0,65	0,77	1,05	<b>1,34</b>	0,82	1,35	0,56	0,50	0,25	0,27	<b>1,63</b>
<i>Engraulis encrasicolus</i>	0,01	0,01	0,68	1,39	<b>0,69</b>	0,06	0,10	0,08	0,19	0,03	0,04	<b>0,17</b>
<i>Liza aurata</i>	0,08	0,17	0,01	0,02	<b>0,09</b>	0,90	1,45	0,16	0,25	0,06	0,09	<b>1,12</b>
<i>Liza ramada</i>	0,07	0,18	-	-	<b>0,07</b>	0,14	0,26	-	-	-	-	<b>0,14</b>
<i>Merlangius merlangus</i>	-	-	0,07	0,10	<b>0,07</b>	0,04	0,09	0,06	0,17	0,14	0,22	<b>0,25</b>
<i>Osmerus eperlanus</i>	0,16	0,31	0,65	0,60	<b>0,81</b>	1,81	3,34	1,09	1,09	2,00	2,23	<b>4,91</b>
<i>Platichthys flesus</i>	2,95	2,35	2,82	1,66	<b>5,78</b>	0,05	0,08	0,05	0,05	0,17	0,25	<b>0,28</b>
<i>Pomatoschistus microps</i>	-	-	-	-	-	0,04	0,09	-	-	0,08	0,22	<b>0,12</b>
<i>Pomatoschistus minutus</i>	0,14	0,28	0,08	0,19	<b>0,21</b>	1,30	1,60	0,67	0,97	0,45	0,6	<b>2,42</b>
<i>Solea solea</i>	1,60	1,53	1,31	1,61	<b>2,91</b>	0,03	0,07	0,09	0,12	0,01	0,03	<b>0,12</b>
<i>Sprattus sprattus</i>	0,21	0,24	0,50	0,92	<b>0,71</b>	0,43	0,59	0,30	0,56	0,34	0,49	<b>1,07</b>
<i>Trisopterus luscus</i>	0,02	0,05	0,07	0,18	<b>0,08</b>	-	-	0,01	0,03	0,01	0,03	<b>0,02</b>
<b>Somme</b>	5,88		7,11		<b>12,99</b>	5,72		3,18		3,62		<b>12,52</b>

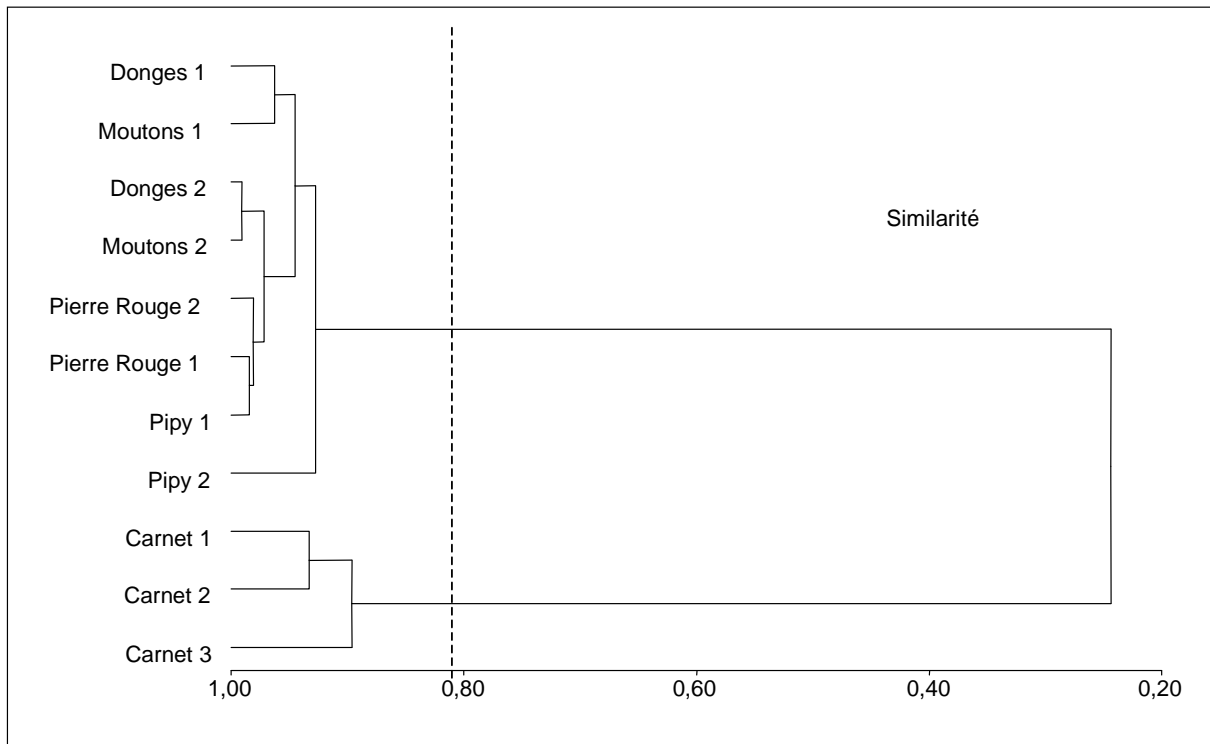
**Tableau 24 : CPUE pondérales (g/min) des espèces de poissons capturées lors des chalutages en Loire en 2003 (répartition spatiale).**

POND	Donges 1		Donges 2		Donges	Moutons 1		Moutons 2		Moutons	Pierre Rouge 1		Pierre Rouge 2		Pierre Rouge
	Moy.	σ	Moy.	σ	Somme	Moy.	σ	Moy.	σ	Somme	Moy.	σ	Moy.	σ	Somme
<i>Abramis brama</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Anguilla anguilla</i>	0,10	0,27	0,25	0,44	<b>0,35</b>	1,48	3,37	1,09	1,94	<b>2,57</b>	1,07	2,82	1,21	2,31	<b>2,28</b>
<i>Aphia minuta</i>	-	-	0,05	0,13	<b>0,05</b>	-	-	0,00	0,01	<b>0,00</b>	-	-	0,12	0,20	<b>0,12</b>
<i>Callionymus lyra</i>	0,04	0,11	-	-	<b>0,04</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ciliata mustela</i>	0,09	0,24	0,44	1,17	<b>0,54</b>	1,87	4,84	0,38	1,01	<b>2,25</b>	0,61	1,63	0,59	1,44	<b>1,20</b>
<i>Dicentrarchus labrax</i>	47,87	93,34	10,58	16,33	<b>58,45</b>	48,15	41,92	6,01	7,44	<b>54,16</b>	21,72	17,30	30,25	19,94	<b>51,97</b>
<i>Engraulis encrasicolus</i>	0,00	0,01	1,76	4,65	<b>1,76</b>	-	-	0,98	1,63	<b>0,98</b>	-	-	0,87	1,56	<b>0,87</b>
<i>Liza aurata</i>	5,76	14,94	-	-	<b>5,76</b>	11,46	19,04	-	-	<b>11,46</b>	1,55	4,09	7,26	15,85	<b>8,81</b>
<i>Liza ramada</i>	0,40	1,06	-	-	<b>0,40</b>	6,49	17,17	-	-	<b>6,49</b>	13,39	30,28	1,32	3,50	<b>14,71</b>
<i>Merlangius merlangus</i>	0,82	2,17	1,20	2,07	<b>2,02</b>	0,38	1,01	2,06	3,42	<b>2,44</b>	0,90	1,76	2,34	4,52	<b>3,25</b>
<i>Osmerus eperlanus</i>	0,41	1,08	0,94	1,95	<b>1,35</b>	0,42	0,54	0,77	1,96	<b>1,19</b>	6,31	10,43	9,38	13,97	<b>15,69</b>
<i>Platichthys flesus</i>	103,42	112,65	69,40	49,88	<b>172,82</b>	83,22	87,78	39,14	31,71	<b>122,37</b>	138,87	77,47	177,72	129,61	<b>316,59</b>
<i>Pomatoschistus microps</i>	0,02	0,05	0,05	0,12	<b>0,06</b>	0,05	0,09	0,01	0,03	<b>0,06</b>	-	-	0,04	0,06	<b>0,04</b>
<i>Pomatoschistus minutus</i>	0,41	1,09	0,08	0,14	<b>0,49</b>	0,44	0,73	0,26	0,48	<b>0,70</b>	0,23	0,36	1,19	1,20	<b>1,42</b>
<i>Solea solea</i>	56,85	57,11	38,70	48,14	<b>95,55</b>	46,57	51,87	28,34	37,95	<b>74,91</b>	65,84	73,61	94,13	113,97	<b>159,97</b>
<i>Sprattus sprattus</i>	5,77	14,51	1,06	1,28	<b>6,83</b>	5,01	11,19	1,40	2,69	<b>6,42</b>	0,21	0,43	1,70	2,25	<b>1,92</b>
<i>Trisopterus luscus</i>	0,45	1,18	11,69	29,95	<b>12,14</b>	-	-	6,68	17,59	<b>6,68</b>	-	-	0,94	2,49	<b>0,94</b>
<b>Somme</b>	222,41		136,20		<b>358,61</b>	205,54		87,12		<b>292,66</b>	250,71		329,07		<b>579,77</b>
	Pipy 1		Pipy 2		Pipy	Carnet 1		Carnet 2		Carnet 3		Carnet			
	Moy.	σ	Moy.	σ	Somme	Moy.	σ	Moy.	σ	Moy.	σ	Moy.	σ	Somme	
<i>Abramis brama</i>	0,05	0,13	-	-	<b>0,05</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Anguilla anguilla</i>	3,32	5,27	3,44	6,12	<b>6,76</b>	1,24	1,83	3,30	5,19	1,97	3,36			<b>6,51</b>	
<i>Aphia minuta</i>	-	-	0,01	0,04	<b>0,01</b>	-	-	0,00	0,01	0,02	0,04			<b>0,02</b>	
<i>Callionymus lyra</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			-	
<i>Ciliata mustela</i>	0,44	1,16	1,29	3,40	<b>1,73</b>	1,00	2,65	-	-	-	-			<b>1,00</b>	
<i>Dicentrarchus labrax</i>	13,28	7,87	16,21	15,79	<b>29,48</b>	10,24	12,87	9,15	4,89	4,43	5,12			<b>23,82</b>	
<i>Engraulis encrasicolus</i>	0,00	0,00	2,31	4,40	<b>2,31</b>	0,10	0,18	0,22	0,47	0,16	0,32			<b>0,49</b>	
<i>Liza aurata</i>	1,18	2,54	0,89	2,37	<b>2,08</b>	13,28	22,01	3,73	7,58	1,29	3,15			<b>18,31</b>	
<i>Liza ramada</i>	1,01	2,68	-	-	<b>1,01</b>	4,79	8,58	-	-	-	-			<b>4,79</b>	
<i>Merlangius merlangus</i>	-	-	1,55	3,06	<b>1,55</b>	1,28	3,33	2,52	6,67	2,45	5,08			<b>6,25</b>	
<i>Osmerus eperlanus</i>	2,18	4,33	10,18	9,74	<b>12,37</b>	18,96	34,96	13,02	11,11	27,84	28,50			<b>59,82</b>	
<i>Platichthys flesus</i>	59,30	50,59	76,78	42,36	<b>136,08</b>	0,07	0,17	3,00	4,26	6,11	8,89			<b>9,18</b>	
<i>Pomatoschistus microps</i>	-	-	-	-	-	0,04	0,09	-	-	0,02	0,06			<b>0,06</b>	
<i>Pomatoschistus minutus</i>	0,32	0,83	0,10	0,23	<b>0,42</b>	1,94	2,35	0,97	1,62	1,13	1,94			<b>4,04</b>	
<i>Solea solea</i>	58,27	67,95	42,86	51,84	<b>101,13</b>	0,69	1,82	4,66	8,87	0,80	2,12			<b>6,15</b>	
<i>Sprattus sprattus</i>	3,62	5,94	4,63	7,45	<b>8,25</b>	1,41	2,07	0,99	1,56	1,12	1,67			<b>3,53</b>	
<i>Trisopterus luscus</i>	0,75	2,00	4,38	11,60	<b>5,14</b>	-	-	1,21	3,20	0,71	1,89			<b>1,92</b>	
<b>Somme</b>	143,72		164,64		<b>308,36</b>	55,04		42,76		48,07				<b>145,87</b>	

3.3.2. *Abondances pondérales.*

L'analyse des abondances pondérales (Tableau 24) estimées dans l'estuaire interne de la Loire, révèle la même structuration que celle précédemment décrite pour les abondances numériques. C'est-à-dire que d'une part une répartition dans les sites de la partie proche du chenal plus externe (moins profonde) sur tous les site sauf à Pierre Rouge où la tendance est inverse ; cependant, le flet, la sole et le bar dominant très largement ces peuplements. Et d'autre part, les stations du Carnet possèdent un peuplement dominé par l'éperlan (59,82 g/min) le mulot doré (18,31 g/min) et le bar (23,82 g/min).

La C.A.H. (Figure 22) montre de même une très forte subdivision entre les sites situés sur la rive droite du chenal de la Loire et la percée du carnet. On ne trouve que 25% de similarité entre ces deux groupes. Pour les sites de la percée du Carnet, malgré une hétérogénéité des abondances numériques, les biomasses moyennes capturées restent similaires indiquant la capture plutôt des grands individus lors des derniers passages (traits 2&3).



**Figure 22 : Variations spatiales de la composition pondérale des assemblages de poissons. Classification ascendante hiérarchique des CPUE pondérales des espèces de poissons lors de la campagne de prélèvement en Loire en 2003.**

#### 4. Discussion.

Au total, 17 espèces de poissons ont été capturées sur les zones échantillonnées. Les études précédentes réalisées par l'Université de Nantes et l'IFREMER (Marchand et Schaan 1995) font état de près d'une centaine d'espèces sur l'estuaire de la Loire. Cependant, leurs échantillonnages ont été effectués sur une plus vaste zone géographique qui comprend notamment l'estuaire externe, les chenaux de navigation, *etc.* La moins grande diversité spécifique relevée durant notre étude serait donc imputable au choix que nous avons fait de nous restreindre à des habitats peu profonds et relevant de l'influence intertidale.

Malgré une zone d'étude plus restreinte, il est important de s'interroger les éventuelles réductions de la diversité spécifique de l'estuaire souvent décrite par les pêcheurs professionnels. Elle peut être en relation avec la dégradation importante subie par cet écosystème depuis une vingtaine d'année en liaison avec la chenalisation profonde de l'estuaire (Loire estuaire 2000), l'endiguement et la destruction de surfaces considérables de vasières au droit du pont de Saint-Nazaire dans les années 80 et 90. Ces travaux sont à l'origine d'une réduction marquée de la diversité et de l'hétérogénéité ainsi que d'une fragmentation accrue de ces habitats servant de nourricerie à nombre d'espèces de poissons en Loire (Marchand et Schaan 1995; Parlier et Feunteun 2004), mais aussi dans d'autres zones estuariennes comparables (Claridge et al. 1986; Duhamel et al. 2002; Jaureguizar et al. 2003; Martino et Able 2003; Duhamel et al. 2004). De plus, les exportations de matière organique d'origine vivante vers les chenaux subtidiaux (milieux aquatiques permanents) rendent le milieu moins attractif sur le plan trophique. Enfin, les vasières sont connues pour filtrer les eaux provenant des bassins versants et des effluents urbains, industriels ou agricoles. Ils jouent un rôle essentiel de maintien et de stabilisation de la qualité des eaux estuariennes ou littorales. Ainsi, lorsque les estuaires sont privés de leurs vasières latérales, on constate fréquemment une baisse de la diversité spécifique et de l'abondance de certaines populations.

##### 4.1. Peuplement de poissons, diversité et fonctionnalité estuarienne.

Les espèces de poissons les plus fréquemment capturées sont le flet et le bar (respectivement %FO=85,71% et %FO=84,42 %). Deux espèces sont fréquentes, 3 communes, 5 occasionnelles, 4 rares, et 6 sont accidentelles. Les espèces fréquentes et communes sont particulièrement caractéristiques de l'estuaire de la Loire. Par contre les espèces occasionnelles peuvent être trouvées dans un nombre limité d'échantillons indiquant soit une courte période de présence ou une distribution spatiale limitée. Enfin les espèces rares ou accidentelles ne pénètrent dans l'estuaire que lors d'un nombre restreint d'occasions : tempêtes pour les espèces sténohalines marines et crues pour les espèces dulçaquicoles (cf. introduction générale).

Les poissons les plus représentés appartiennent à la famille des Gobiidae avec trois espèces : *Aphia minuta*, *Pomatoschistus minutus* et *Pomatoschistus microps*. Ces espèces jouent un rôle de fourrage. Les espèces du genre *Liza* (ie *Liza ramada* et *Liza aurata*) sont limnivores et participent à l'exportation des biomasses microphytobenthiques et organiques détritiques des vasières latérales vers les chenaux et les espaces côtiers adjacents (rôle de vecteur biotique (Forman 1981)). Les autres espèces sont des prédateurs et pour la plupart ichtyophages.

Les chaleurs exceptionnellement élevées de l'été 2003 ont influencé de manière importante les paramètres physico-chimiques des eaux de Loire (oxygène, salinité, étiage prononcé...). Des espèces présentes habituellement en estuaire en septembre (Marchand 1981a; Marchand et Elie 1983b; Marchand et Schaan 1995) sont quasiment absentes (ie, sole, flet, éperlan...). A cet été particulièrement chaud il faut ajouter les phénomènes climatiques particuliers de l'automne, où de forts épisodes de pluies et de tempêtes marquées ont modifié, encore une fois, les conditions habituelles de l'estuaire. On constate alors la présence de tacauds et de merlans en grandes quantités ou de motelles à cinq barbillons.

Une analyse succincte de la présence d'espèces marines strictes et dulçaquicoles permet de mettre en évidence le rôle d'écotone de la zone estuarienne. La brème (*Abramis brama*) n'est présente que lors des fortes crues sur les sites amont (ie Pipy 1) il en de même pour le dragonnet lyre (*Callionymus lyra*) qui n'est présent que sur le site de Donges 1.

Le peuplement de poissons présents sur les nourriceries estuariennes de Loire peut être décomposé suivant les préférences écologiques des espèces. En effet, celles-ci utilisent l'estuaire pendant tout ou partie de leur cycle biologique. Ainsi on peut distinguer les espèces



résidentes, qui utilisent l'estuaire durant la totalité de leur cycle biologique (croissance, reproduction), des espèces migratrices qui ne séjournent en estuaire que durant une partie de leur cycle biologique sur des périodes allant de quelques jours à quelques années. Ce séjour est plus ou moins long et peut revêtir plusieurs fonctions : tout d'abord une fonction de transit pour les amphihalins faisant un passage entre l'eau douce et la mer, une fonction d'accueil et de nourricerie pour de nombreux euryhalins marins qui exploitent ces systèmes au stade juvénile. Suivant la fonction de ces estuaires, et les modalités de la reproduction ou le mode de vie de ces poissons, on distingue ainsi plusieurs guildes écologiques des espèces rencontrées en estuaire de Loire (Elie et al. 1990; Feunteun et al. 2001).

#### 4.2. Répartition du peuplement de poissons.

Les variations spatiales et temporelles constatées dans l'estuaire de la Loire sont relativement conformes aux modalités de structuration habituellement décrites pour ce genre d'estuaire (Claridge et al. 1986; Duhamel et al. 2002; Martino et Able 2003; Duhamel et al. 2004). Quelques différences sont cependant observées : les diversités spécifiques sont plus faibles qu'à l'habitude pour ce genre d'écosystème qui accueille en général près d'une centaine d'espèces de poissons. L'échantillonnage, particulièrement focalisé sur les milieux intertidaux, explique que les espèces plus marines habituellement présentes dans les zones plus profondes du chenal soient sous représentées. Cependant, on ne peut exclure que la chenalisation et les endiguements ou assèchements des vasières de la Loire soient également responsables d'une telle situation : ces aménagements ont repoussé vers l'aval le bouchon vaseux ces dernières années, tout en faisant remonter la limite de salure des eaux. De plus, force est de constater de très faibles abondances au mois de septembre qui s'expliquent par les conditions climatiques particulièrement chaudes de l'année 2003 (notamment au mois d'août).

Les espèces les plus abondantes de poissons – la sole, le flet et le bar – le sont durant les premières campagnes de prélèvements. Les sites de faibles profondeurs de Donges et des Moutons accueillent les plus fortes densités pour la plupart des espèces. Le site de Pierre Rouge possède des qualités intrinsèques de par sa position proche du chenal qui favorise l'accueil d'espèces particulièrement inféodées aux eaux libres et circulantes comme les mullets

du genre *Liza*. Les sites de la percée du Carnet, de même, accueillent des espèces particulières et en grandes quantités comme les gobies ou les éperlans. Ce site bénéficie d'une influence des eaux douces du lac de Grand-Lieu favorable pour ces espèces. Les sites de Donges et les vasières plus en amont semblent jouer un rôle dans l'alimentation des soles et des flets.

Autrement, tous les sites inventoriés sont susceptibles d'accueillir à un moment ou à un autre, des peuplements abondants et diversifiés. Par conséquent, ils jouent un rôle complémentaire et indissociable vis-à-vis des peuplements vagiles de l'estuaire et doivent être pris en compte dans les projets d'aménagement en cours.

## 5. Conclusion.

L'étude de la colonisation des vasières intertidales de la Loire lors de la campagne de 2003, nous a permis de dresser un « état 2003 » de la fréquentation de l'estuaire. La relation très étroite qui existe entre les grandes densités de crevettes et la fréquentation des juvéniles (Parlier et Feunteun 2004) de poissons met en évidence un rôle trophique majeur des vasières intertidales de l'estuaire de la Loire dans la croissance et la survie des juvéniles de certaines espèces d'intérêts halieutiques (soles, bars, éperlans...). L'analyse globale du peuplement de poissons met en évidence une dominance du peuplement par deux espèces : La sole et le flet.

Tout d'abord, la sole fréquente de manière très abondante le site de Donges en avril et mai (lors des plus fortes abondances). En juin et juillet, ce sont les sites de Donges et de Pierre Rouge qui sont abondamment fréquentés. La sole est géographiquement localisée sur les vasières de faibles profondeurs de Donges durant les phases de fortes croissances des juvéniles. Les performances de croissance de cette espèce peuvent atteindre 90 mm en 7 mois pour la cohorte 0+ et 70 mm sur la même période pour les individus de la classe 1 (Parlier et Feunteun 2004). Ces croissances fortes sont similaires à celles décrites précédemment (Marchand 1981b; Marchand et Schaan 1994a; Quéro et Vayne 1997b). Ensuite, les flets sont présents au mois de mai et juin en grande quantité sur les sites de Moutons et de Pierre Rouge. De fortes abondances de flets sont ensuite observées sur les sites de Donges et de Pierre Rouge au mois de juillet. Les juvéniles de flet, occupent les vasières (entre 2 et 4 m CM) les plus aval de la zone d'échantillonnages : Donges, les Moutons et Pierre Rouge. En plus de ces deux espèces principales que sont la sole et le flet, le site de Pierre Rouge est

colonisé abondamment par d'autres espèces durant la période d'échantillonnage. En effet, de fortes densités de bars, anchois, sprats et mulets sont observées.

La présente étude a permis de mettre en évidence le processus de recrutement des juvéniles de bars. En revanche, les méthodes d'échantillonnage utilisées ne permettent pas la capture d'individus de moins de 75 mm. Cependant, les études démographiques ont mis en évidence des croissances importantes chez les individus de la classe 1 (70 mm sur 7 mois). Contrairement aux espèces de poissons plats, le bar occupe tous les sites de l'estuaire. Une légère préférence est observée pour le site de Pierre Rouge notamment par les grands individus, mais les plus grandes abondances de bars sont observées au mois de septembre. Une étude complémentaire sur le recrutement des jeunes de l'année doit être envisagée.

La population d'éperlans échantillonnée en Loire présente une colonisation très particulière. En effet, la plupart des individus ont été capturés lors du mois de mai sur le site de la percée du Carnet. Ce site, aménagé lors des travaux d'endiguement des bords de Loire semble jouer, étonnamment, un rôle très important pour cette espèce. Sa fonction principale (nourricerie et/ou frayère) avait déjà été identifiée par Robin (1984).

L'estuaire de la Loire, déjà très anthropisé joue incontestablement un rôle de nourricerie pour les espèces habituellement rencontrées dans les peuplements estuariens. Les fortes densités de poissons et les performances de croissances de ces espèces sont là pour l'attester (Parlier et Feunteun 2004). Cependant, l'aménagement important de l'estuaire a eu pour effet de diminuer sa capacité d'accueil (perte et réduction de qualité des habitats). Aussi la fonction de nourricerie doit être analysée sur un ensemble plus important de critères que les seules fortes densités ou les fortes croissances (Beck et al. 2001; Parlier 2002), en particulier pour analyser la contribution réelle de la Loire au maintien des stocks côtiers de bars et de soles du littoral.

## **6. Remerciements.**

Cette étude a été financée par le Port Autonome de Nantes Saint-Nazaire. Elle est issue d'une collaboration entre la société CREOCEAN S.A. et le Laboratoire de Biologie et Environnement Marins de l'Université de La Rochelle FRE 2727 CNRS-ULR.

Nous tenons à remercier Julien GRIGNON, M.M. Louis et Yannick VILAINE, ainsi que les personnels de CREOCEAN S.A. pour leurs aides précieuses lors des tris, et des échantillonnages de terrain.

## **Chapitre 4 : Impacts des modifications de la structure de la végétation des marais salés tidaux de l'Europe de l'ouest sur la fonction de nourricerie.**

*Vers la définition de guildes colonisatrices.*

**Impact of vegetation structure dynamics and usage on the  
nursery function of West European tidal salt-marshes.**

**Emmanuel P. Parlier, François Albert, Paul-Alexis Cuzange,  
Jérémy Don, Eric Feunteun\*.**

Laboratoire de Biologie et Environnement Marins, FRE 2727 ULR-CNRS, Avenue Michel  
Crépeau, 17 042 LA ROCHELLE Cedex 02.

\*courriel : [efeunteu@univ-lr.fr](mailto:efeunteu@univ-lr.fr)

*Soumis au cahier de biologie marine le 29 septembre 2005, accepté après  
révision le 14 mars 2006.*

**Impact of vegetation structure dynamics and usage on the nursery function  
of West European tidal salt-marshes.**

Parlier Emmanuel P., Albert François, Cuzange Paul-Alexis, Don Jérémy, Feunteun Eric\*.

Laboratoire de Biologie et Environnement Marins, FRE 2727 ULR-CNRS, Avenue Michel  
Crépeau, 17 042 LA ROCHELLE Cedex 02.

Fax: 05.46.45.82.64

\* Corresponding author: efeunteu@univ-lr.fr

## **1. Résumé .**

L'étude du peuplement piscicole du marais salé de la baie de l'Aiguillon (France) et de la baie du Mont Saint-Michel a permis de mettre en évidence une structuration en guildes colonisatrices de ce système singulier. Certaines espèces colonisent le marais exclusivement lors de la ou des premières années (jeunes de l'année et juvéniles colonisateurs des marais salés). D'autres espèces sont résidentes comme les gobies du genre *Pomatoschistus spp.* et effectuent la totalité de leur cycle biologique aux alentours du marais (espèces résidentes colonisatrices des marais salés). Une autre catégorie d'espèces fréquente le marais de manière opportuniste en tant que zone privilégiée d'alimentation soit aux jeunes stades soit à l'âge adulte (espèces opportunistes colonisatrices des marais salés). Les activités liées à la conservation de l'avifaune induit des modifications de l'architecture végétale initialement présente pour des prairies rases à puccinellies, entraînant une raréfaction des communautés d'arthropodes proies tels que *Orchestia gammarellus*. Ces mesures de gestion semblent antagonistes avec la fonction de nourricerie de ces écosystèmes qui soutiennent les populations à caractères halieutiques comme le bar. Une comparaison des communautés piscicoles de la baie du Mont Saint-Michel et de la baie de l'Aiguillon a montré deux fonctions de nourricerie un peu différente, centrée sur des espèces plutôt pélagiques pour la baie du Mont Saint-Michel, et autour du bar, des clupéidés et de l'anchois pour la baie de l'Aiguillon. La fonction généralement décrite de nourricerie de bar dans le premier site semble altérée. De très faibles abondances de juvéniles ont été observées. L'impact des activités de pâturages ovins, de la fauche et de l'invasion du chiendent maritime (*Elytrigia atherica*) semble modifier la fonction initiale de nourricerie des ces espaces littoraux.

## 1. Abstract.

An analysis of the fish community of Aiguillon bay (France) and Mont Saint-Michel bay was performed in order to identify the fish settler guild structure. Some species settled in salt marshes only in their first years when they were young-of-the-year or juveniles (*YoY salt marsh settlers* and *juvenile salt marsh settlers*). Others fish species were *resident salt marsh settlers* like gobies (*Pomatoschistus spp.*) that conduct all their life cycle in this ecosystem. Another settler guild is composed of species that show opportunistic settler behaviour. These species forage in the salt marsh at either young or adult stages (*opportunistic salt marsh settlers*). Management for bird conservation leads to modifications in vegetation structure. The halophytic community is mowed every year during spring and autumn to create favourable habitats for Anatidae and wader conservation. This management seems to have adverse effects on the nursery role for fish populations such as Seabass. A comparison between the nursery role of Aiguillon bay and Mont Saint-Michel Bay showed significant differences. The first bay sustains preferentially young-of-the-year of pelagic species. The Aiguillon bay sustains many YoY species (Seabass, European anchovy and Clupeidae YoY). The key nursery role often described seems to be disturbed in Mont Saint-Michel bay. Low juvenile abundances were observed. Sheep grazing impact and invasion by the grass *Elytrigia atherica* seems to have modified the initial nursery function of these coastal zones.

**Keywords:** *fish community, nursery function, estuarine systems, settlers guilds, Aiguillon bay, Mont Saint-Michel bay.*

**Mots clés :** *communauté piscicole, fonction de nourricerie, systèmes estuariens, guildes colonisatrices, baie de l'Aiguillon, baie du Mont Saint-Michel.*

## 2. Introduction.

The ecosystem complexes formed by European intertidal mudflats and salt marshes play an important nursery role for many species of fish (Riou 1999a; Laffaille et al. 2000a; Le Pape et al. 2000; Lefeuvre et al. 2000). Most of these species have the capacity to withstand large variations in salinity (Elie et al. 1990). They can therefore take advantage of the high production of organic matter on these coastal mudflats (Christensen et Pauly 1998; Laffaille et al. 2002) or on their adjacent saltmarshes (Laffaille et al. 1998). Some of these species have an economic fisheries interest and also participate actively in transfers of organic matter between the tidal marshes and adjacent coastal systems (role of biotic vector).



By means of these trophic transfers, these ecosystems export organic matter toward coastal waters (Teal et Teal 1962). This process, defined as outwelling by Odum (1968) enriches the coastal zones and enables sustainable exploitation practices such as fishing and shellfish cultivation to install there (Lefeuvre et al. 2003). However, the human activities (mowing, management, fishing, etc.) conducted on the upper vegetated parts of these remarkable areas can have adverse effects on their nursery function. Laffaille *et al.* (2001) have shown that intensive sheep grazing activities on the grasslands of the Mont Saint-Michel bay reduce the nursery value of these coastal environments. The processes related to the invasion by sea couch grass *Elytrigia atherica* (Link, 1886) which could result from runoff from agricultural land (Bockelmann et Neuhaus 1999; Valery 2001) change accessibility to resources of terrestrial origin thereby changing fish diets (Laffaille et al. 2005). This is notably the case for young Seabass (*Dicentrarchus labrax*, L. 1758) and gobies of the genus *Pomatoschistus spp.* (Laffaille et al. 2000a; Parlier 2002).

Most of the salt marsh area of the Aiguillon bay is managed as two nature reserves (Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage and Ligue de Protection des Oiseaux). These two reserves have produced a joint management plan, mainly aimed at the conservation of waders and Anatidae, the area being a RAMSAR Convention site for the knot (*Calidris canutus*, L. 1758), black-tailed godwit (*Limosa limosa*, L. 1758) and widgeon (*Anas penelope*, L. 1758). In order to improve the carrying capacity of the salt marshes for these species, the north-west part of the area is mown (Fig. 1), whereas in another area further south in the bay, the salt marshes are not subjected to any mowing or grazing activity. The highly productive vegetation is therefore organised along the standard succession observed in such habitats, from the pioneer zones dominated by *Puccinellia maritima* (Hudson, 1750) and/or *Spartina spp.*, to the mature marsh areas dominated by purslane (*Halimione portulacoides*, L. 1758). These management options chosen in different parts of the Aiguillon bay, probably have consequences on the structure of the characteristics fish communities of these nursery areas.

The aim of this study was therefore to analyse the effects of marsh management on the annual variations in the functional structure and the abundance of the fish community. It will rely in particular on an analysis of ecological guilds, and on a seasonal comparison with the Mont Saint-Michel bay.

### 3. Material and methods :

#### 3.1. Description of study sites :

The nature reserves of the Aiguillon bay situated in Vendee (north) and Charentes Maritime administrative districts (south) on the Atlantic coast of France constitute an ecological area consistent in term of spatial distribution for fish. This area consists of 3700 ha of bare mud-flats, of 1100 ha of salt marshes ("mizottes") at the head of the bay, and of 100 ha of tidal creeks (Meunier et Joyeux 2003). The salt marshes are the subject of a management plan involving mowing to maintain grassland suitable for Anatidae. The areas drained by the creeks flowing into the Canal de Luçon are therefore mown between May and July, favouring *Puccinellia maritima* and *Elytrigia atherica* communities to the detriment of the original community dominated by *Halimione portulacoides* that is much more productive and offers a suitable habitat for amphipods such as *Orchestia gammarellus* (Pallas 1766). In addition to management activities, there is a very intensive elver fishery from mid-November to early March. The winter of 2003-2004 was notable for the large number of intrusions into the Canal de Luçon, particularly by professional fishermen (Meunier pers. comm.). The sampling sites are situated on either side of the tidal channel of the Sèvre Niortaise River. The Canal de Luçon site (46°18'57N; 01°09'53W) was chosen for its position as a tributary of the canal (10 m wide). It drains the water of an artificial catchment of 10 ha that is cut for hay as part of the management plan. The vegetation is dominated by *E. atherica*. The second study site is a tributary of the Canal du Curé (46°15'49 N; 01°07'09W) that drains about 10 ha of *H. portulacoides* salt marshes.

A complementary study consisting of two fishing surveys (at the same time as those conducted in the Aiguillon bay) was conducted in two sites in the Mont Saint-Michel bay (48°40' N, 1°40' W) already studied for many years (Laffaille et al. 2000a; Parlier 2002; Laffaille et al. 2005). The two creeks studied were a few hundred metres apart and both drained an area of salt marshes of about ten hectares. The plant community had the normal vegetation succession typical of a salt marsh in one of the sites (Ponton), whereas the other (Tesnière) had been subject to severe changes in plant structure as a result of invasion by *E. atherica* (see Parlier, 2002).

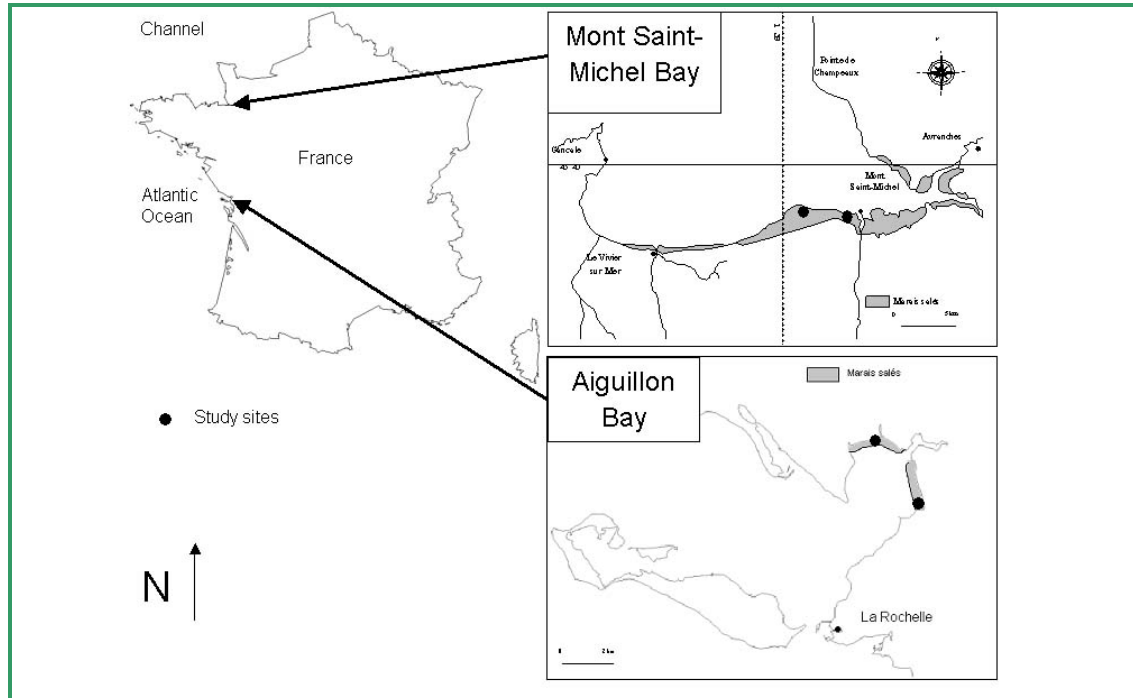


Figure 23 : Location of the Aiguillon bay and the Mont Saint-Michel bay.

Figure 23 : Situation de la baie de l'Aiguillon et de la baie du Mont Saint-Michel.

### 3.2. Sampling methods.

In the Aiguillon bay, the catches were conducted between April 2003 and April 2004 (except in January) with one sampling per month for the Canal du Curé site, and two samplings per month for the Canal de Luçon site between April and August 2003, then one monthly sampling for the rest of the study. The sampling dates were always timed to coincide with tidal coefficients greater than 85 (*i.e.* more than 85% of the height of spring tides, or a tidal range of 6 m), after which fish could enter the drainage creeks. The salt marshes are covered by the tide when the coefficient is over 95. Particular care was taken to conduct the fishing in weather conditions that were as similar as possible, and whenever possible when the tide was increasing from neap to spring. The fishing gear used was a combination of a fyke net (4 mm mesh, 20 m of long and 1,80 m tall) and two gill nets (30 and 70 mm mesh, 30 m long and 2 m tall) in accordance with methods proven in such environments to reduce the selectivity of each type of gear (Duhamel et al. 2002; Parlier 2002). The fishing gear was set at slack high water and left in place until the creeks had almost emptied. The drainage creeks were almost empty at half-tide. Samplings lasted for 20 min at intervals of 5 min throughout the duration of the ebb tide. The fish catches were stored at  $-18^{\circ}\text{C}$  in the

laboratory until identification to species level. Once identified, the total length in mm (TL), fork length (FL) and fresh weight to the nearest mg (FW) were measured. Measurements were conducted on sub-samples when the samples were too large (there was a pronounced shoaling effect in the juvenile stages of some species). Estimates of the numbers and biomass were then made using the mean weights per size class.

Two additional seasonal sampling campaigns (spring and autumn) were conducted at the same time in Mont Saint-Michel bay. They consisted of 7 catches in June and 7 in September using the same sampling methods, and in similar conditions. A comparison in spring and autumn between the two bays was then made to assess any latitudinal differences that could exist between these two salt marshes on the west coast of France.

In order to estimate the share of each age group present in our samples, two analyses are carried out in the same time. Firstly, individuals of each species are old near at the year using length frequency diagram. Secondly, a validation is carried out thanks to a scalimetric analysis under binocular magnifying glass.

A numerical distribution of each cohort is practised in order to estimate the percentages of each cohort (G0, G1 and G2 & +). Thus, various groups are describe by using the respective percentages of YoY (G0), of G1 and of G2 and +. This classification in guild is related then to these percentages. Four behaviours of colonization of the estuarine complexes can be identified and gathered in colonizing guilds:

(i) Only the first stage is present (Young-of-the-Year or YoY). These species then are qualified young of the year settlers (*YoY Salt Marsh Settlers*). (%G1 < 10% ; %G2 < 5%).

(ii) Secondly, the young-of-the-year and the youthful ones are present in the studied zone. One will then speak about youthful or juvenile settlers (*Juvenile Salt Marsh Settlers*). (%G1 > 10% ; %G2 < 5%).

(iii) Thirdly, when various cohorts are present but that all the ecophases are not indexed, one speaks about opportunist saltmarsh settlers (*Opportunistic Salt Marsh Settlers*). (%G1 10%; %G2 5%).

(iv) Lastly, when all the cohorts are present, in spite of the temporary side of these mediums undergoing marling one will speak about resident settlers (*Resident Salt Marsh Settlers*).

### 3.3. Analyses.

The Catch Per Unit Effort (CPUE) (number or biomass per min of fishing) was calculated for each species from the numbers and biomasses captured (Laffaille 2000).

$$N_{i-i+1} = \frac{\left(\frac{N_i}{t_i}\right) + \left(\frac{N_{i+1}}{t_{i+1}}\right)}{2} \times t_{i-i+1}$$

$$CPUE = \frac{\sum N_{i+1} + \sum N_i}{\sum t_{i+1} + \sum t_i}$$

Where:

- CPUE = Number or biomass of fish per species per minute
- $t_i$  = Sampling duration in minutes
- $t_{i-i+1}$  = Time in minutes between samples  $i$  and  $i+1$
- $N_i$  = Quantity of fish captured per species (in numbers or biomass) during sampling  $i$ .
- $N_{i-i+1}$  = Estimate of the quantity of fish per species (in numbers or biomass) having colonised the salt marshes between samplings  $i$  and  $i+1$

The temporal variations in the structure of the community were analysed by cluster analysis (Euclidian distance, Ward's method), the CPUE values were  $\log(x+1)$  transformed as recommended by Field *et al.* (1982). Species only recorded a single time or in a single sample were excluded from the analysis.

An analysis of the size frequency distribution was conducted on the fish populations captured in the salt marshes of the Aiguillon bay. Three size classes were used: young-of-the-year (YoY), juveniles and adults. A cluster analysis was conducted on the percentages of these classes. The values were  $\log(x+1)$  transformed as recommended by Field *et al.* (1982).

## 4. Results.

### 4.1. Composition of the fish population of the Aiguillon bay :

A total of 16 302 fish belonging to 22 species were captured during the samplings (20 genera) with a total biomass of more than 115 kg. More than 60% of the species occurred in both sites. Four different ecological guilds were present (Elie *et al.* 1990; Laffaille *et al.* 2000a). Three transient species (amphihaline catadromous) were captured (Eel (*Anguilla anguilla* L. 1758), Thinlip mullet (*Lira ramada*, Risso, 1810) and Flounder (*Platichthys*

*flesus*, L. 1758). They frequent the estuarine zone during their migrations. Two strict marine species were caught during the sampling, the Garfish (*Belone belone*, L. 1761), and the transparent goby (*Aphia minuta*, Risso 1810). More than half of the population was composed of marine euryhaline species (Sandeel (*Ammodytes tobianus*, L. 1758), Silverside (*Atherina presbyter*, Cuvier 1829), Atlantic herring (*Clupea harengus*, L. 1758), Seabass (*D. labrax*), Golden grey mullet (*Liza aurata*, Risso 1810), Pilchard (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792), European anchovy (*Engraulis encrasicolus*, L. 1758), European sprat (*Sprattus sprattus*, L. 1758), Common sole (*Solea solea*, L. 1758), Gilt head (*Sparus aurata*, L. 1758)). The rest of the population (about 20%) was composed of resident autochthonous species (Three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*, L. 1758), Gobies of genus *Pomatoschistus spp.* and Nilsson's pipefish (*Syngnathus rostellatus*, Nilsson 1855)).

The fish population was dominated in terms of biomass by Mugilidae, accounting for 93.6% of the total biomass captured (81.1% for Thinlip mullet and 12.5% for Golden grey mullet). Eight species accounted than 93% of total numbers, in order of importance they were Seabass, Golden grey mullet, Thinlip mullet, Common goby (*Pomatoschistus microps*, Krøyer 1838), European anchovy, Sand goby, Clupeidae yoy and European sprat. However, these species did not colonise the salt marsh creeks in the same way and at the same frequency. The species occurring in the largest number of samples were classified as frequent (Table 1). These were mullets of the genus *Liza* (Golden grey mullet, %FO=92.6%, Thinlip mullet, %FO=77.8%), and the Sand goby (%FO=85.2%). Seabass occurred in 66.7% of catches. Six species were captured accidentally (%FO<10%), either as a single individual (Sandeel, Transparent goby, Garfish, Atlantic herring, Gilt head).

#### 4.2. Size structure and colonising guilds :

Examination of the mean sizes of fish catches show that young stages were present for almost all species. Some species only occurred in the marsh at the juvenile stage. This was the case for Seabass, European anchovy, Common sole, Pilchard and Flounder). For these species only young-of-the-year were present. Other species occupied the salt marshes for a longer period (*i.e.* several years in succession). In this case several cohorts could be recorded at the same time, as with the European sprat and Golden grey mullet that inhabit the salt marsh exclusively during their first years of life, before breeding. In contrast, some species such as the gobies (*Pomatoschistus microps*, & *Pomatoschistus minutus* (Pallas, 1770)), that are resident, colonise the marsh throughout their life cycle. Another type of salt

Chapitre 4 : Impact of vegetation structure dynamics and usage on the nursery function of West European tidal salt-marshes.

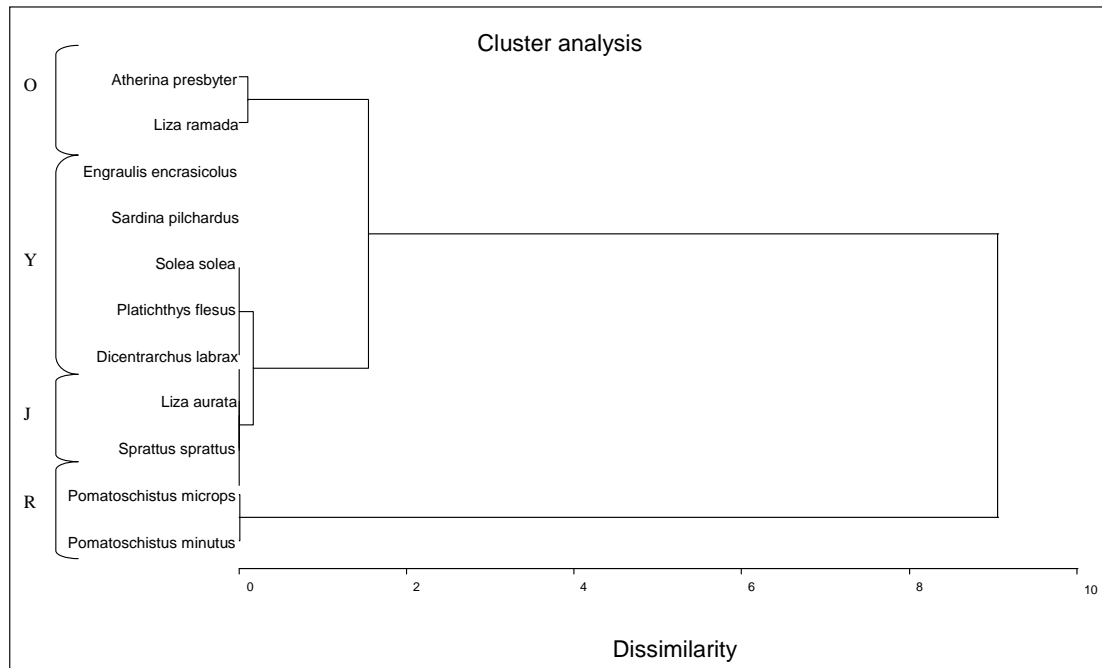
marsh colonisation is observed, especially in the Silverside and Thinlip mullet, since juvenile and old fish are present at the same time in the marsh, but intermediate age classes are absent. The high biomasses of the latter species can also be explained by the presence of very large individuals weighing over a kilogram.

**Tableau 25 : Percentage of each maturity class (young-of-the-year, juvenile, adult) of fish species caught in Aiguillon bay between April 2003 and April 2004.**

**Tableau 25 : Pourcentage de chaque classe de maturité (jeune de l'année, juvéniles et adulte) des espèces de poissons capturées en baie de l'Aiguillon entre avril 2003 et avril 2004.**

Species	Common name	Aiguillon bay				N	Parlier et al. (this study)	Elie et al. 1990
		%G0	%G1	%G2et+				
<i>Atherina presbyter</i>	Silverside	100	-	-	34	<i>YoY Settler</i>	<i>Euryhaline marine</i>	
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Seabass	98,6	0,8	0,6	5 464	<i>YoY Settler</i>	<i>Euryhaline marine</i>	
<i>Engraulis encrasicolus</i>	Anchovy	100	-	-	1 063	<i>YoY Settler</i>	<i>Euryhaline marine</i>	
<i>Liza aurata</i>	Golden grey mullet	95,6	3,8	0,6	2 853	<i>YoY Settler</i>	<i>Euryhaline marine</i>	
<i>Liza ramada</i>	thinlip mullet	66,3	11,5	22,2	2 572	<i>Juvenile Settler</i>	<i>Diadromous</i>	
<i>Platichthys flesus</i>	Flounder	100	-	-	52	<i>YoY Settler</i>	<i>Diadromous</i>	
<i>Pomatoschistus microps</i>	Common goby	29,37	70,63	-	1 495	<i>Resident</i>	<i>Estuarine</i>	
<i>Pomatoschistus minutus</i>	Sand goby	-	100	-	1 007	<i>Resident</i>	<i>Estuarine</i>	
<i>Sardina pilchardus</i>	Pilchard	100	-	-	4	<i>YoY Settler</i>	<i>Euryhaline marine</i>	
<i>Solea solea</i>	Common sole	100	-	-	25	<i>YoY Settler</i>	<i>Euryhaline marine</i>	
<i>Sprattus sprattus</i>	European sprat	100	-	-	515	<i>YoY Settler</i>	<i>Euryhaline marine</i>	

A cluster analysis was conducted on the three previously defined size classes: young-of-the-year, juveniles and adults. Figure 24 shows an organisation into four groups. An O group (*Opportunistic salt marsh settlers*) for which the species are present during most stages, but which are not resident species (Silverside and Thinlip mullet). A Y group (*Young-of-the-year salt marsh settlers*) including the European anchovy, Pilchard, Common sole, Flounder and Seabass. These are species for which only the young-of-the-year are present in the salt marshes. Other cohorts can be encountered but much less frequently. The Golden grey mullet and European sprat constitute the third J group (*Juvenile salt marsh settlers*). These two species are frequent for more than one year in the salt marshes, but the older stages are not encountered. The two species of gobies constitute the last R group (*Resident salt marsh settlers*). All stages of these species occur because they are resident.



**Figure 24 : Cluster analysis (Ward's method, Euclidian distances) on fish population structures in Aiguillon bay (classification by percentage of each year class: young-of-the-year, juvenile, adult). Data have been log (x+1) transformed (Field, et al., 1982).**

**Figure 24 : Classification Ascendante Hiérarchique (Méthode de Ward, distance euclidienne) des structures de populations de poissons de la baie de l'Aiguillon (les individus de chaque espèce sont classés en pourcentage de chaque groupe : jeune de l'année, Juvénile, Adulte). Les données sont transformées en log (x+1) (Field, et al., 1982).**



Chapitre 4 : Impact of vegetation structure dynamics and usage on the nursery function of West European tidal salt-marshes.

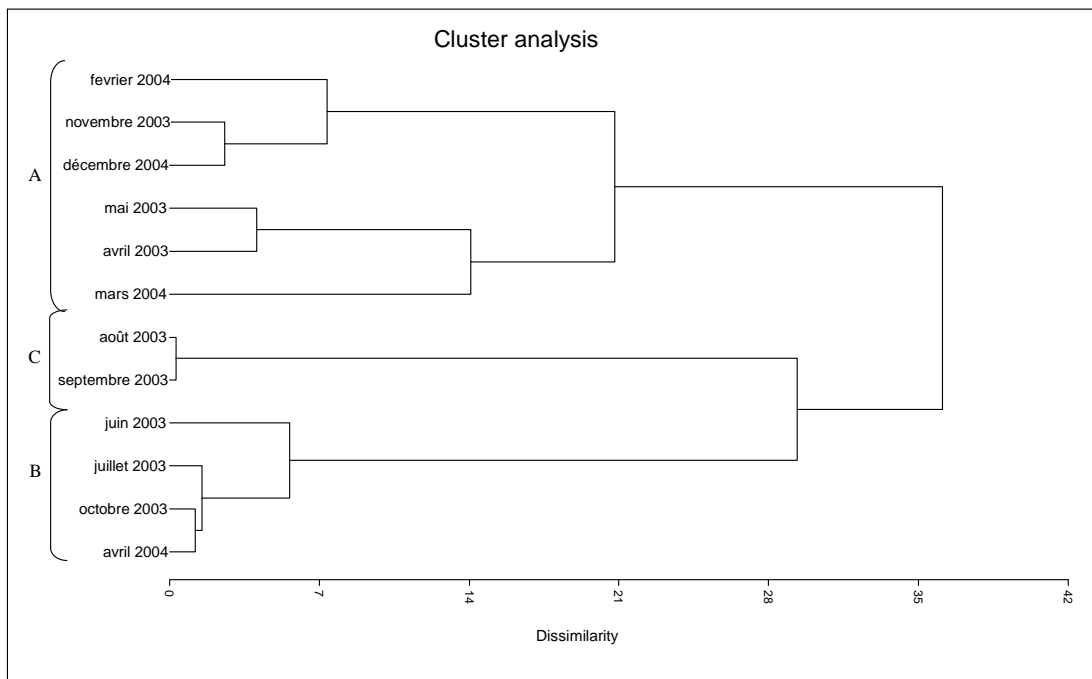
**Table 26 : Characteristics of the communities' structure and population structure in Aiguillon bay between April 2003 ad April 2004. Total length, numerical abundance and %N: Relative numerical abundance. Biomass and %B: Relative abundance in terms of biomass, %FO: Frequency of occurrence. Frequency class.**

**Tableau 25 : Composition du peuplement de poissons capturés en baie de l'Aiguillon entre avril 2003 et avril 2004 et indicateurs de la structure en taille des populations. Longueur totale, contribution numérique %N : abondance numérique relative. Biomasse et %B : Biomasse relative, %FO : fréquence d'occurrence et classe de fréquence d'occurrence.**

Species	Common name	Total length mm					% N	Biomass g	% B	% FO	Frequency class	
		Mean	se	Min	Max	N						
<i>Liza aurata</i>	Golden grey mullet	51,2	34,3	15,0	456,0	2 853	17,5%	14 374,3	12,5%	92,6	Frequent	100>>75
<i>Pomatoschistus microps</i>	Common goby	26,9	8,7	10,0	67,0	1 495	9,2%	285,3	0,2%	85,2		
<i>Liza ramada</i>	Thinlip mullet	120,6	132,8	13,0	542,0	2 572	15,8%	93 476,0	81,1%	77,8		
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Seabass	33,0	23,2	10,0	296,0	5 464	33,5%	6 053,7	5,3%	66,7	Common	75>>50
<i>Pomatoschistus minutus</i>	Sand goby	36,3	9,5	14,0	70,0	1 007	6,2%	186,7	0,2%	59,3		
<i>Sprattus sprattus</i>	European sprat	34,5	9,6	21,0	104,0	515	3,2%	112,2	0,1%	51,9		
<i>Clupea sp.</i>	Clupeidae yoy	31,7	6,0	17,0	53,0	960	5,9%	91,2	0,1%	44,4	Occasional	50>>25
<i>Engraulis encrasicolus</i>	Anchovy	32,6	7,8	12,0	81,0	1 063	6,5%	200,9	0,2%	44,4		
<i>Anguilla anguilla</i>	European eel	124,5	55,7	64,0	316,0	26	0,2%	128,9	0,1%	37,0		
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Three-spined stickleback	27,3	3,5	18,0	46,0	117	0,7%	21,0	0,0%	29,6	Rare	25>>10
<i>Mugilidae sp.</i>	Mugilidae yoy	22,0	6,9	12,0	45,0	102	0,6%	162,5	0,1%	25,9		
<i>Atherina presbyter</i>	Silverside	55,6	45,1	16,0	141,0	34	0,2%	152,5	0,1%	22,2		
<i>Platichthys flesus</i>	Flounder	18,3	5,4	10,0	44,0	52	0,3%	2,9	0,0%	14,8	Accidental	<10
<i>Syngnathus rostellatus</i>	Nilsson's pipefish	102,0	50,6	44,0	164,0	4	0,0%	2,2	0,0%	14,8		
<i>Sardina pilchardus</i>	Pichard	55,5	17,7	45,0	82,0	4	0,0%	4,3	0,0%	11,1		
<i>Solea solea</i>	Common sole	19,6	8,7	9,0	40,0	25	0,2%	1,3	0,0%	11,1	Accidental	<10
<i>Pomatoschistus sp.</i>	Gobiidae yoy	23,5	3,3	19,0	26,0	4	0,0%	0,3	0,0%	7,4		
<i>Ammodytes tobianus</i>	Sandeel	70,0	-	70,0	70,0	1	0,0%	0,7	0,0%	3,7		
<i>Aphia minuta</i>	Tarnsparent goby	18,0	-	18,0	18,0	1	0,0%	-	0,0%	3,7	Accidental	<10
<i>Belone belone</i>	Garfish	54,0	-	54,0	54,0	1	0,0%	0,1	0,0%	3,7		
<i>Clupea harengus</i>	Atlantic herring	43,0	-	43,0	43,0	1	0,0%	0,2	0,0%	3,7		
<i>Sparus aurata</i>	Gilt head	33,0	-	33,0	33,0	1	0,0%	0,4	0,0%	3,7	Accidental	<10
Total						16 302		115 257,6				

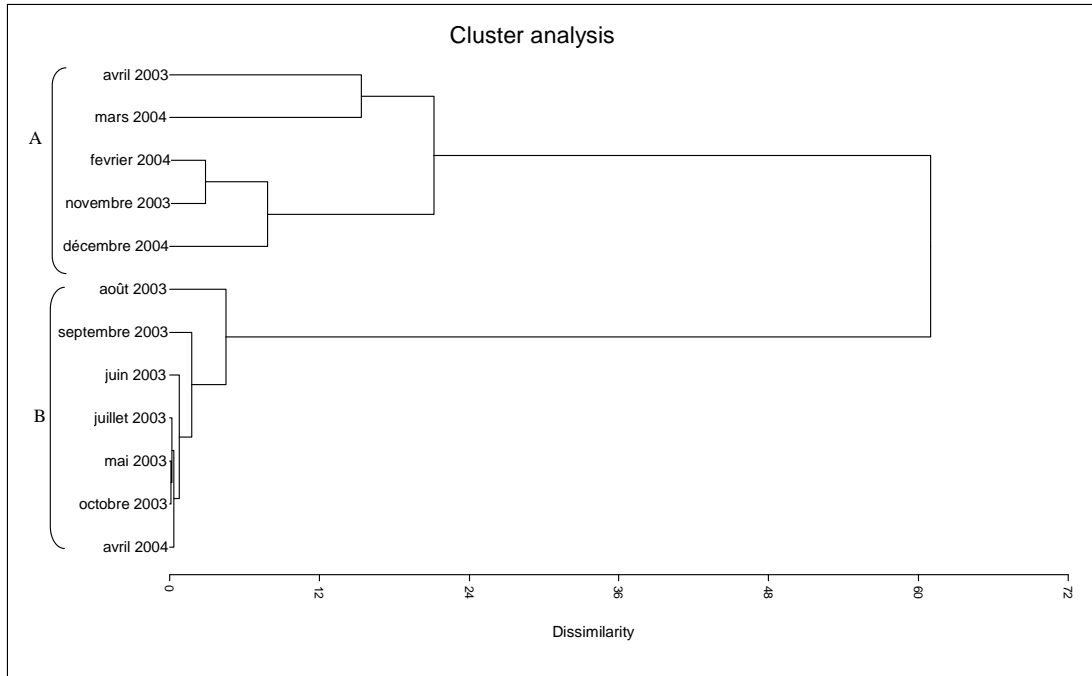
*4.3. Temporal variations in the fish population of the Aiguillon bay :*

The biomass of mullets accounted for nearly 94% of the total biomass. We conducted the cluster analysis without these two species. The study of numerical CPUE showed a division into three major periods: winter (A), spring/autumn (B) and summer (C). The winter period is characterised by the small number of species and low abundance. In contrast, spring is characterised by a very high abundance of juveniles and a high diversity (especially in early summer). A third group formed by August and September samples is also discriminated and they are characterized by low specific richness and by low numerical abundance (impact of strong summer heats). The biomass structure is relatively similar, but only 2 clusters are identified, summer and spring samples being grouped together. Relatively low biomasses occur during winter (A) while higher biomasses are observed during summer (B).



**Figure 25 : Cluster analysis (Ward's method, Euclidian distances) on numerical CPUE values for fish caught between April 2003 and April 2004 in the Aiguillon Salt marshes. CPUE values have been log (x+1) transformed (Field et al., 1982).**

**Figure 25 : Classification Ascendante Hiérarchique (Méthode de Ward, distance euclidienne) des CPUE numériques du peuplement de poissons capturé entre avril 2003 et avril 2004 dans les marais salés de la baie de l'Aiguillon. Les valeurs des CPUE numériques sont transformées en log (x+1) (Field, et al., 1982).**



**Figure 26 : Cluster analysis (Ward's method, Euclidian distances) on numerical CPUE values for fish caught between April 2003 and April 2004 in the Aiguillon Salt marshes. CPUE mass values have been  $\log(x+1)$  transformed (Field et al., 1982).**

**Figure 26 : Classification Ascendante Hiérarchique des CPUE pondérales (Méthode de Ward, distance euclidienne) du peuplement de poissons capturé entre avril 2003 et avril 2004 dans les marais salés de la baie de l'Aiguillon.**

#### 4.4. Spatial variations in the fish population of the Aiguillon bay :

The structure generally encountered, with high numerical abundances in summer and low ones in winter was only evident for the Canal du Curé. The Canal de Luçon site had a relatively stable pattern with time (the summer peak in abundance was absent). The CPUE in terms of numbers in May, June and July were significantly different between the two sites (Mann-Whitney,  $p < 0.05$ ) with means for the Canal du Curé of 32.24 fish/min ( $\pm 16.05$ ) and of 3.05 fish/min ( $\pm 1.63$ ) for the Canal de Luçon (Figure 27).

In terms of biomass (Figure 28) the mean annual catches at the two sites showed no significantly different values (Mann-Whitney,  $p < 0.05$ , *NS*), because of the very great variation between months (62.85 g/min  $\pm 56.90$  vs 36.51 g/min  $\pm 66.45$ ). However, the sum of biomass CPUE values for the Canal du Curé was two times higher than that of the Canal de Luçon (365.1 g vs 628.5 g). The high biomasses were caused by the presence of large individuals of detritivorous/benthic-feeding species. The Thinlip mullet could account for up to 98% of the monthly biomass, as in May (175.9 g/min) or in November (78.8 g/min).

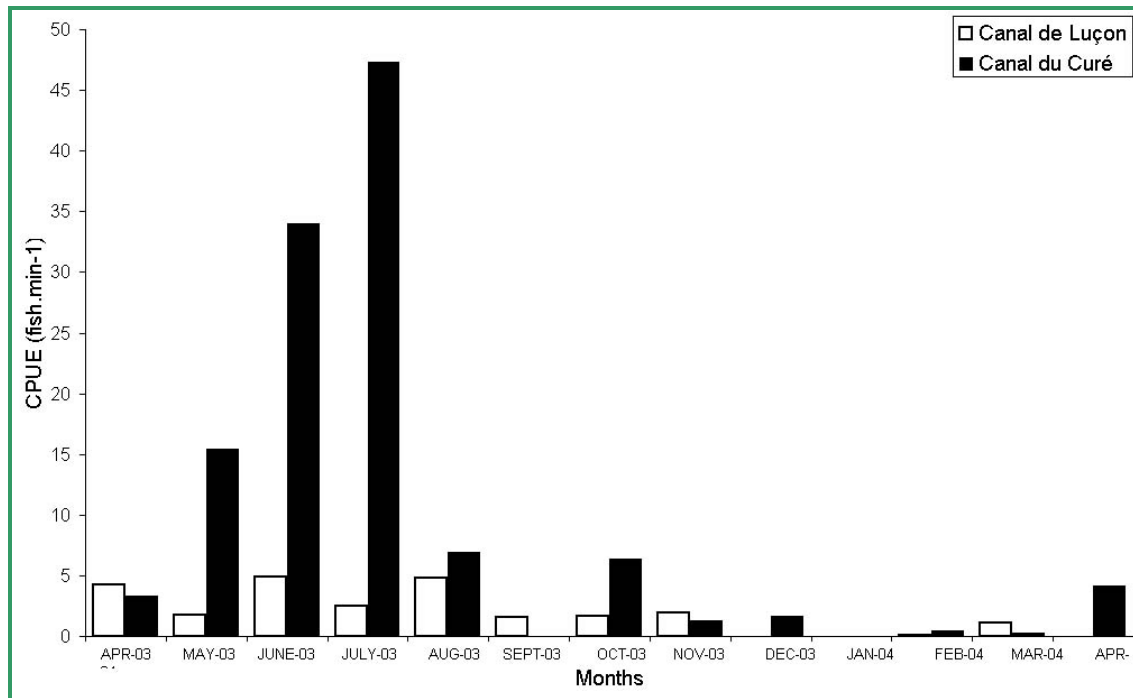


Figure 27 : Numerical CPUE (ind/min) for catches made in Aiguillon bay from April 2003 to April 2004.

Figure 27 : CPUE numériques (ind/min) des captures effectuées en baie de l'Aiguillon entre avril 2003 et avril 2004.

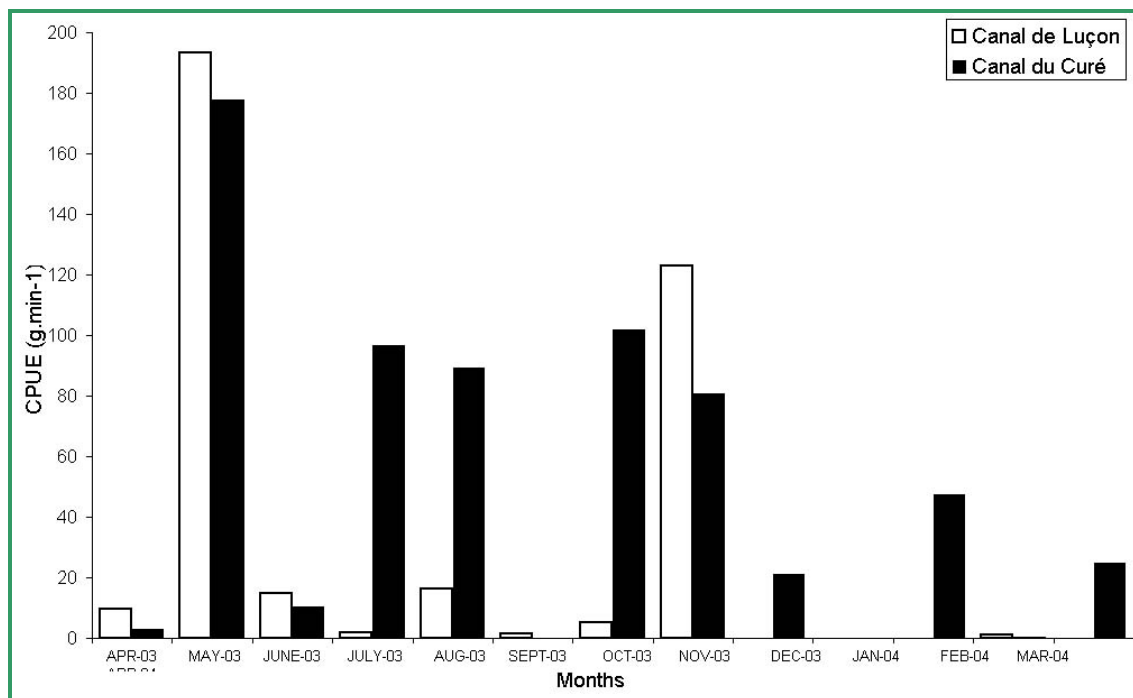


Figure 28 : Biomass CPUE (en g/min) for catches made in Aiguillon bay between April 2003 et April 2004.

Figure 28 : CPUE pondérales (g/min) des captures effectuées en baie de l'Aiguillon entre avril 2003 et avril 2004.

*4.5. Composition of the fish population of the Mont Saint-Michel bay :*

The spring and autumn surveys in Mont Saint-Michel bay captured 10 316 fish with a total biomass of 14 kg. Fifteen species belonging 13 genera were recorded. The same ecological guilds that were defined above were present. With the exception of the Greater weever all the species captured also occurred in the Aiguillon bay. On the other hand, 7 species were not captured in Mont Saint-Michel bay during this survey (Transparent goby, Silverside, Pilchard, Common sole, Nilsson's pipefish, European anchovy and Gilt head). The latter two species have not been recorded in Mont Saint-Michel bay (this is situated outside the distribution range of the Gilt head, and the European anchovy prefers to colonise saline waters rather than salt marshes). The great majority of the fish captured belonged to juvenile stages, and in particular to the young-of-the-year group (European sprat, Clupeidae yoy, Seabass, Flounder, Greater weever). Mulletts accounted for nearly 91% of the total biomass (Thinlip mullet %B=74.32% and Golden grey mullet %B=16.11%). The mullet species and the Common goby were the most frequently encountered species (%F>75%). Next came the European sprat (%F=71.4%), Clupeidae yoy and Seabass with a frequency of occurrence of 57.1% (Table 2). The numbers were largely dominated by the Sand goby (%N=45.61% i.e. 4705 fish) and the Thinlip mullet with 3425 individuals (Thinlip mullet %N=33.20%).

The structure of the colonising guilds was also investigated in the species present in Mont Saint-Michel bay (not presented).

Chapitre 4 : Impact of vegetation structure dynamics and usage on the nursery function of West European tidal salt-marshes.

**Table 27 : Comparison of the fish communities' abundance sampled in Mont Saint-Michel bay in spring and autumn 2003. CPUE numerical (nb of fish / min), total number of fish, total weight of the catches.**

**Tableau 27 : Composition des peuplements de poissons capturés en baie du Mont Saint-Michel au printemps et en automne 2003. CPUE numériques et pondérales, captures totales (nb et masse).**

Mont Saint-Michel Bay				Spring				Autumn			
Species	Guild (Elie et al. 1990)	Settlers guilds (this study)	Common name	CPUE num. BM, Spr	N	CPUE mass BM, Spr	Biomass (g)	CPUE num. BM, Au	N	CPUE mass BM, Au	Biomass (g)
<i>Ammodytes tobianus</i>	<i>Euryhaline marine</i>	<i>YoY Settler</i>	Sandeel	0,00	2	0,00	0,4	-	-	-	-
<i>Anguilla anguilla</i>	<i>Diadromous</i>	<i>Diadromous</i>	Eel	0,00	1	0,00	1,5	-	-	-	-
<i>Aphia minuta</i>	<i>Marine</i>	<i>Resident</i>	Transparent goby	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Atherina presbyter</i>	<i>Euryhaline marine</i>	<i>YoY Settler</i>	Silverside	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Belone belone</i>	<i>Marine</i>	<i>YoY Settler</i>	Garfish	-	-	-	-	0,00	1	0,00	0,1
<i>Clupea harengus</i>	<i>Euryhaline marine</i>	<i>YoY Settler</i>	Atlantic herring	-	-	-	-	0,00	1	0,03	6,9
<i>Clupea sp.</i>	<i>Euryhaline marine</i>	<i>YoY Settler</i>	Clupeidae yoy	2,07	1 174	0,20	112,7	0,01	4	0,00	1,7
<i>Dicentrarchus labrax</i>	<i>Euryhaline marine</i>	<i>YoY Settler</i>	Seabass	0,17	92	0,02	8,5	0,02	5	0,08	22,2
<i>Engraulis encrasicolus</i>	<i>Euryhaline marine</i>	<i>YoY Settler</i>	European anchovy	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	<i>Estuarine</i>	<i>Resident</i>	Three-spined stickleback	0,06	34	0,01	3,9	0,01	2	0,00	0,7
<i>Liza aurata</i>	<i>Euryhaline marine</i>	<i>Juvenile Settler</i>	Golden grey Mullet	0,81	437	2,26	1 206,6	0,16	59	2,46	1 065,3
<i>Liza ramada</i>	<i>Diadromous</i>	<i>Opportunistic Settler</i>	Thinlip mullet	2,45	1 413	2,00	2 530,9	6,05	2 012	19,43	7 950,2
<i>Mugilidae sp.</i>	<i>Euryhaline marine</i>	<i>Opportunistic Settler</i>	Mugil yoy	-	-	-	-	0,02	9	0,00	1,0
<i>Platichthys flesus</i>	<i>Diadromous</i>	<i>Diadromous</i>	Flounder	0,02	21	0,01	8,2	-	-	-	-
<i>Pomatoschistus microps</i>	<i>Estuarine</i>	<i>Resident</i>	Common goby	1,86	941	0,14	66,7	7,13	3 764	2,00	899,3
<i>Pomatoschistus minutus</i>	<i>Estuarine</i>	<i>Resident</i>	Sand goby	0,00	1	0,00	0,9	0,00	1	0,00	0,3
<i>Pomatoschistus sp.</i>	<i>Estuarine</i>	<i>Resident</i>	Goby yoy	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sardina pilchardus</i>	<i>Euryhaline marine</i>	<i>YoY Settler</i>	Pilchard	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Solea solea</i>	<i>Euryhaline marine</i>	<i>YoY Settler</i>	Common sole	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sparus aurata</i>	<i>Euryhaline marine</i>	<i>YoY Settler</i>	Gilt head	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sprattus sprattus</i>	<i>Euryhaline marine</i>	<i>YoY Settler</i>	European sprat	0,32	176	0,24	137,0	0,32	165	0,15	77,1
<i>Syngnathus rostellatus</i>	<i>Estuarine</i>	<i>Resident</i>	Nilsson's pipefish	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trachinus draco</i>	<i>Euryhaline marine</i>	<i>YoY Settler</i>	Greater weever	0,00	1	0,00	0,0	-	-	-	-
Total				<b>7,8</b>	4 293	<b>4,9</b>	4 077,4	<b>13,7</b>	6 023	<b>24,2</b>	10 024,7

Chapitre 4 : Impact of vegetation structure dynamics and usage on the nursery function of West European tidal salt-marshes.

**Tableau 28 : Comparison of the fish communities' abundance sampled in the Aiguillon bay in spring and autumn 2003. CPUE numerical (nb of fish / min), total number of fish, total weight of the catches.**

**Tableau 27 : Composition des peuplements de poissons capturés en baie de l'Aiguillon au printemps et en automne 2003. CPUE numériques et pondérales, captures totales (nb et masse).**

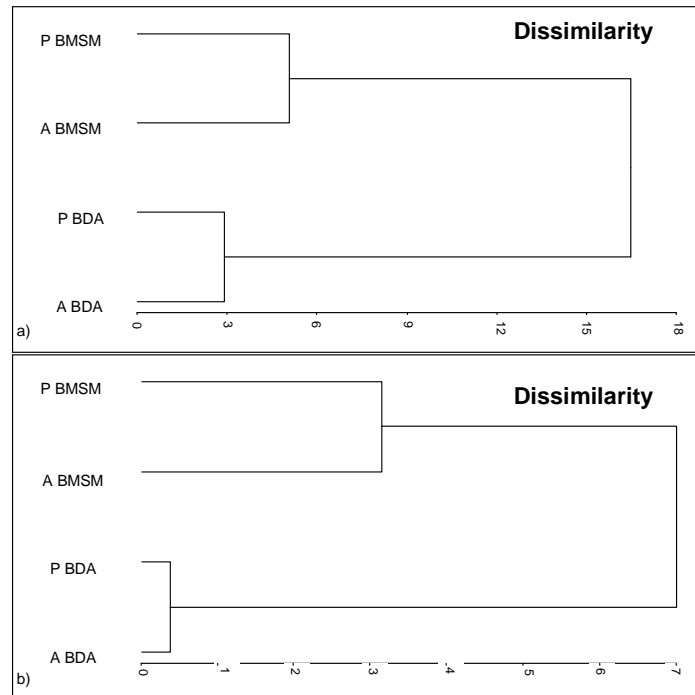
Aiguillon bay				Spring				Autumn			
Species	Guild (Elie et al. 1990)	Settlers guilds (this study)	Common name	CPUE num. BA, Spr	N	CPUE mass BA, Spr	Biomass (g)	CPUE num. BA, Au	N	CPUE mass BA, Au	Biomass (g)
<i>Ammodytes tobianus</i>	<i>Euryhaline marine</i>	<i>YoY Settler</i>	Sandeel	-	-	-	-	0,00	1	0,00	0,7
<i>Anguilla anguilla</i>	<i>Diadromous</i>	<i>Diadromous</i>	Eel	0,03	18	0,20	121,7	-	-	-	-
<i>Aphia minuta</i>	<i>Marine</i>	<i>Resident</i>	Transparent goby	0,00	1	0,00	0,0	-	-	-	-
<i>Atherina presbyter</i>	<i>Euryhaline marine</i>	<i>YoY Settler</i>	Silverside	0,03	18	0,00	2,0	-	-	-	-
<i>Belone belone</i>	<i>Marine</i>	<i>YoY Settler</i>	Garfish	0,00	1	0,00	0,1	-	-	-	-
<i>Clupea harengus</i>	<i>Euryhaline marine</i>	<i>YoY Settler</i>	Atlantic herring	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Clupea sp.</i>	<i>Euryhaline marine</i>	<i>YoY Settler</i>	Clupeidae yoy	1,61	725	0,10	50,7	0,00	1	0,00	0,1
<i>Dicentrarchus labrax</i>	<i>Euryhaline marine</i>	<i>YoY Settler</i>	Seabass	5,31	2 245	4,26	3 352,5	0,80	252	4,81	1 482,1
<i>Engraulis encrasicolus</i>	<i>Euryhaline marine</i>	<i>YoY Settler</i>	European anchovy	-	-	-	-	0,03	7	0,01	2,4
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	<i>Estuarine</i>	<i>Resident</i>	Three-spined stickleback	0,23	113	0,04	19,3	-	-	-	-
<i>Liza aurata</i>	<i>Euryhaline marine</i>	<i>Juvenile Settler</i>	Golden grey Mullet	1,84	685	2,62	1 223,6	0,93	194	1,55	377,8
<i>Liza ramada</i>	<i>Diadromous</i>	<i>Opportunistic Settler</i>	Thinlip mullet	3,66	1 387	91,38	58 112,0	0,70	212	20,92	6 836,0
<i>Mugilidae sp.</i>	<i>Euryhaline marine</i>	<i>Opportunistic Settler</i>	Mugil yoy	0,10	46	0,19	93,5	-	-	-	-
<i>Platichthys flesus</i>	<i>Diadromous</i>	<i>Diadromous</i>	Flounder	0,04	13	0,00	1,6	-	-	-	-
<i>Pomatoschistus microps</i>	<i>Estuarine</i>	<i>Resident</i>	Common goby	0,54	276	0,09	43,8	0,31	93	0,20	58,0
<i>Pomatoschistus minutus</i>	<i>Estuarine</i>	<i>Resident</i>	Sand goby	0,07	44	0,04	22,5	0,02	4	0,04	8,7
<i>Pomatoschistus sp.</i>	<i>Estuarine</i>	<i>Resident</i>	Goby yoy	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sardina pilchardus</i>	<i>Euryhaline marine</i>	<i>YoY Settler</i>	Pilchard	0,00	2	0,00	1,1	-	-	-	-
<i>Solea solea</i>	<i>Euryhaline marine</i>	<i>YoY Settler</i>	Common sole	0,02	7	0,00	0,4	-	-	-	-
<i>Sparus aurata</i>	<i>Euryhaline marine</i>	<i>YoY Settler</i>	Gilt head	0,07	1	0,00	0,4	-	-	-	-
<i>Sprattus sprattus</i>	<i>Euryhaline marine</i>	<i>YoY Settler</i>	European sprat	0,43	237	0,08	51,3	0,01	3	0,02	5,4
<i>Syngnathus rostellatus</i>	<i>Estuarine</i>	<i>Resident</i>	Nilsson's pipefish	0,00	2	0,00	0,2	-	-	-	-
<i>Trachinus draco</i>	<i>Euryhaline marine</i>	<i>YoY Settler</i>	Greater weever	-	-	-	-	-	-	-	-
Total				<b>14,0</b>	5 821	<b>99,0</b>	63 096,7	<b>2,8</b>	767	<b>27,6</b>	8 771,2

4.6. Seasonal comparison of the two fish populations (Aiguillon compared to  
Mont Saint-Michel) :

The analysis of the CPUE in spring and in autumn revealed different structures in Mont Saint-Michel bay compared to the Aiguillon bay. The seasonal (temporal) variability was lower than the variability between the two sites (latitudinal gradient) both for the numbers and for the biomasses. The spring colonisation of the creeks in the Mont Saint-Michel bay mainly involved the Thinlip mullet (1413 ind., 2531 g) and Clupeidae yoy (1174 ind., 113 g). Golden grey mullet (437 ind., 1206 g), Common goby (941 ind., 67g) and Seabass (92 ind., 8.5 g) came next. In contrast, in the Aiguillon bay, in addition to the Thinlip mullet (1387 ind., 58 112 g), the Golden grey mullet (685 ind., 1224 g), the European sprat (237 ind., 51 g), Clupeidae yoy (725 ind., 51 g) and the Common goby (276 ind., 44 g), it was the Seabass that had the highest numbers (2245 ind., 3352 g). In autumn, the numbers of Thinlip and Golden grey mullets were high in the Mont Saint-Michel bay with 2012 ind. (7950 g) and 59 ind. (1065 g), respectively. The Common goby then had very high numbers with 3764 ind. (899 g). In the Aiguillon bay, as in spring, Seabass had the highest numbers with 252 ind. (1482 g), followed by Thinlip mullet (212 ind. for 6836 g) and Golden grey mullet (194 ind., 378 g), then to a lesser extent the Common goby (93 ind., 58 g).

From this comparison it is evident that there is a major a colonisation of the salt marshes in both sites by the detritivorous species (Mugilidae) whatever the season. However, the high numerical abundance of Clupeidae yoy in Mont Saint-Michel bay suggests a nursery role based mainly on pelagic species, whereas the Aiguillon bay mainly supports the population of young-of-the-year Seabass. Clupeidae yoy and the European sprat also occur to a lesser extent. An asymmetry in colonisation was observed for the Common goby with a higher abundance in spring in the Aiguillon bay (0.54 ind./min compared to 0.31 ind./min), whereas the highest abundance was observed in autumn in Mont Saint-Michel bay (1.86 ind./min compared to 7.13 ind./min).





**Figure 29 : Classification Ascendante Hiérarchique des CPUE (a) numériques et (b) pondérales (Méthode de Ward, distance euclidienne) printanières et automnales des peuplement de poissons capturés dans les marais salé de la baie de l’Aiguillon et de la baie du Mont Saint-Michel en 2003.**

## 5. Discussion.

Studies of coastal nursery areas usually use fishing gear such as beam trawls (Le Pape et al. 2003a; Parlier et Feunteun 2004). However, in order to study the colonisation mechanisms of European salt marshes, a combination of fyke nets and gill nets is generally used because of the temporary flooding conditions and the water depths rarely exceeding a few tens of centimetres (Laffaille et al. 2000a; Parlier 2002). It is also impossible to use even small boats on the drainage creeks. The capture technique used in this study was designed to decrease the selectivity of the fishing gear by using a combination of different gears. The gill nets placed upstream of the mixed gear were intended to catch large-sized fish rather than pelagic species which are capable of jumping over the barriers formed by gill nets, whereas the fyke nets were intended to catch small-sized benthic or pelagic fish.

5.1. The Aiguillon bay and the Mont Saint-Michel bay, two models of nurseries :

The fish population sampled in the Aiguillon bay was broadly similar in its structure to that described in the salt marshes on the west coasts of France (Laffaille 2000; Duhamel et al. 2002; Parlier 2002). Twenty five species were recorded in the Aiguillon bay. A previous study conducted in the Aiguillon bay mentioned 15 species (Gascuel et Legault 1989), including migratory species (*Petromyzon marinus*, *Alosa alosa*, *Salmo trutta*), but this was not conducted in the same conditions as it was a study of the trash fish discards from the nets of elver fishermen further upstream in the estuary of the Sèvre Niortaise river.

The population of the Aiguillon bay is dominated in terms of biomass by the species detritivorous feeding species (Mugilidae) that account for up to 96% of the biomass captured, as is often the case in this type of coastal area (Feunteun et al. 1999; Laffaille et al. 2000a). Golden grey mullet, Thinlip mullet and Common goby are the most frequent species with frequency of occurrence values of 92.6%, 77.8% and 85.2%, respectively. These three species enter the salt marshes for feeding. The detritivorous species characteristic of intertidal mudflats take advantage of the high production of benthic micro-algae on the mudflats adjoining the salt marshes (Laffaille et al. 1998; Almeida 2003). Common goby and Sand goby conduct the whole of their life cycle in these intertidal zones and consume the prey occurring in the marsh when it is submerged (Laffaille et al. 1999; Parlier 2002). The high numbers of Seabass (5464), Clupeidae yoy (960), European sprat (515) and European anchovy (1063) composed almost exclusively of juveniles demonstrates the nursery function of these ecosystems, even if it is preferable to rely on more criteria to describe this function (Beck et al. 2001), such as use of the biomass produced *in situ*, or the migration towards the sites frequented at the adult stage. The colonisation of salt marshes is the result of a passive transport of the larvae (Dame et Allen 1996), undoubtedly from adjacent creeks and channels. These areas therefore play a fundamental role in the growth and survival of young fish by providing them with the trophic resources that contribute up to 50 to 90% of the growth of young Seabass (Laffaille et al. 2001b). The patterns of salt marsh colonisation are similar to those described in Mont Saint-Michel bay, where three periods were described (Laffaille et al. 2000a). The spring period (April to June) had a lower abundance in terms of numbers and biomass than in the Aiguillon bay. This difference could be due to the more northerly location of this large bay, where temperature conditions may be less favourable.

The population described in Mont Saint-Michel bay in spring and in autumn shows a similar structure centred on benthic-feeding and resident species (Mugilidae and Gobiidae) associated with an assemblage of species that colonise the marsh during their first year of life, such as Seabass or Clupeidae yoy. An accessory fish fauna (occasional, rare or accidental species) composed of non-characteristic species is also described that consists of marine euryhaline, migratory or freshwater species. Laffaille (2000) described 47 species in Mont Saint-Michel bay, including 31 species in the richest site. The catches conducted in 2003 only recorded 15 species, but these only took place in spring and autumn and with a small number of fishing efforts (13). A more intensive and longer fishing effort would undoubtedly have caught more species, and especially species present earlier in the year.

The seasonal comparison of the populations of these two nursery areas revealed a different organisation of the species and of their colonisation. The Mont Saint-Michel bay seemed to preferentially support a population of juvenile Clupeidae. These occurred exclusively in spring in both sites. In the Aiguillon bay, they only accounted for 5.90% of total numbers, whereas they represented nearly 12.0% in Mont Saint-Michel bay, where the Seabass had the highest numbers, accounting for nearly 35.0% (compared to 0.94%). The nursery function of the Aiguillon bay salt marshes therefore seems to be less mono-specific and more diverse. The presence of European anchovy yoy in August seems to support this contention (1063 ind.).

## 5.2. Management activities, disturbance and the nursery function of Aiguillon bay :

The low abundance of juvenile Seabass in Mont Saint-Michel bay indicates a weak colonisation of this area that is nevertheless known to be an important nursery ground. It would however be useful to assess and monitor the nursery function described in recent years (Laffaille et al. 2001b; Parlier 2002). The combination of the invasion by *Elytrigia atherica* and intensive grazing is known to disturb the trophic function (Laffaille et al. 2000b), that is so important for young-of-the-year fish, and could lead to a decrease in the numbers of young Seabass, or lead to selective survival, resulting in later recruitment.

An asymmetrical colonisation of Aiguillon bay was demonstrated in the summer period. This period that is generally suitable for strong recruitment had a low abundance at the

Canal de Luçon site, but this is also the period when the salt marsh grasses are cut for hay. The impacts of sheep grazing on the availability of prey of terrestrial origin, and on the feeding of young Seabass and gobies of the genus *Pomatoschistus sp.* have been demonstrated in Mont Saint Michel bay (Laffaille et al. 2000b). But these practices have to be put into the perspective of the exceptional heat wave that occurred in August and September 2003, which led to a decrease in the colonisation on both sites. A high abundance of juvenile anchovies was however observed during August but only in the Canal de Luçon site (11.79 ind./min). This pelagic species feeds on prey of marine origin (Plounevez et Champalbert 2000; Tudela et al. 2002) and therefore does not use the marshes as a nursery ground in the full sense of the term (sensu Beck et al. 2001). The winter numbers seemed to be similar in both sites, although there was a general tendency for colonisation to be greater in the Canal du Curé. The study of the total biomasses showed that these were two times higher in the Canal du Curé (365.1 g compared to 628.5 g).

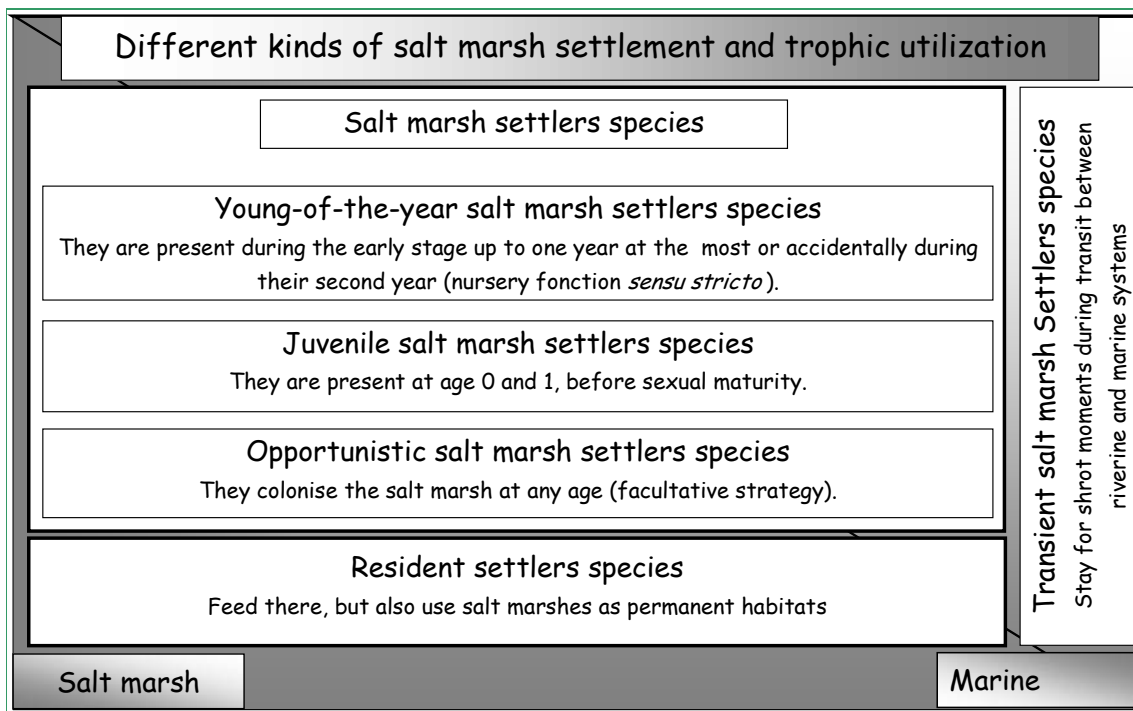
The Canal de Luçon is subject to a very high level of fishing pressure in winter when nearly 10 boats exploit this site at each tide (Meunier, comm. pers.). Low values in terms of weight and biomass were observed during this period. It would be useful to study the by-catches discarded from the nets in the manner of Gascuel & Legault (1989), to estimate the impact of these fishing practices on the fish communities.

### 5.3. Salt marshes, nursery function and colonising guilds :

This inventory of the fish population demonstrated the different strategies of colonising the salt marshes that were affected by temporary access. The classifications into ecological guilds described in the literature do not provide any information on the uses made of salt marshes during the life cycle of the fish. A classification into colonising guilds could be made.

The resident (autochthonous) species colonise the salt marshes for the whole of their life cycle at all stages. This is the case of the gobies of the genus *Pomatoschistus sp.*. The trophic resources used by these fish therefore support the whole population. This ecosystem therefore plays an exclusively feeding role. These feeding species can therefore be classified as resident salt marsh settlers. Other species colonise the marsh during precise stages in their life cycle. The Thinlip mullet colonises the salt marshes in the first years of its life. It then

stops its colonisation, so that sub-adults are absent. A re-colonisation by older fish then occurs. In terms of predation, the marsh provides the young stages with physico-chemical protection because of the very strong constraints that any potential predators would face (salinity, temperature, dissolved oxygen, etc.). The ability of some species to withstand these conditions is a considerable evolutionary advantage. However, the shallowness and temporary nature of these habitats obliges the fish either to be of small size or have good swimming abilities, allowing them to actively swim out of the creeks before they dry out. The colonisation process used by Thinlip mullet enables it to optimise the use of an unlimited food resource, the benthic micro-algae. Two hypotheses could therefore be proposed in terms of the frequentation of these marshes. Firstly, these food resources could allow the fish to build up energy reserves needed for reproduction (ovogenesis). Secondly, the return to these ecosystems after spawning in the sea could allow those fish exhausted by this stage in the life cycle to recover essential energy reserves. The species colonising the marsh for one or other of these purposes could be called Opportunistic salt marsh settlers. Here again the food resources support the whole population.



**Figure 30: Conceptual diagram of settlement behaviours and food resource use of European saltmarshes by different fish populations.**

**Figure 30 : Schéma conceptuel du comportement colonisateur et de l'utilisation des marais sales européens par différentes populations de poissons.**

Two other salt marsh colonisation behaviours can also be identified. These differ in terms of the timing of colonisation. Some species such as the European anchovy, Seabass and Common sole only occur during their first year (young-of-the-year), or accidentally during their second year. The nursery function *sensu stricto* as defined by Beck *et al.* (2001) applies to these species. The salt marshes only actively support the young-of-the-year, so that these species are called Young-of-the-year salt marsh setters. Another less restrictive strategy is that adopted by the Golden grey mullet and European sprat. These species occur during the first few years of their life cycle. This is therefore an extended form of the nursery function since several cohorts are maintained by the production produced *in situ*.

Access to the salt marshes is temporary, because of the tides. At another temporal scale (that of the year), the regularity and/or fidelity of frequenting these productive ecosystems enables various populations of fish to survive. They have developed various colonising strategies enabling them to use the food resources of salt marshes and improve their growth performance and their survival. The trophic role of coastal salt marshes is therefore fundamental for supporting coastal stocks and in the production of the breeding stock.

## **6. Conclusion.**

Since European salt marshes are declining in area and number the remaining ones play a crucial role in the survival of coastal fish populations. This study of the colonisation of the salt marshes of the Aiguillon bay showed that there has been a change in the distribution of the young stages of some species of high fisheries value such as the Seabass. Salt marshes are often managed to maintain populations of breeding, passage or wintering birds (Meunier et Joyeux 2003), or for traditional activities such as elver fishing, but these seem to have endangered the initial nursery function of these areas (Laffaille et al. 2000b). The invasion of the initial vegetation structure by couch grass (*Elytrigia atherica*) also alters this function, obliging the fish to turn to prey of marine origin instead of terrestrial origin such as *Orchestia gammarellus* (Parlier 2002). If these imbalances persist, the whole of the trophic networks in coastal zones are going to be altered because of adverse changes in recruitment. The whole outwelling process (Odum 1968b) is also going to be affected, with the fish no longer being able to play their role of biotic vector. The understanding of colonisation phenomenon of coastal areas subjected to strong human pressures or biological disturbances through the fish

communities and the study of the use of food resources of interface ecosystems must be continued. It will then be possible to draw lessons from activities relating to the conservation and sustainable management of these estuarine ecosystem complexes – European salt marshes.

## **7. Acknowledgements :**

This study was funded by the CNRS Programme Environnement Vie et Société (PEVS). It was made possible by the help of many students from the university of La Rochelle (S. Millot, A. Ride, J. Dubreuil, C. Bertin, P. Rhodes and A. Charpentron), whom we thank, plus J.-C. Auguet and O. Herlory for their invaluable help.

**Seconde partie : Application de la classification en guildes colonisatrices aux peuplements de poissons de quatre complexes estuaires – marais salés intertidaux de la façade ouest de la France.**



# **Guildes colonisatrices, contextes métaécosystémiques et colonisation des eaux de transition.**

*Cas des baies du Mont Saint-Michel, de l'Aiguillon et de l'estuaire de la Loire.*

**Guildes colonisatrices, contextes métaécosystémiques et colonisation des peuplements piscicoles des eaux de transitions : Cas des baies du Mont Saint-Michel, de Saint-Brieuc, de l'Aiguillon et de l'estuaire de la Loire.**

**Emmanuel P. PARLIER & E. FEUNTEUN\***

Centre de Recherche sur les Ecosystèmes Littoraux Anthropisés CRELA UMR 6217 CNRS  
– IFREMER – Université de La Rochelle. Avenue Michel CREPEAU 17 042 La Rochelle  
Cedex 02

Courriel : [efeunteu@univ-lr.fr](mailto:efeunteu@univ-lr.fr)

**1. Introduction.**

La plupart des espèces de poissons côtières sont directement liées aux écosystèmes littoraux pour leur cycle biologique. Ces espaces clés sont de véritables écotones – notamment les eaux de transition (estuaires) – et possèdent un gradient de salinité (écocline) présent entre les eaux provenant des bassins versants (hydrosystèmes continentaux) et les intrusions marines provenant du large. L'analyse de la structuration des assemblages des espèces de poissons présents dans les complexes estuariens (chenal principal, roselière, marais salés, vasières, *etc.*) a permis depuis de nombreuses années le suivi et l'évolution de l'impact des activités humaines comme les aménagements industrialo portuaires (Parlier et Feunteun 2004), la poldérisation, le pâturage (Laffaille et al. 2000b), les invasions biologiques (Laffaille et al. 2005) ou des pratiques de gestion inadaptées qui sont trop souvent orientées vers la sauvegarde ornithologique qui est plus visible mais jouant parfois un rôle fonctionnel particulier (Parlier et al. 2006). Beaucoup de ces activités ont entraîné l'altération de la fonction de nourricerie pour les juvéniles de poissons de ces milieux (Parlier 2002).

De nombreuses espèces possèdent les capacités d'adaptation nécessaires à la colonisation de ces écosystèmes fluctuants tant par leur géométrie variable (marnage) que leurs propriétés intrinsèques (propriétés physicochimiques). Depuis près de 15 ans une classification basée sur le comportement migratoire et/ou de tolérance à la salinité (Elie et al. 1990) – qui est le principal paramètre de structuration des communautés dans les estuaires

(Laffaille et al. 2000a) – est fréquemment utilisée pour définir de manière succincte l'écologie des populations de poissons fréquentant ces zones singulières. Cependant, elle ne prend pas en compte les tactiques spécifiques mises en place à l'échelle des histoires de vie des individus qui peuvent, une fois cumulées, avoir des effets sur la structure des populations, avec des contingents d'individus présentant des performances biologiques et écologiques particulières.

### 1.1. Tactiques et stratégies d'histoire de vie.

Les caractéristiques des cycles biologiques des espèces piscicoles côtières sont le résultat des interactions entre les composantes physiologiques, comportementales et morphologiques, soit le résultat entre la confrontation de son capital génétique avec les contraintes environnementales. L'ensemble de ces paramètres liés à l'individu compose l'histoire de vie.

Les éléments quantifiables de cette histoire de vie sont nommés traits d'histoire de vie<sup>8</sup> (Daan et Tinbergen 1981) comme l'âge du premier frai ou le fait d'effectuer une migration vs être résident. La valeur associée à cet élément est appelé tactique<sup>9</sup> (Gross 1996): maturité précoce vs maturité tardive, migration vs résidence. Gross (1996) a proposé une classification organisée autour de trois stratégies<sup>10</sup> en s'inspirant de la théorie des jeux (Maynard Smith 1982) et des stratégies stables de l'évolution E.S.S. (*Evolutionary Stable Strategies* (Parker 1984)). Nous prendrons comme exemple pour illustrer ces stratégies le cas d'espèces de poissons de la côte Atlantique :

- (i) La *stratégie alternative* se caractérise par une possibilité de stratégies *a priori* d'égales fitness. La plasticité phénotypique n'apporte pas *in fine* d'amélioration du succès reproducteur.
- (ii) La *stratégie mixte (avec des tactiques alternatives)* possède des tactiques alternatives et leurs fitness sont égales. Il n'existe qu'une stratégie, mais plusieurs valeurs de tactique qui sont de valeur sélective égale. Ainsi quel que soit l'âge de la migration par exemple, elle n'optimise pas la fitness.

---

<sup>8</sup> Trait d'histoire de vie : élément quantifiable de l'histoire de vie d'un individu.

<sup>9</sup> Tactique : phénotype résultant d'une stratégie, elle représente le 'choix' observable.

<sup>10</sup> Stratégie : c'est le programme (organisation des phases de vie) basé sur le programme génétique. Il résulte de ce programme (loi de décision) l'allocation des ressources à la croissance somatique et aux dépenses énergétiques liées à la reproduction. Diverses tactiques peuvent alors être mise en œuvre.

(iii) La *stratégie conditionnelle (avec des tactiques alternatives)* présente diverses tactiques. Les fitness sont inégales, mais s'expriment en fonction de conditions environnementales et intrinsèques. Ainsi, suivant les paramètres du moment présent, la valeur sélective des individus peut fluctuer. Chez le mulot porc (*Liza ramada*) certains individus adultes colonisent les chenaux des marais salés des complexes estuariens avant et/ou après la reproduction pour profiter des ressources trophiques importantes disponibles. Il semble admis que le gain trophique dont peuvent profiter ces individus contribuent sans doute à une meilleure survie et à une meilleure reproduction.

Malgré leur précision et leur intérêt, les stratégies décrites par Gross (1996) s'appliquent plutôt à l'étude d'une espèce en particulier et ne permet pas de prendre en compte l'étude des assemblages d'espèces, (*ie* des peuplements). Il est en effet nécessaire de prendre en compte pour le suivi des communautés, la multiplicité de l'occupation et de l'usage des espaces pour une meilleure gestion. Elles se révéleront très efficaces dans le cas d'une étude spécifique, comme celle développée sur le cycle biologique du bar européen *Morone labrax* a.k.a. *Dicentrarchus labrax* L. (Cf. Tome 2 Chapitre 1).

### 1.2. Stratégies reproductrices.

Les choix d'allocation d'énergie à la reproduction ou à la croissance représentent une véritable stratégie qui conditionne la survie de l'espèce. Ces invariants métaboliques (Charnov et al. 2001) – coûts énergétiques liés à la reproduction et à la croissance – participent à la structuration de ces stratégies reproductrices notamment des vertébrés aquatiques (Charnov et al. 2001; Charnov et Gillooly 2004). Certaines espèces de poissons doivent, par exemple, atteindre de grandes tailles afin d'allouer les ressources énergétiques suffisantes aux larves vitellées (taille moyenne des œufs) ou produire de grandes quantités d'œufs pour espérer obtenir une descendance qui à son tour pourra se reproduire. Il est donc nécessaire au-delà du coût énergétique permettant la survie de capitaliser ces ressources énergétiques allouées à la descendance.

La colonisation de zones à très fortes productivités comme les estuaires et les marais salés qui y sont associés, offrent la possibilité d'assimiler rapidement de l'énergie à certaines espèces de poissons, du fait des ressources trophiques abondantes, pour réaliser leur cycle

biologique. A ce bénéfice intéressant, il faut associer des coûts énergétiques liés à la dépense nécessaire pour accéder à ce sites puis d'en repartir depuis les zones de naissance jusqu'aux zone d'hivernage (migrations saisonnières) et/ou entre les zones de forte productivité du haut d'estran et les zones subtidales (migrations journalières). Les coûts liés à l'osmorégulation dépendent des espèces, mais d'une manière générale, pour des espèces capables d'osmoréguler (euryhalines et amphihalines), le coût énergétique est plus réduit dans des eaux dessalées des estuaires (équilibres ionique à 20 ‰). Pour les autres, (espèces sténohalines), le passage dans une eau à la salinité différente du milieu habituel, représente une forte dépense énergétique, ou bien est impossible. La première des stratégies alternatives est alors de coloniser ou non les estuaires et zones assimilées. La seconde des stratégies alternative est de coloniser ou non les zones intertidales du haut de l'estran (marais salés en particulier).

Il résulte de ces stratégies potentielles une multiplicité de coûts. Des compromis doivent alors être trouvées entre allocation énergétique à la croissance et à la survie, et à la capitalisation vitelline par exemple. Ces compromis ou « trade-offs » (Stearns 1992) induisent un découpage temporel du cycle biologique spécifique à l'espèce (*milestones*) : les cycles biologiques des espèces étant à peu de chose près les mêmes dans leurs grandes lignes, mais les paramètres fluctuant d'une espèce à une autre (taille de l'animal et âge de la maturité sexuelle, performance de croissance, passage obligatoire en estuaire, *etc.*).

Des théories développées par Winemiller & Rose (1992) ont défini trois stratégies extrêmes fondées sur ces 'choix' ainsi que sur les aspects fonctionnels des histoires de vie. Pour cela ils ont pris en compte d'une part des critères strictement reproductifs comme la fécondité ou l'âge de la maturité, et d'autre part sur des critères liés à la descendance et à sa survie : diamètre des œufs, soins parentaux. Ces choix méthodologiques ont permis de définir trois stratégies principales qui s'appliquent particulièrement bien aux espèces de poissons des zones estuariennes : Opportuniste, Equilibrée et Périodique.

Les diverses caractéristiques de ces stratégies se structurent le plus souvent à l'échelle phylogénétique (Via et Lande 1985). La plasticité des phénotypes induisant une sélection génétique différentielle suivant les contraintes environnementales et/ou anthropiques qui a pour effet un changement dans l'organisation des cycles biologiques.

Mais il a été démontré dans des travaux récents (Conover et Munch 2002) que les activités humaines du fait de la sélectivité des filets de pêches peuvent induire une sélection rapide de l'ordre de quelques dizaines d'années. Les pressions de pêches importantes sur certaines classes de tailles vont induire une sélection des génotypes présentant des capacités de croissance lente et une maturité sexuelle précoce. Ces individus avantagés par ce système transmettront ces caractéristiques à la descendance en plus fortes proportions (Conover et Munch 2002). Ces activités augmentent artificiellement la fitness de tels individus.

Dans le cadre des estuaires européens, diverses guildes ont été décrites, notamment en mettant l'accent sur la dépendance des espèces piscicoles à la fréquentation des zones estuariennes (Elliott et Dewailly 1995; Elliott et Hemingway 2002). Cinq guildes ont été définies par Elliott & Dewailly (1995) en fonction de l'occupation de la zone estuarienne par les diverses espèces dans 17 estuaires européens. Mais dans cette étude les auteurs concluent que des études plus ciblées doivent être entreprises afin de vérifier la répartition spatiale et temporelle des peuplements. Il semble alors nécessaires de répondre à des interrogations liées aux services rendus par l'espace aux espèces et cela en fonction de leurs statuts ou de leurs écophases.

**Tableau 29 : Classification en guildes fonctionnelles (D'après Elliott et Dewailly 1995).**

Espèce résidente de l'estuaire	ER : Estuarien Residents
Espèce dulçaquicole	FW : Freshwater
Espèce diadrome	CA : Diadromous
Espèce marine saisonnière	MS : Marine Seasonal
Espèce marine juvénile	MJ : Marine Juvenile
Espèce marine adventive	MA : Marine adventitious

De même il est probable que les activités d'appropriation des espaces côtiers, ou de perturbations d'ordres anthropiques (variables forçantes négatives) tout comme les mesures de mise sous cloche ou de sanctuarisation ('absence' de variables forçantes négatives) peuvent modifier ou tout au moins influencer sur ces tactiques voire sur les stratégies elles-mêmes qui organisent les histoires de vie individuelle. La plasticité de certaines espèces côtières va induire des comportements de colonisation différents suivant les sites et leur contexte métaécosystémique (grand estuaire, amplitude des marées, taille de l'estran, *etc.*).

L'occupation ou la colonisation de certains espaces soumis à de fortes contraintes anthropiques – colmatage des sédiments, pollution métallique ou xénobiotique, activités fluviales, *etc.* – se révélant moins avantageux ou moins profitables, une sélection va alors s'effectuer sur des individus présentant des prédispositions comportementales exploratoires innées marginales mais où la fréquentation de ces écosystèmes induira une meilleure survie et autorisera la fréquentation de nouveaux habitats supportant la population (Lidicker 1975).

Ce travail tente de valider une nouvelle classification des guildes écologiques décrite par Parlier et al. (2006) à plusieurs complexes estuariens – marais salés de la façade ouest de la France et ainsi d'établir une classification simple prenant en compte plus de paramètres liés aux différentes écophases des individus colonisant les eaux de transitions au cours de leurs cycles biologiques. Une lecture ayant trait aux stratégies reproductives et aux théories démographiques sera également appréhendée. Ainsi il sera plus aisé de connaître, d'une part le degré d'inféodation de certaines espèces à la fonction de nourricerie souvent décrite dans ces écosystèmes côtiers ainsi que la plasticité de leurs stratégies (plusieurs tactiques : différentes valeurs attribués aux traits d'histoire de vie) et d'autre part il sera possible de comprendre l'influence du contexte métaécosystémique de ces systèmes vis-à-vis de l'ichtyofaune résidente, opportuniste ou migrante.

## **2. Matériel et Méthode.**

### 2.1. Description de la méthodologie de définition des guildes colonisatrices (D'après Parlier et al. 2006) :

Les captures dans les marais salés ont été effectuées suivant le protocole décrit par Parlier (2002) et par Parlier & Feunteun (2004) pour l'estuaire de la Loire. La comparaison entre les divers systèmes étudiés s'attache d'une part à décrire la part relative des juvéniles de l'année présente lors des échantillonnages (Groupe 0) et d'autre part aux suivis des autres cohortes dans le milieu (*ie* G1 et G2 et plus). Ainsi, les données proviennent des échantillonnages effectués entre 2003 et 2005 dans les quatre complexes estuariens de la façade ouest de la France décrits ci-dessus.

Cinq comportements de colonisation des complexes estuariens peuvent être identifiés et regroupés en guildes colonisatrices (guildes fonctionnelles) (D'après Parlier et al. 2006):

- (i) Les jeunes de l'année sont fortement majoritaires (Young-of-the-Year ou YoY). Ces espèces sont alors qualifiées de colonisatrices jeunes de l'année des marais salés **Y** (*YoY Salt Marsh Settlers*). (%G1 < 10% ; %G2 < 5%).
- (ii) Les jeunes de l'année et les juvéniles sont présents dans la zone étudiée. On parlera alors de colonisateurs des marais salés juvéniles **J** (*Juvenile Salt Marsh Settlers*). (%G1 > 10% ; %G2 < 5%).
- (iii) Lorsque diverses cohortes sont présentes mais que toutes les écophases ne sont pas répertoriées, on parle de colonisateurs opportunistes des marais salés **O** (*Opportunistic Salt Marsh Settlers*). (%G1>10% ; %G2>5%).
- (iv) Lorsque toutes les cohortes sont présentes, malgré le côté temporaire de ces milieux subissant le marnage on parlera de colonisateurs résidents des marais salés **R** (*Resident Salt Marsh Settlers*).
- (v) Enfin les espèces diadromes présentent une migration par les masses d'eau de transition obligatoire **T** (*Transient Salt Marsh Settlers*). Seulement certaines écophases sont capturés lors des migrations avant la fraye ou au stade juvéniles. L'estuaire joue un rôle de corridor entre systèmes marins et systèmes dulcicoles.

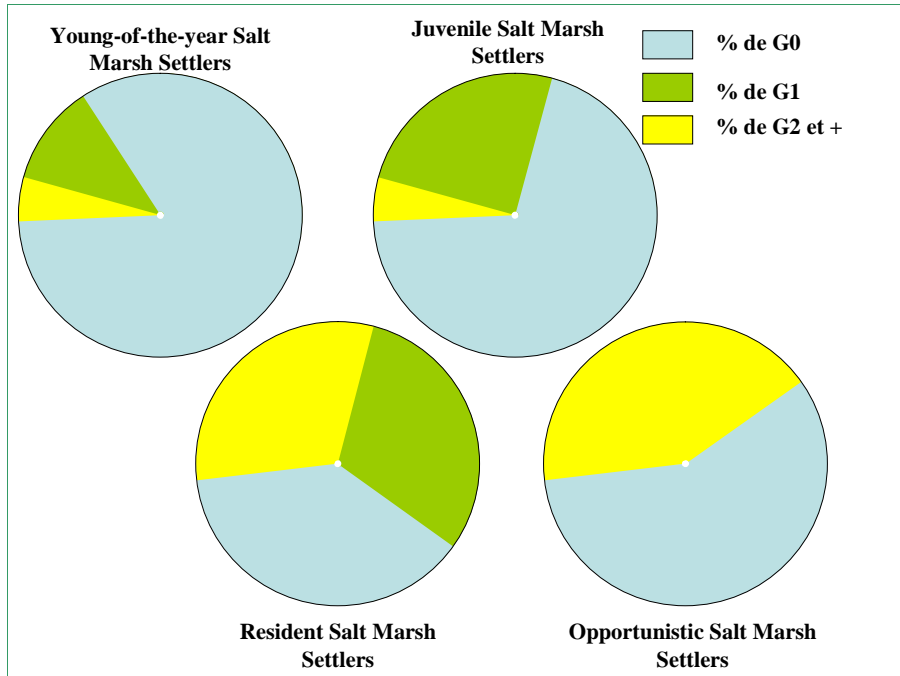


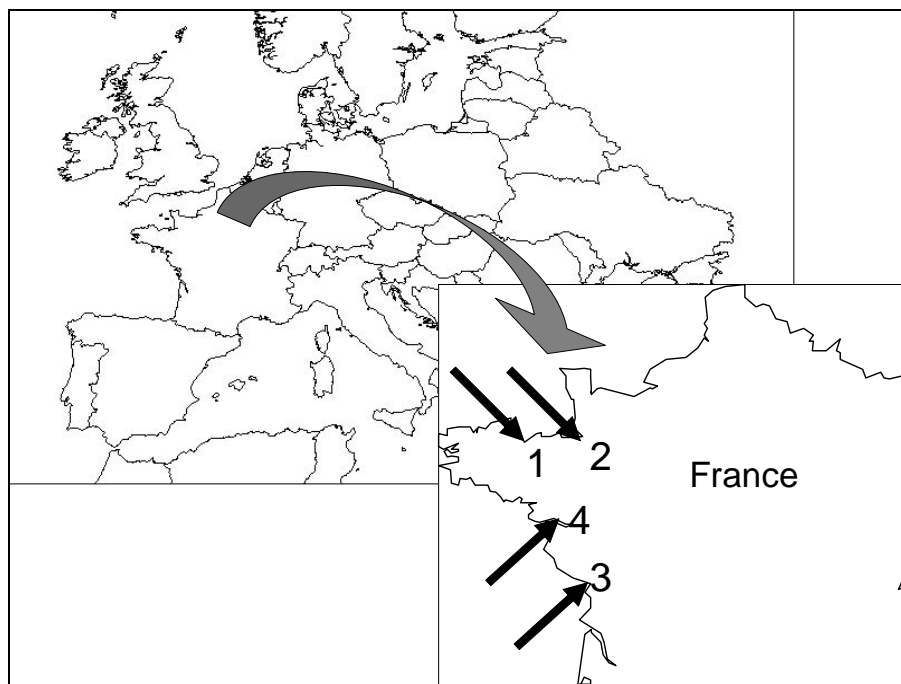
Figure 31 : Schématisation des compositions démographiques retrouvées dans les diverses guildes colonisatrices (D'après Parlier et al. 2006).



## 2.2. Description des sites d'étude :

Cette étude fait appel à des données de campagnes d'échantillonnages effectués sur des complexes estuariens marais salés de la façade ouest de la France. La description détaillée des assemblages piscicoles a fait l'objet de travaux plus détaillés dans les chapitres précédents.

**La baie de Saint-Brieuc** (800 Km<sup>2</sup>) est située au 5<sup>ème</sup> rang mondial pour son marnage qui peut atteindre 13 m (cf. Chapitre 1, Partie 1.1). La zone de marais salés (120 ha) échantillonnée est située en fond de baie le long d'un petit fleuve côtier, l'Urne. Cette baie est soumise à une réglementation stricte (Z.P.R. : Zone de Protection Renforcée) et possède une zone pâturée par des bovins (mesure de gestion). Les données utilisées pour cette étude ont été récoltées au printemps 2005 dans les chenaux de ressuyage des marais salés de la rive droite de l'Urne.



**Figure 32 : Situation des complexes estuariens (mosaïque d'écosystèmes intertidaux) étudiés présents sur la façade ouest de la France. 1) baie de Saint-Brieuc (estuaire de l'Urne). 2) Baie du Mont Saint-Michel. 3) Baie de l'Aiguillon. 4) Estuaire de la Loire.**

**La baie du Mont Saint-Michel** (cf. Chapitre 1, Partie 1, 2) est située au 2<sup>ème</sup> rang mondial pour son marnage et possède la plus grande superficie de marais salés d'un seul tenant de la façade ouest de la France (4 500 ha). Elle est l'exutoire de trois fleuves côtiers, la Sée, la Sélune et le Couesnon drainant un bassin versant de 3 700 Km<sup>2</sup>. Les marais échantillonnés se situent en fond de baie. Ils sont en étroites connexions avec des zones intertidales sableuses (dans la partie ouest de la Baie) où l'activité conchylicole est très présente (bouchots à moules et tables à huîtres). Quelques pêcheries fixes s'ajoutent en zone intertidale à ces activités anthropiques. La partie est de la Baie reçoit les eaux des trois fleuves côtiers, puis continue vers le nord avec une côte rocheuse. Seules les données issues des campagnes du printemps et de l'automne 2003 d'échantillonnages dans les chenaux (criches) des marais salés (herbus) ne sont prises en compte.

**La baie de l'Aiguillon** (cf. Chapitre 1, Partie 2) possèdent 1100 ha de marais salés et est l'exutoire de la Sèvre Niortaise ainsi que de canaux issus du marais poitevin, l'ensemble recouvrant un bassin versant de plus de 7000 Km<sup>2</sup>. Elle possède une forme semi fermée et l'activité conchylicole y est très développée. Cette baie s'ouvre sur le Pertuis breton. Elle est bordée au nord par la côte sableuse vendéenne et au sud par l'agglomération rochelaise où une activité portuaire de pêche et de commerce de grumes y est très développée. Les données collectées entre avril 2003 et avril 2004 dans les chenaux (russons) de drainage des marais salés (mizottes) seront traitées dans cette étude.

**L'estuaire de la Loire** (cf. Chapitre 1, Partie 1, 3) fait partie des trois grands fleuves de la façade ouest de la France. Elle reçoit les eaux d'un bassin versant de plus de 110000 Km<sup>2</sup>. Bien qu'il ait subi de lourds aménagements depuis ces 30 dernières années, la Loire est considérée comme l'un des derniers fleuves sauvages d'Europe. La surface de marais salés est très restreinte par les aménagements portuaires et agricoles (endiguement). L'étude des guildes colonisatrices sera réalisée sur les données des campagnes de chalutage (chalut à perche) effectués sur les vasières intertidales des bords de Loire (entre 0 et 4 m carte marine) d'avril à octobre 2003.

### 2.3. Description du contexte métaécosystémique :

Dans le cadre de cette étude, les comportements de colonisation (cf. 2.2) des différentes espèces vont être analysés au travers des différents travaux d'inventaires effectués dans quatre complexes estuariens de la façade ouest de la France. Une typologie des comportements sera alors dressée. Afin de comprendre dans quelle mesure les variables physiques (*ie* taille, sédiment, *etc.*) peuvent influencer sur ces comportements, une synthèse des données liées à l'environnement physique des sites d'études a été dressée dans le tableau 30.

**Tableau 30 : Synthèse des données relatives aux complexes estuariens de la façade ouest de la France (D'après Lepage et al. 2004 modifié).**

Descripteurs	Baie de Saint-Brieuc	Baie du Mont Saint-Michel	Estuaire de la Loire	Baie de l'Aiguillon
Salinité	> 30 ‰	> 30 ‰	> 30 ‰	20 << 30 ‰
Marnage (m)	13	16	1 << 5	1 << 5
Profondeur (m)	< 30	< 30	< 30	< 30
Vitesse du courant (m.s <sup>-1</sup> )	< 1	< 1	1 << 3	1 << 3
Exposition à la houle	Abrité	Abrité	Extrêmement exposé à très exposé	Exposé à modérément exposé
Mélange	Mélange permanent	Mélange permanent	Partiellement stratifiée	Partiellement stratifiée
Temps de résidence de l'eau	Mois année	Semaine mois	Semaine mois	Mois année
Substrat	Sable gravier	Sablo vaseux	Sable gravier	Vase limon
Bathymétrie	8 m CM	12 m CM	2 – 4 m CM	4 m CM
Zone intertidale	< 50 %	> 50 %	< 50 %	< 50 %
Marais salés (ha)	120	4 500	905	1 100
Vasières (ha)	2 600	18 000	2 330	3 700
Contexte métaécosystémique	Marais enclavé, connectivité avec des estrans sableux, exutoires de petits fleuves côtiers.	Grande baie à grands estrans vaseux, grandes surfaces de marais salés, exutoires de trois fleuves côtiers.	Grand fleuve, peu de marais salés, forts aménagements, connectivité faibles avec des affluents.	Baie semi-fermée, connectivité avec les pertuis, marais salés moyens, exutoire d'un fleuve.

On entend par contexte métaécosystémique, l'environnement abiotique (faciès, salinité, régime tidal, *etc.*) et biotique (végétalisation, disponibilité trophique, prédation, *etc.*) ainsi que les liens qui relient ce système avec les systèmes adjacents (connectivité entre les

divers écosystèmes : roselières, côtes rocheuses, vasières, chenal, estrans, *etc.*). Il est le résultat des interactions entre les phénomènes physiques naturels comme l'érosion et les impacts des activités anthropiques comme le dragage, l'endiguement, la présence de cultures marines ou de zones portuaires.

Une définition du contexte global des sites étudiées a été effectuée à partir des données existantes et de la situation géographique des sites (écosystèmes voisins, liens avec d'autres zones estuariennes, *etc.*).

Ainsi, par exemple, la baie de Saint-Brieuc peut être définie par son marais salé enclavé, sa connectivité avec des estrans sableux, et de par sa fonction d'exutoire de petits fleuves côtiers. La baie du Mont Saint-Michel en revanche est plutôt qualifiée de grande baie à grands estrans vaseux, possédant de grandes surfaces de marais salés et recueillant les eaux de trois fleuves côtiers (Sée, Sélune et Couesnon), *etc.*

### 3. Résultats.

#### 3.1. Guildes colonisatrices présentes dans les marais salés intertidaux.

L'analyse des compositions spécifiques des peuplements de poissons des complexes estuaires marais salés intertidaux indique des ressemblances entre les systèmes étudiés. Ainsi, les trois baies présentent une majorité de **Y** avec respectivement 61,1% pour la baie de Saint-Brieuc, 62,5% pour la baie du Mont Saint-Michel, et 70,8% pour la baie de l'Aiguillon. L'estuaire de la Loire quant à lui présente une faible proposition d'espèces appartenant à cette guildes. En ce qui concerne les **J**, ils sont majoritaires en Loire et très faiblement représentés dans les autres systèmes (5,6% en BSB et ,2% en BDA) mais substantiellement présents en BMSM avec 12,5%. La baie de Saint-Brieuc et l'estuaire de la Loire accueillent 11,1% et 11,8% d'espèces **O**. Cette guildes n'est pas représentée en BMSM et n'est présente qu'à hauteur de 4,2% en BDA. Les espèces résidentes (**R**) représentent environ le même pourcentage suivant les sites avec près de 17%, il en est de même pour la guildes des **T** où une seule espèce représentant cette guildes a été capturé (*Anguilla anguilla*).

**Tableau 31 : Pourcentages de chaque guildes colonisatrices présentes dans les complexes estuariens étudiés sur la façade ouest de la France.**

	<b>BSB</b>	<b>BMSM</b>	<b>BDA</b>	<b>EDL</b>
<b>Y</b>	61,1%	62,5%	70,8%	11,8%
<b>J</b>	5,6%	12,5%	4,2%	52,9%
<b>O</b>	11,1%	0,0%	4,2%	11,8%
<b>R</b>	16,7%	18,8%	16,7%	17,6%
<b>T</b>	5,6%	6,3%	4,2%	5,9%
<b>N</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>24</b>	<b>17</b>

### 3.2. Utilisation des zones estuariennes et plasticités spécifiques.

Lorsque l'on étudie les comportements des peuplements piscicoles présents dans les eaux de transitions, trois grands groupes d'espèces présentant des caractéristiques communes se détachent : (i) Une première distinction dans les groupes d'espèces peut être effectuée, lorsque l'on considère les espèces présentes dans un seul site. (ii) Un deuxième groupe présente une pérennité de la fréquentation quelque soit le site étudié et une pérennité du comportement colonisateur. (iii) Un troisième groupe est composé d'espèces qui colonisent deux ou plus de sites mais qui présentent des stratégies de colonisation variables selon les complexes étudiés.

#### (i) Espèces présentes dans un seul site :

Huit espèces **Y** ne sont capturées que dans une baie et en très faibles effectifs. C'est le cas du Dragonnet lyre (*C. lyra*), du Merlan (*M. merlangus*) en Loire, de la Plie (*P. platessa*), de la Sardine (*S. pilchardus*), de la Dorade royale (*S. aurata*) et du Syngnathe de Duméril (*S. rostellatus*) en baie de l'Aiguillon, du Lieu (*P. pollachius*), de la Barbue (*S. rhombus*) du Chabot buffle (*T. bubalis*) en baie de Saint-Brieuc et de la Grande vive (*T. draco*) en baie du Mont Saint-Michel.

Certaines de ces espèces ont des affinités notables avec des écosystèmes adjacents qui représentent leur milieu de vie à l'âge adulte. C'est le cas pour la Grande vive (Halstead et al. 1990), de la Barbue, la Plie et le Dragonnet qui fréquentent plutôt les zones sableuses ou sablo vaseuses (Quéro et Vayne 1997a). Ainsi le contexte joue un rôle très important dans la diffusion des espèces. Le Lieu et la Dorade royale quant à eux fréquentent les zones côtières

et les eaux plus profondes à l'âge adulte. La fréquentation de la zone de nourricerie joue alors un rôle essentiel dans la migration triangulaire (Secor 1999) et le cycle biologique de ces espèces. Le chabot buffle et le Syngnathe sont connus pour la fréquentation des herbiers de phanérogames marines et de zones sableuses. Ici encore, le contexte global de positionnement des marais salés est important, ce complexe s'incluant dans les écosystèmes supportant les populations piscicoles côtières à un stade ou une écophase particulière (cf. tableau 29). Dans le cas du chabot buffle, l'alimentation de cette espèce est principalement composé de *Mysidacae*, d'amphipodes (*Gammaridae*), décapodes, polychètes, mollusques et poissons (Froese et Pauly 2006) la présence du marais en bordure des zones sableuses lui permet d'avoir accès à des ressources trophiques abondantes.

Un groupe *J* est aussi présent dans les mêmes conditions (*ie* un seul site) avec la Brème commune (*A. brama*), la Motelle à 5 barbillons (*C. mustella*), l'Eperlan (*O. eperlanus*) et le Tacaud (*T. luscus*) en Loire et le Gambusie (*G. affinis*) en baie de l'Aiguillon.

Ces deux sites présentent une forte connectivité avec les parties amont fluviales (Loire et Sèvre niortaise) d'où sont originaires les deux espèces dulçaquicoles (Brème et Gambusie). Elles ne sont présentes que lors d'épisodes pluvieux hivernaux qui repoussent les zones désalées vers l'aval. Les fortes courantologies associées à ces épisodes de crues contribuent également à la migration accidentelle de ces espèces.

Les autres espèces plutôt sténohalines (Tacaud et Motelle) proviennent des eaux côtières externes de l'estuaire (Parlier et Feunteun 2004). La zone d'opposition entre les intrusions marines et les eaux provenant des bassins versants (zone estuarienne) représente alors une partie du domaine vital de ces espèces. Elles sont généralement présentes lors d'épisodes climatiques associés aux tempêtes automnales ou hivernales (Feunteun 1994; Feunteun et al. 1998). Le brassage des eaux côtières associé à de fortes amplitudes de marées, induit là encore une translation des limites de salinité des eaux mais cette fois-ci vers l'amont (Parlier et Feunteun 2004). Le domaine vital des espèces marines s'en trouve alors plus étendu dans l'estuaire.

Enfin, l'Eperlan effectue des migrations complexes entre estuaire et eaux côtières (Quéro et Vayne 1997a; Froese et Pauly 2006) mais qui ne peuvent pas être mis en évidence avec notre étude.

(ii) Espèces présentant une stabilité du comportement de colonisation :

Certaines espèces sont présentes sur plusieurs des sites échantillonnés et présentent une stabilité dans leur classement en guildes fonctionnelles. C'est le cas pour le Lançon (*A. tobianus*), l'Athérine (*A. presbyter*), de l'Orphie (*B. belone*), du hareng (*C. harengus*), des juvéniles de Clupeidae (*Clupea sp.*) et de Mugilidae (*Mugil sp.*) qui présentent un comportement colonisateur *Y* (ie *Young-of-the-year saltmarsh settlers*). Lorsque l'on regarde de plus près les stratégies de colonisation de ces espèces, leurs cycles biologiques sont intimement liés aux complexes estuaire - marais salés. Les *Clupeidae* et les *Mugilidae* sont directement dépendants de ces zones de nourricerie dans leurs premiers mois (Parlier 2002). Le Lançon équille, fréquente les estrans sableux en bas d'estran lors de sa vie adulte comme l'Orphie. L'Athérine (ou Prêtre) est une espèce quasi résidente des complexes estuariens. Cependant, seuls les juvéniles fréquentent les marais salés.

Les gobies des sables et tachetés sont qualifiées de **R** quel que soit le site d'étude. L'absence uniquement en Loire de la troisième espèce de Gobie (*Pomatoschistus lozanoi*) est observée. *A. minuta* présente une colonisation **R** dans les deux sites les plus au sud du gradient d'étude. Ces *Gobiidae* sont caractérisés par des cycles biologiques courts, une maturité précoce qui assure une pérennisation de leur présence dans les systèmes estuariens. Ces poissons effectuent des migrations journalières entre les vasières intertidales et les marais salés où ils trouvent les ressources trophiques nécessaires à leur survie, mais dans le même temps ils représentent des espèces fourrages pour un bon nombre d'espèces ichtyophages (Mouny 1998).

(iii) Espèces présentant une plasticité de comportement de colonisation baie vs Loire :

Deux sous-ensembles peuvent être décrits dans l'organisation et le comportement des espèces qui colonisent les complexes estuariens-marais salés intertidaux de la façade ouest de la France.

Un premier sous-ensemble est composé d'espèces qui possèdent un comportement différent dans les marais salés à proprement parler et dans l'estuaire de la Loire (comportement colonisateur alternatif).

Une partie de l'explication justifiant cette plasticité apparente des stratégies ou tactiques de colonisation peut alors être biaisée par la technique d'échantillonnage (emploi d'engins de captures différents) et l'intervention dans le milieu subtidal. Il s'agit du Flet (*P.*

*flesus*), de la Sole (*S. solea*) du Sprat (*S. sprattus*) et de l'Anchois<sup>11</sup> (*E. encrasicolus*). Ces espèces sont **Y** dans les baies étudiées et **J** en Loire. Des différences de cohortes capturées entre les chenaux des marais salés et les vasières adjacentes a déjà été observée notamment en estuaire de la Seine (Duhamel comm. pers.). La présence de cohorte plus âgées peut alors s'expliquer du fait de l'emploi d'engins différents, nécessaires à la capture d'une part dans les zones de chenaux non accessibles aux arts traînants, et d'autre part à la capture de poissons dans des zones intertidales (souvent des vasières) où l'accessibilité ne peut se faire qu'à bord de navire à faible tirant d'eau.

Une autre partie de la réponse peut être mise sur le compte du contexte métaécosystémique (cf. tableau 29), notamment sur fluctuation de taille du complexe estuarien. En effet, l'estuaire de la Loire ne présente pas ou peu de marais maritimes (mais plutôt des roselières) comme dans les autres baies, et situés en bordures de chenaux accessoires. Les étendues de vasières en bordure du chenal principal représentent alors les zones privilégiées d'alimentation pour les jeunes de l'année, mais aussi pour les juvéniles (Marchand 1981a; Marchand et Schaan 1995; Parlier et Feunteun 2004), où une forte concentration des jeunes individus est alors observée.

Enfin une dernière partie de la réponse se trouve sans doute dans le comportement migrateur de certaines de ces espèces comme le Flet. En effet, cette espèce réalise une migration entre les eaux côtières et les zones amont de l'estuaire. Elle colonise le chenal (voie de migration) et se trouve en transit dans cette zone.

(iv) Espèces présentant une plasticité de comportement de colonisation :

Un dernier sous-ensemble – issu de ce troisième groupe d'espèces présentant une plasticité de comportement colonisateur – rassemble des espèces qui possèdent des comportements colonisateurs alternatifs et cela suivant le site considéré.

Nous nous proposons ici de décrire de manière détaillée les tactiques mises en œuvre dans les différents complexes estuariens et ceci pour cinq espèces. Trois espèces euryhalines (Anchois européen, Bar européen et le mulot doré), une espèce migratrice (Anguille européenne) et une espèce amphihaline (Mulet porc).

---

<sup>11</sup> L'Anchois n'étant capturé que dans les deux sites les plus au sud du fait de son aire de répartition, il est cité ici mais fait l'objet d'une description plus détaillée ci-après.



*Le cas de l'Anchois européen :*

Les comportements de colonisation sont très différents entre la baie de l'Aiguillon et l'estuaire de la Loire (les deux sites sont inclus dans son aire de répartition biogéographique). Cette différence de stratégies colonisatrices peut être due, comme explicité ci-dessus à la multiplicité des engins de captures. La présence opportuniste de cette population se trouve décrite au travers de certains inventaires effectués ces dernières années (Parlier et Feunteun 2004). Les fortes abondances de YoY en baie de l'Aiguillon (Parlier et al. 2006) ont classé ce comportement colonisateur de cette espèce en *Y*. Les stratégies différentielles de colonisation semblent induites par les paramètres intrinsèques du site étudié (cf. tableau 29). Les Anchois étant plutôt associés à des eaux peu désalées et pélagiques, la baie de l'Aiguillon ne reçoit que les larves peu mobiles par dispersion le long des côtes (Dame et Allen 1996), elles sont d'ailleurs les plus présentes sur un site qui présente un faible potentiel trophique pour des espèces marines (Parlier et al. 2006). Une stratification des eaux est observée en baie de l'Aiguillon avec des eaux désalées présentes dans les chenaux de ressuyage des marais salés (Le Breton comm. pers.).

Guildes colonisatrices, contextes métaécosystémiques et colonisation des eaux de transition.

**Tableau 32 : Pourcentages de trois groupes d'individu : Jeunes de l'année G0 ; Individus d'un an G1 ; Individus de deux ans et plus G2et+. Les espèces sont classées dans les guildes colonisatrices décrites par Parlier *et al.* (2006).**

Genre espèce	Baie de Saint-Brieuc				Baie du Mont Saint-Michel				Baie de l'Aiguillon				Estuaire de la Loire			
	%G0	%G1	%G2et+	N	%G0	%G1	%G2et+	N	%G0	%G1	%G2et+	N	%G0	%G1	%G2et+	N
<i>Abramis brama</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100,00	-	1
<i>Ammodytes tobianus</i>	100,00	-	-	23	100,00	-	-	2	100,00	-	-	1	-	-	-	-
<i>Anguilla anguilla</i>	100,00	-	-	1	100,00	-	-	1	81,25	-	18,75	26	6,90	93,10	-	59
<i>Aphia minuta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	100,00	-	-	1	7,30	92,70	-	29
<i>Atherina presbyter</i>	100,00	-	-	1	-	-	-	-	100,00	-	-	34	-	-	-	-
<i>Belone belone</i>	-	-	-	-	100,00	-	-	1	100,00	-	-	1	-	-	-	-
<i>Callionymus lyra</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100,00	-	-	1
<i>Ciliata mustela</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,30	92,70	-	41
<i>Clupea harengus</i>	100,00	-	-	18	100,00	-	-	1	100,00	-	-	1	-	-	-	-
<i>Clupea sp.</i>	100,00	-	-	1 472	100,00	-	-	1 178	100,00	-	-	960	-	-	-	-
<i>Dicentrarchus labrax</i>	77,60	13,40	9,00	67	100,00	-	-	97	98,60	0,80	0,60	5 464	55,08	38,19	6,73	1 574
<i>Engraulis encrasicolus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	100,00	-	-	1 063	67,37	31,20	1,43	170
<i>Gambusia affinis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100,00	-	58	-	-	-	-
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	30,20	69,80	-	71	91,60	8,40	-	36	100,00	-	-	117	-	-	-	-
<i>Liza aurata</i>	5,23	7,50	87,27	101	83,29	16,71	-	496	95,60	3,80	0,60	2 853	45,65	52,17	2,18	230
<i>Liza ramada</i>	-	-	-	-	77,67	22,33	-	2 687	66,30	11,50	22,20	2 572	46,29	48,15	5,56	64
<i>Merlangius merlangus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	98,30	1,70	0,00	158
<i>Mugil sp.</i>	100,00	-	-	9 530	100,00	-	-	9	100,00	-	-	102	-	-	-	-
<i>Osmerus eperlanus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72,67	27,00	0,33	771
<i>Platichthys flesus</i>	93,91	1,80	4,29	478	100,00	-	-	21	100,00	-	-	52	80,80	19,20	-	4 313
<i>Pleuronectes platessa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	100,00	-	-	1	-	-	-	-
<i>Pollachius pollachius</i>	100,00	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pomatoschistus lozanoi</i>	-	100,00	-	19	100,00	-	-	1	100,00	-	-	4	-	-	-	-
<i>Pomatoschistus microps</i>	0,40	99,60	-	750	35,16	64,80	-	6 846	29,37	70,63	-	1 495	29,60	70,40	-	26
<i>Pomatoschistus minutus</i>	-	100,00	-	36	100,00	-	-	1	-	100,00	-	1 007	22,00	78,00	-	1 063
<i>Sardina pilchardus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	100,00	-	-	4	-	-	-	-
<i>Scophthalmus rhombus</i>	100,00	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Solea solea</i>	100,00	-	-	22	-	-	-	-	100,00	-	-	25	86,50	12,20	1,30	4 028
<i>Sparus aurata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	100,00	-	-	1	-	-	-	-
<i>Sprattus sprattus</i>	100,00	-	-	1 448	100,00	-	-	313	100,00	-	-	515	48,10	51,90	-	622
<i>Syngnathus rostellatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	100,00	-	-	4	-	-	-	-
<i>Taurulus bubalis</i>	100,00	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trachinus draco</i>	-	-	-	-	100,00	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trisopterus luscus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	88,10	11,90	-	59

	Légende des Guildes colonisatrices				<b>J</b> Juvenile Salt Marsh Settlers				<b>R</b> Resident Salt Marsh Settlers			
	<b>Y</b> Young-of-the-year Salt Marsh Settlers				<b>O</b> Opportunistic Salt Marsh Settlers				<b>T</b> Transient Salt Marsh Settlers			

Le cas du Bar :

Le Bar est connu pour son comportement de colonisation des eaux couvrant les marais salés lors des marées hautes de vives eaux (Laffaille et al. 2001b; Parlier 2002; Parlier et al. 2004a; Parlier et Feunteun 2005). Cette fonction a particulièrement été démontrée en baie du Mont Saint-Michel durant ces dernières années (même si pour ces raisons liées aux activités anthropiques cette fonction semble s'atténuer (Parlier et al. 2006)). Cette baie présente une colonisation **Y**, tout comme la baie de l'Aiguillon. Ces deux baies présentent de grandes étendues de marais salés en fond de baie. La présence de très jeunes individus est en partie due à une migration passive. Les poissons âgés pouvant trouver dans les écosystèmes adjacents les ressources trophiques nécessaires. Des subadultes et des adultes sont d'ailleurs exploités dans les pêcheries de la baie du Mont Saint-Michel, et des chalutages d'IFREMER (Desaunay comm. pers.) dans les pertuis charentais ont également validé cela.

En baie de Saint-Brieuc, et en estuaire de la Loire, cette espèce présente un comportement plus opportuniste **O**. Cette espèce à forte valeur halieutique présente un comportement de colonisation des fleuves qui va bien au-delà des limites de salinité des eaux ou des influences marines (Sobrino et al. 2005). La présence d'individus juvéniles ou adultes est régulièrement observée par exemple en Seine près du barrage de Poses (Duhamel comm. pers.). Le contexte métaécosystémique semble jouer pour ces deux sites un rôle prépondérant. En baie de Saint-Brieuc, les marais salés sont de petites tailles et enclavés. Ils sont flanqués en fond de baie de part et d'autre du lit de l'Urne. Les très grandes étendues d'estrans sableux et les complexes portuaires alentours isolant cette réserve naturelle. Les bars adultes trouvent alors dans cette zone sanctuaire des moindres stress et une manne alimentaire substantielle.

Le cas du Mulet doré :

Le Mulet doré (*L. aurata*) présente trois stratégies de colonisation dans les sites étudiés. **Y** en baie de l'Aiguillon, **J** en estuaire de la Loire et en baie du Mont Saint-Michel, et **O** en baie de Saint-Brieuc. Cette plasticité comportementale est une réponse adaptée à la colonisation des écosystèmes côtiers dont les paramètres physiques (marnage) et chimiques (oxygène dissous et salinité) fluctuent selon des rythmes saisonniers et journaliers. En baie de l'Aiguillon les vasières intertidales abritent de fortes productions microphytobenthiques et de nématofaune. L'alimentation des subadultes et des adultes peut alors s'effectuer en aval des

marais salés (Le Breton 2005), de plus ceux-ci représentent une faible proportion de la baie. En baie du Mont Saint-Michel les caractéristiques propres de cette entité complexe induisent une fuite du système lors des marées basses de vives eaux. Les individus se retrouvant au large, bien au-delà des superficies riches en ressources trophiques benthiques. La colonisation qui suit le mascaret nécessite une très forte tolérance aux contraintes de salinité. Le mullet doré étant moins inféodé aux eaux sursalées et/ou faibles en oxygène, seuls les individus jeunes présentant de moindres demandes respiratoires sont capturés dans ces systèmes. En estuaire de la Loire, l'absence d'individu adulte peut être imputée aux techniques d'échantillonnages. Mais là encore, les préférences écologiques de cette espèce la conduisent à fréquenter les eaux côtières ou la zone externe des estuaires.

En baie de Saint-Brieuc, les vasières adossées aux marais salés sont totalement isolées du reste de la zone côtière plutôt sableuse. D'autres patches présentant les mêmes caractéristiques sont présentes malgré tout à l'est dans l'estuaire du Gouessant, ou à l'ouest dans l'estuaire du Légué. Ainsi le comportement opportuniste du Mulet doré dans ces écosystèmes permet aux animaux présentant ces comportements marginaux de palier le manque de ressources trophiques appropriées dans cette zone.

#### *Le cas de l'Anguille européenne :*

L'Anguille (*A. anguilla*) est présente lors de différentes écophases (civelle, anguillette (pigmentée), anguille jaune ou argentée). En baie de Saint-Brieuc et en baie du Mont Saint-Michel, seules des civelles ont été capturées. En baie de l'Aiguillon, diverses cohortes sont capturées. La complexité du cycle biologique de cette espèce migratrice amphihaline entraîne une multiplicité de schémas de colonisations. Certains contingents peuvent être entièrement marins (Daverat et al. 2006). D'autres peuvent être résidents de l'estuaire et d'autres enfin peuvent coloniser les zones amont des bassins versants. Ainsi l'estuaire de la Loire semble jouer un rôle d'accueil d'une population de jeunes individus avant leur migration d'avalaison où les divers individus vont coloniser les bassins versants. Les chalutages en Loire n'étant pas adaptés à la capture de grands individus pour lesquels l'échappement peut être important n'ont pas permis l'échantillonnage de spécimens adultes en complément de ces chalutages, cependant cette espèce est exploitée dans l'estuaire indiquant la présence incontestable de ces individus adultes (L.Vilaine comm. pers.).

*Le cas du Mulet porc :*

Le Mulet porc (*L. ramada*) se comporte différemment selon les sites. Il n'est pas présent en baie de Saint-Brieuc. Cette espèce amphihaline présente une colonisation **J** en baie du Mont Saint-Michel et **O** en baie de l'Aiguillon et en estuaire de la Loire. Tout comme le mulot doré, la colonisation des marais salés de la Baie du Mont Saint-Michel est soumise aux mêmes contraintes.

En baie de l'Aiguillon et en estuaire de la Loire, le mulot porc se trouve dans son écosystème de prédilection. Il possède une plus grande tolérance aux contraintes physicochimiques extrêmement fluctuantes. Un comportement singulier a été noté en baie de l'Aiguillon (Parlier et al. 2006) ainsi qu'en baie du Mont Saint-Michel (Laffaille 2000) puisque des jeunes sont régulièrement capturés, et des adultes avant et après la reproduction. Cependant, les cohortes de subadultes sont absentes ou sous représentées. Cette taille (aux alentours de 20 cm) est la taille optimale recherchée chez les oiseaux piscivores. Cette stratégie de fuite doit semble-t-il permettre une meilleure survie des individus non matures.

#### **4. Discussion.**

Grâce aux études menées dans les complexes estuariens – marais salés intertidaux de la façade ouest de la France, il a été possible de décrire les processus démographiques de colonisation de ces systèmes instables. L'utilisation des guildes colonisatrices proposées par Parlier et al. (2006) semble bien adaptée pour la plupart des espèces.

##### *4.1. Plasticité spécifique et tactiques alternatives de colonisation des complexes estuariens.*

Suivant les espèces étudiées, les réponses aux conditions environnementales fluctuantes sont diverses et hétérogènes. Ainsi certaines espèces à faible plasticité comportementales semblent abandonner les estuaires lorsque les conditions sont trop contraignantes. D'autres espèces en revanche adoptent des tactiques différentielles ou graduelles caractérisées par des évolutions des traits d'histoires de vie et cela suivant les sites échantillonnés.

Tout d'abord, certaines d'espèces ne sont présentes que dans un seul site, il est alors difficile de décrire des tactiques spécifiques. Malgré tout, il est notable que ces espèces colonisent pour la plupart les complexes étudiés comme des nourricerie au sens strict (Beck et al. 2001) en présentant un comportement de colonisation *Y* : *Young-of-the-year Salt Marsh Settlers*.

D'autres espèces semblent jouer sur des cycles biologiques courts et une maturité précoce, en réalisant la totalité de leur cycle biologique dans les eaux estuariennes ou à proximité. Les Gobiidae sont très facilement identifiables suivant cette stratégie (*ie* cycle court, maturité précoce et résidence estuarienne). Ils présentent une grande stabilité malgré les contextes métaécosystémiques ou la taille des complexes estuariens (grand estuaire ou petite baie enclavée). Ainsi, la taille des marais salés ou l'exposition à la houle, la vitesse du courant, *etc.* ne semblent pas influencer sur la réalisation du cycle biologique de ces espèces. Ces populations fourrages sont qualifiées de *Resident Salt Marsh Settlers (R)*. Cependant, on peut s'interroger sur les bénéfices réels de colonisation de ces espaces, tant du fait du rapport coûts/bénéfices liés à la disponibilité trophique que du coût physiologique.

Le Flet (ou Plie de Loire), la Sole, le Sprat et l'Anchois présentent une colonisation de la Loire comme une nourricerie au sens large du terme (*J*), alors que dans les autres baies la colonisation du schorre est celle d'une nourricerie *sensu stricto (Y)*. Ces observations sont cependant à relativiser non seulement du fait de l'emploi d'engins de pêches différents aux sélectivités différentes, mais aussi en raison de l'échantillonnage dans les milieux subtidiaux de la Loire. Malgré tout, il apparaît qu'une colonisation différentielle semble s'opérer, les individus possédant une nage plus performante ne colonisent que les zones des abords des marais alors que les spécimens plus petits colonisent les zones les plus incluses dans les marais salés. Ces observations ont été mises en évidence chez le Bar européen en estuaire de la Seine où des pêches comparatives réalisées à l'aide d'engin similaires ont permis de valider cette hypothèse (Duhamel données non publiées). La classification dans des guildes colonisatrices différentes semble alors en adéquation avec la réalité biologique des espèces étudiées.

Certaines espèces présentent des stratégies mixtes de colonisation. L'Anguille européenne du fait de la complexité de son cycle biologique et de son caractère migrateur est affecté à la guildes *T*. Cependant, il paraît important de préciser cette guildes. Il est nécessaire

de valider la pertinence de la classification en guildes colonisatrices pour des espèces à cycle biologique aussi complexe (et notamment chez les espèces migratrices). Cela peut notamment être le cas pour les *Salmonidae* ou les *Petromyzinidae*. Mais cela étant, pour le Flet le découpage en guildes colonisatrices semble être bien adaptée, mais cette espèce ne réalise qu'une courte migration au-delà de la zone estuarienne.

Pour d'autres espèces la classification en guildes colonisatrices a permis de mettre le doigt sur le rôle très important du contexte métaécosystémique – et notamment des écosystèmes associés – dans les processus et les tactiques mises en œuvre dans la colonisation des complexes estuaires-marais salés intertidaux de la façade ouest de la France.

Ainsi, une plasticité comportementale du bar a été observée. Il est réellement nécessaire de comprendre le rôle fonctionnel de tels écosystèmes dans les processus de préservation ou de gestion intégrée des populations de poissons côtiers, notamment pour les espèces à caractères halieutiques. Ainsi alors que la baie de Saint-Brieuc ne représente qu'une zone de taille accessoire dans le contexte de la baie de Saint-Brieuc, ses marais salés jouent un rôle très important dans le soutien de la population de bar. Une colonisation *O* est observée. En baie de l'Aiguillon et en baie du Mont Saint-Michel cette espèce appartient à la guildes des *Young-of-the-year Salt Marsh Settlers (Y)*. Il est vraisemblable que les individus âgés trouvent les ressources trophiques dans les écosystèmes adjacents et que la colonisation des marais salés qui nécessite de très fortes tolérances aux conditions du milieu ne présente alors aucun avantage. En estuaire de la Loire, le bar présente une colonisation *J*. Ceci indique que l'estuaire de la Loire joue un rôle de nourricerie au sens large du terme, en soutenant une grande partie des juvéniles de cette espèce côtière.

Pour les *Mugilidae*, l'étude par guildes colonisatrices initiée par Parlier *et al.* (2006) a permis de conforter les préférences écologiques déjà décrites chez ces deux espèces. D'autre part, le contexte métaécosystémique lié notamment à la disponibilité en ressources trophiques a permis de mieux comprendre les tactiques comportementales mises en œuvre en fonction des complexes estuariens pris en compte.

Ainsi, le mulot doré appartient à la guildes *Y* en baie de l'Aiguillon, où les ressources trophiques sont abondantes et plus disponibles que dans d'autres écosystèmes moins contraignants. En estuaire de la Loire et en baie du Mont Saint-Michel il semble encore que la rareté ou tout ou moins la disponibilité temporaire des ressources trophiques induisent une appartenance à la guildes colonisatrices *J*. En revanche, quasiment toutes les cohortes

colonisent les marais de la baie de Saint-Brieuc (**O**), et une fois encore la disponibilité de la ressource et l'accessibilité aisée à ces ressources semblent induire un comportement adapté.

Pour le Mulet porc, en fonction de ces préférences écologiques qui sont un peu différente de celle de l'espèce précédente, elle n'est pas présente en baie de Saint-Brieuc dans la zone étudiée. Elle présente la même tactique de colonisation en baie du Mont Saint-Michel, la grandeur de cette baie et les contraintes physicochimiques induites par les grandes zones d'estran jouant un rôle de filtre (sélectif). En revanche, le mulet porc appartient à la guildes des *Opportunistic Salt Marsh Settlers* (**O**) dans les deux autres sites (Aiguillon et Loire, ainsi que baie du Mont Saint-Michel). Dans ces deux zones très désalées (grand estuaire et caractéristiques courantologiques de la baie de l'Aiguillon qui provoque une très faible salinité des chenaux des marais salés) le mulet porc est dans un écosystème qui présente des propriétés écologiques optimales. De ce fait, ces complexes d'écosystèmes constituent le milieu de vie (domaine vital) de cette espèce, il n'est donc pas étonnant d'y retrouver diverses cohortes.

#### 4.2. Pertinence de la classification en guildes colonisatrices (Parlier et al. 2006).

L'utilisation des guildes colonisatrices s'est révélée judicieuse dans le cadre de la description des peuplements de poissons présents dans les complexes estuariens de la façade ouest de la France. L'application aux différentes espèces notamment euryhalines marines a permis de conforter les liens déjà décrits dans de nombreuses études entre masse d'eau côtière et masse d'eau de transition (Araujo et Costa de Azevedo 2001; Methven et al. 2001; Duhamel et al. 2002; Gillanders 2002a; Jaureguizar et al. 2003; Martino et Able 2003; Duhamel et al. 2004; Able 2005; Akin et al. 2005; Ray 2005).

Pour certaines espèces elle a également démontré l'existence de stratégies de colonisations qui peuvent être décrites suivant différentes tactiques (présence exclusivement **J**, **Y** ou **O**). Dans le cas de la fonction de nourricerie généralement décrite par un seul et unique critère, celui des fortes abondances de juvéniles de l'année (YoY). Il apparaît alors clairement que ces sites ne jouent pas que cette fonction. Une zone de nourricerie est décrite depuis ces dernières années suivant quatre critères qui ont été développés par Beck *et al.* (2001). Un des critères (le quatrième) explique que les individus quittent la nourricerie pour fréquenter des zones coloniser à l'âge adulte. Une colonisation **O** (*Opportunistic Salt Marsh*



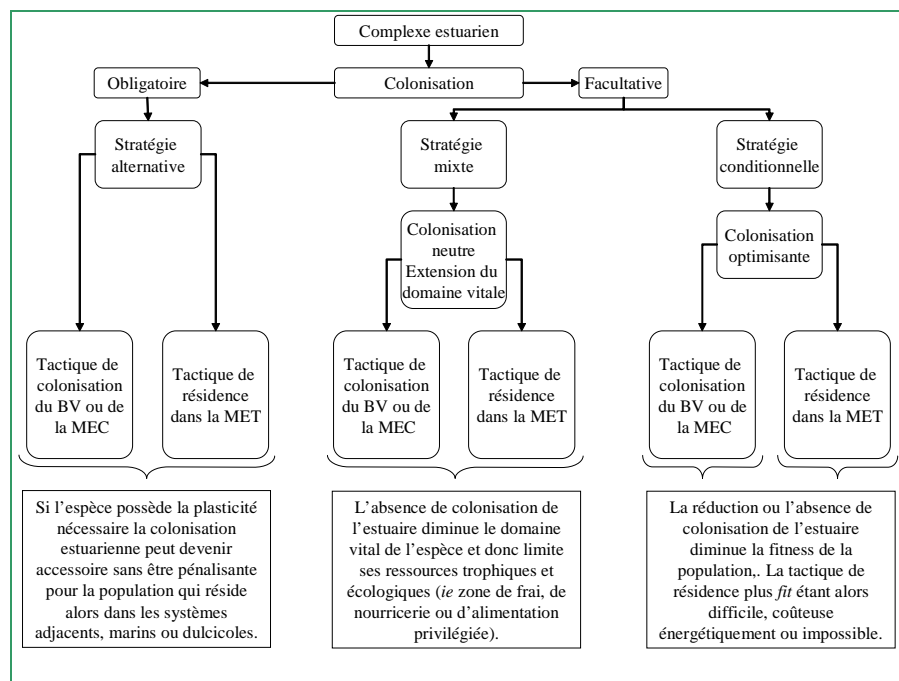
*Settlers*) indique alors que la zone décrite joue un rôle trophique privilégiée, mais pas uniquement une zone de nourricerie au sens strict du terme. Cet espace doit être considéré comme une partie du domaine vital des individus et cela quel que soit leur statut ou leur âge.

En appliquant aux diverses espèces des stratégies issues de Gross (1996) on peut discriminer deux types de colonisation. La première obligatoire, qui considère l'estuaire comme un corridor et la seconde facultative qui considère l'estuaire comme une extension du domaine vital ou comme un habitat privilégié.

Dans le cas de la colonisation obligatoire, il peut exister une stratégie alternative qui peut s'exprimer lorsque le coût énergétique ou que les pressions exercées par le système induit des stress voire des mortalités chez les individus. Une tactique peut être de migrer vers les écosystèmes adjacents et cela peut ne pas avoir d'incidence sur la fitness des individus. Dans le cas où cette espèce trouve dans ces systèmes les ressources nécessaires (trophiques, abris, *etc.*). Les individus appartenant aux espèces dont la migration est obligatoire peuvent alors appartenir à plusieurs guildes colonisatrices en fonction de l'état écologique des systèmes étudiés.

Dans le cas de la colonisation facultative, une première stratégie dite 'mixte' peut être décrite. La colonisation des zones estuariennes n'est ni optimisante ni pénalisante, les individus colonisent le système comme une tâche ('patch') de leur domaine vitale, et ce n'est que parce que le système ne présente plus les conditions minimales que les individus ne les fréquentent plus. Ils délaissent alors le système et se concentrent sur les autres systèmes alentours. Il paraît probable que les individus ayant des nages actives vont éviter de coloniser ces systèmes. On peut alors passer d'espèces appartenant à la guildes *O* puis *J* puis *Y*. On peut considérer que la zone contraignante n'est colonisée que par les individus qui ne présentent pas les capacités de sélection de colonisation des estuaires. Mais ces juvéniles possédant des exigences moindres en oxygènes dissous par exemple, cela n'a pas d'incidence sur la fitness de la population.

Une seconde stratégie de colonisation facultative peut être décrite, elle est dite 'conditionnelle'. En effet, la réduction ou l'absence de colonisation de la zone estuarienne est défavorable à la réalisation du cycle biologique des espèces piscicoles. Certaines espèces présentent des zones privilégiées d'alimentation au stade juvénile par exemple. La présence d'espèces classées comme *O* sur ces sites alors qu'ils le sont en tant que *Y* par exemple peut indiquer un dysfonctionnement du système ne jouant plus le rôle de nourricerie.



**Figure 33 : Impact de la réduction du potentiel d'accueil des zones estuariennes sur les différentes stratégies de colonisation développées par les espèces piscicoles des complexes estuariens – marais salés intertidaux de la façade ouest de la France. On entend par colonisation obligatoire l'expression d'un caractère massif de colonisation mais pas absolue. Adaptation de Gross (1996).**

Il apparaît possible, dans l'absolu, en extrapolant ces données, d'approcher la notion d'espèce indicatrice. Le rôle fonctionnel du système étant différent pour certaines espèces classées dans diverses guildes en fonction du bon, mauvais ou médiocre état du système.

Pour certaines espèces la classification en guildes colonisatrice semble montrer certaines limites. Il est probable que pour l'éperlan, les migrations complexes dans les systèmes rendent les interprétations délicates.

Il semble donc nécessaire dans un premier temps de valider cette classification à d'autres complexes estuariens des côtes françaises puis de l'employer dans la description des peuplements ichtyologiques d'autres pays en Europe tout d'abord puis dans sur d'autres continents (Afrique, Amériques, etc.).

## **5. Conclusion.**

L'application de la classification en guildes colonisatrices proposée par Parlier *et al.* (2006) aux espèces présentes dans quatre complexes estuaires marais salés de la façade ouest de la France a permis de mettre en évidence la pertinence de cette approche basée à la fois sur les demandes (trophiques, abris, reproduction, croissance, *etc.*) des espèces piscicoles côtières et sur les cycles biologiques variés des peuplements piscicoles côtiers. Il apparaît cependant nécessaire d'approfondir les études telles que celles engagées dans les complexes estuariens de la façade ouest de la France, pour valider cette classification auprès de certaines espèces à cycle biologique complexe.

De plus, il est nécessaire de pérenniser de telles approches car elles se révèlent être de précieux outils opérationnels de gestion des zones côtières. La prise en compte globale des cycles biologiques des espèces et à l'échelle des métaécosystèmes semble être la clé des politiques de développement durable des ressources piscicoles côtières, certes renouvelables mais limitées (Sparre et Venema 1998). Ainsi la sauvegarde ou la protection de zones de faibles superficies mais nombreuses peuvent permettre le maintien de métapopulations – comme décrites par Mac Arthur & Wilson (1967) dans la théorie des îles – étant donné que les grands complexes estuariens sont soumis à de nombreux conflits d'acteurs, de pressions d'aménagements portuaires diminuant les sites potentiellement favorables pour ces espèces (Parlier et Feunteun 2004).

## **6. Remerciements.**

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont autorisé la collecte de ces données originales dans les complexes estuariens de la façade ouest de la France.

## Conclusion.

Dans le cadre des études des assemblages ichtyologiques présent dans les complexes estuaires - marais salés intertidaux de la façade ouest de la France, il a été possible de montrer une variabilité des peuplements. Cette variabilité a été mise en évidence selon divers gradient : temporelle (heure – saison), spatiaux (criches – écorégions) et anthropiques (zone de protection renforcée – aménagements industrialoportuaires).

Les fluctuations de la composition des assemblages piscicoles peuvent être dues à plusieurs phénomènes ou processus. Dans un premier temps elles peuvent s'expliquer du fait de la répartition biogéographique des espèces comme pour l'Anchois européen qui n'est présent que dans les sites situés au sud de l'aire d'étude (golfe de Gascogne). La période d'étude en elle-même peut également jouer un rôle très important notamment pour des espèces qui ne fréquentent ces zones que lors d'écophases particulières. Les paramètres intrinsèques des complexes étudiés (*ie* taille, surface intertidale, ou surface de marais salés, marnage, *etc.*) ou aux contextes métaécosystémiques (connectivité avec les écosystèmes adjacents, surface tidale, diversité des patchs...) jouent également un rôle très important dans l'accueil et la persistance des assemblages. Les activités humaines, notamment liées aux transports maritimes et à la construction d'infrastructure portuaires semblent néfastes au maintien de certaines fonctions écologiques de ces espaces.

Dans le cadre de la restauration de la qualité des eaux continentales, de nombreuses mesures peuvent permettre de reconquérir la qualité de l'eau, ce qui autorise l'accueil d'espèces peu tolérantes aux pollutions chroniques. Ainsi depuis une dizaine d'années, en estuaire de la Loire, les captures d'Alose ont augmenté significativement. Cette espèce amphihaline potamotoque avait fortement décliné entre les années 80 et 2000 mais les efforts d'aménagements des fleuves, les successions d'années favorables au frai ont conjointement permis de restaurer significativement la population.

Depuis plusieurs années maintenant, les complexes estuariens font l'objet de suivis ou d'études plus ou moins ponctuelles selon les sites. Par exemple l'estuaire de la Seine fait l'objet d'études pluridisciplinaires très conséquentes (Programme Seine aval Phase I, II puis III) alors que très peu d'estuaires bretons ne font l'objet de réelles études. Cette disparité a été mise en évidence dans les études entreprises suite aux préconisations de la directive cadre européenne sur l'eau (WFD 2000/60/CE). Un des indicateurs sélectionnés pour obtenir des objectifs de résultats est basé sur la composante piscicole et la qualité des assemblages

ichtyologiques. Un groupe d'expert européen travaille actuellement sur ces thématiques pour établir un bilan de l'état écologique des masses d'eaux de transition (MET) à partir de la composition des assemblages piscicoles : GIG NEA - FTW (Geographical Intercalibration Group North East Atlantic - Fish in Transitional Waters). La réalisation d'un indice multimétrique à partir de la composante piscicole doit permettre à terme le suivi (biomonitoring) des MET. Et ceci afin de permettre une gestion intégrée de ces espaces côtiers. Les objectifs de résultats pourront alors être estimés.

De manière plus générale, ces études de description des peuplements de poissons sont indispensables pour comprendre les liens qui unissent les populations piscicoles côtières à ces systèmes singuliers. Ces dernières années, on observe de manière de plus en plus nette la volonté de créer des espaces accueillant les populations de poissons par la création de récifs artificiels immergés. Cette volonté de 'repousser le littoral' pour en jouir au maximum sans forcément le conserver en l'état révèle deux phénomènes différents.

Le premier plutôt sain relève de la notion de mesure compensatoire. En effet, afin de ne pas trop impacter le littoral approprié dans les projets plus ou moins importants pour l'économie locale (ports de pêche ou de plaisance, *etc.*) on recrée de manière artificielle des sites accueillant la flore et la faune piscicole ou fixée. La perte de biodiversité est alors prise en compte et des échanges plus ou moins fiables entre pertes et gains sont effectués sous la houlette des administrations compétentes. D'autres cas similaires ont notamment fait références en Amérique du nord et tout particulièrement dans la baie de Chesapeake (Secor et Houde 1998). Mais il est encore difficile aujourd'hui vu l'état parcellaire des connaissances sur le fonctionnement des écosystèmes littoraux de singulariser ces pratiques.

L'autre phénomène corollaire de l'idée précédente est de laisser croire que le littoral peut être aménagé de manière intensive et que ces mesures compensatoires prenant effet dans le milieu subtidal peuvent palier les effets des aménagements. Mais cette idée est simpliste. Pour preuve, après avoir endigué durant des siècles des marais salés dont la valeur pour les activités pastorales et agricoles n'était acceptable qu'une fois la nature aménagée, il semble en être de même pour les zones estuariennes. Seulement aujourd'hui, comme en Belgique ou aux USA notamment, certains polders sont rendus aux marées (Thom et al. 2002). Car au-delà de la fonction d'accueil des populations d'oiseaux, qui est souvent l'argument phare qui permet d'instruire le dossier de classement d'un marais littoral, c'est le rôle fonctionnel global qui unit ces marais salés aux écosystèmes adjacents qui se révèle le plus important. Et c'est aujourd'hui notamment la fonction de marais à poissons et de nourricerie qui est mise en

exergue par les études menées ces dernières années (Boesch et Turner 1984; Dame et Allen 1996; Taylor et al. 1998; Lefeuvre et al. 1999; Weinstein et al. 2000; Parlier 2002; Parlier et Feunteun 2004; Laffaille et al. 2005; Parlier et Feunteun 2005; Parlier et al. 2006).

Mais cette fonction de nourricerie ne peut être réellement mise en évidence qu'en validant un certains nombre de critères qui ont été défini par Beck et al. (2001). Le site étudié et suspecté de jouer un rôle de nourricerie doit accueillir de grandes densités de juvéniles, aider survie et la croissance différentielle des jeunes poissons (G0) par la mise à disposition d'espace d'accueil (abris et nourriture) et enfin les individus doivent quitter ces zones pour coloniser de manière préférentielle d'autres sites qui ne sont colonisés qu'à l'âge adulte.

Mais il semble nécessaire aujourd'hui de standardiser une méthodologie de validation et de caractérisation de cette fonction primordiale pour le renouvellement des populations de poissons côtiers. Le TOME 2 de ce travail tente de valider un premier protocole (v1) en étudiant le rôle de nourricerie joué par cinq complexes estuaires marais salés intertidaux de la façade ouest de la France vis-à-vis du bar franc (*Dicentrarchus labrax* a.k.a. *Morone labrax*).

**TOME 2 : ETUDE ET  
CARACTERISATION DE LA  
FONCTION DE NOURRICERIE DE  
COMPLEXES ESTUARIENS DE LA  
FACADE OUEST DE LA FRANCE  
POUR LE BAR EUROPEEN.**

*Mise en place d'un protocole d'analyse de la fonction de nourricerie des complexes estuaires-marais salés intertidaux de la façade ouest de la France. Abondance, performance de croissance, utilisation des zones privilégiées d'alimentation, etc.*

# Introduction.

Les estuaires et les zones côtières subissent de fortes variations de salinité, de température, de concentration en oxygène dissous et en turbidité. Ces fluctuations surviennent du fait de l'influence intertidale et des mélanges entre masses d'eau douce et masses d'eau marine. De par ces caractéristiques particulières, les zones estuariennes sont très dynamiques dans diverses régions et soutiennent de fortes productivités (McLusky 1989) et présentent de grandes fluctuations des assemblages des espèces de poissons tant en terme d'abondance que de composition (Marchand et Elie 1983b; Elliott et Dewailly 1995; Marchand et Schaan 1995; Mouny 1998; Riou 1999a; Castelnaud et al. 2000; Le Pape et al. 2000; Araujo et Costa de Azevedo 2001; Methven et al. 2001; Duhamel et al. 2002; Elliott et Hemingway 2002; Secor 2002; Amara et Paul 2003; Jaureguizar et al. 2003; Martino et Able 2003; Koutsogiannopoulou et Wilson 2004; Ray 2005). Ces zones sont la proie de nombreux conflits d'usages portant notamment sur les aménagements industrialoportuaires. Avec la raréfaction des ressources en poissons côtiers dues en partie à une surexploitation des stocks existants, une réflexion globale a été mise en place afin de protéger ou, du moins de minimiser les impacts de tels aménagements sur l'équilibre et le rôle fonctionnel des complexes estuariens.

Depuis ces dernières années, la gestion intégrée des zones côtières a pris en compte les aménagements côtiers et les besoins des populations littorales afin d'administrer au mieux ces zones d'importances. De nombreuses espèces d'intérêt halieutique colonisent de manière temporaire ou durable les complexes estuariens. Ainsi, il a fallu définir de manière claire et concise la notion de nurserie de poissons afin de mettre en lumière les écosystèmes estuariens qui jouent un rôle majeur dans le renouvellement des stocks côtiers : le cycle biologique de ces espèces étant très lié aux eaux de transition (au sens de la Directive Cadre Européenne sur l'eau (WFD 2000)).

Plusieurs approches de la notion de nurserie ont été menées en France ces dix dernières années. Deux grandes approches sont aujourd'hui développées en parallèle.



La première est basée sur la qualité des sites potentiels de nourricerie et sur la qualité des peuplements et des populations de juvéniles. Ainsi divers paramètres ou indices sont utilisés pour décrire et évaluer la qualité des nourriceries.

Des indices écologiques sont utilisés pour identifier des perturbations dans la structure des populations et des peuplements. Les perturbations d'origines anthropiques pour la plupart agissent sur la survie et les performances de croissance des juvéniles et donc sur le recrutement. Les altérations des sites vont être extraites de l'étude des populations du fait des modifications des conditions de température, de stress chimiques (anoxie, *etc.*) ou de fluctuations des relations proies - prédateurs. Des concentrations en xénobiotiques peuvent également être à l'origine de ces crises. Cependant du fait des fluctuations importantes des paramètres physicochimiques induits ou non par des activités humaines il est parfois difficile d'extraire la part de la variation due aux fluctuations naturelles (Amara 2003).

Des indices biochimiques sont également utilisés pour quantifier l'état général ou précis (stade ou écophase) des poissons colonisant les sites de nourricerie. Des rapports ARN/ADN (Gilliers et al. 2004a) permettent d'établir des états nutritionnels à courts terme (24 ou 48h) alors que des dosages de lipides dans les muscles (notamment les triacylgérol/stérol) autorisent la même analyse mais à moyen terme avec une précision de l'ordre du mois (Gilliers et al. 2004b).

Dans le même esprit certains indices morphométriques permettent également de connaître la condition des individus. Le plus connu est l'indice de Fulton noté K (Ricker 1975). Il révèle l'embonpoint d'un poisson et par conséquent son état général. D'autres indices peuvent également être utilisés – mais nécessitent des dissections – comme les indices hépato-somatiques (peuvent révéler l'accumulation de polluant), gonado-somatiques (état reproducteur), *etc.*

Des indices plus fins s'intéressent à la croissance des individus. L'otolithe est alors très souvent employé et notamment pour reconstruire les performances de croissance des derniers jours (Gilliers et al. 2004a; Gilliers et al. 2004b). On peut ainsi connaître la croissance récente (*ie* des 10 derniers jours). D'autres analyses peuvent indiquer les performances de croissance moyenne lors de la saison estivale par exemple (Bravo 2006).

Dans certains cas d'autres analyses s'intéressent aux pathologies ou aux parasitismes. Des indices anatomopathologiques existent mais restent encore à développer pour une utilisation plus étendue et aisée. Des charges parasitaires (C.P.) peuvent être calculées.

Enfin avec le développement des techniques liées à la biochimie et à la biologie moléculaire des dosages peuvent être effectués et des recherches de polluants peuvent

indiquer la qualité et la charge en polluants des sites fréquentés comme les PCB (Loizeau et al. 2001) ou l'accumulation de DHAP dans les réseaux trophiques estuariens (Bragigand et al. 2006). Encore une fois ces analyses révèlent des pollutions à moyens termes (mois).

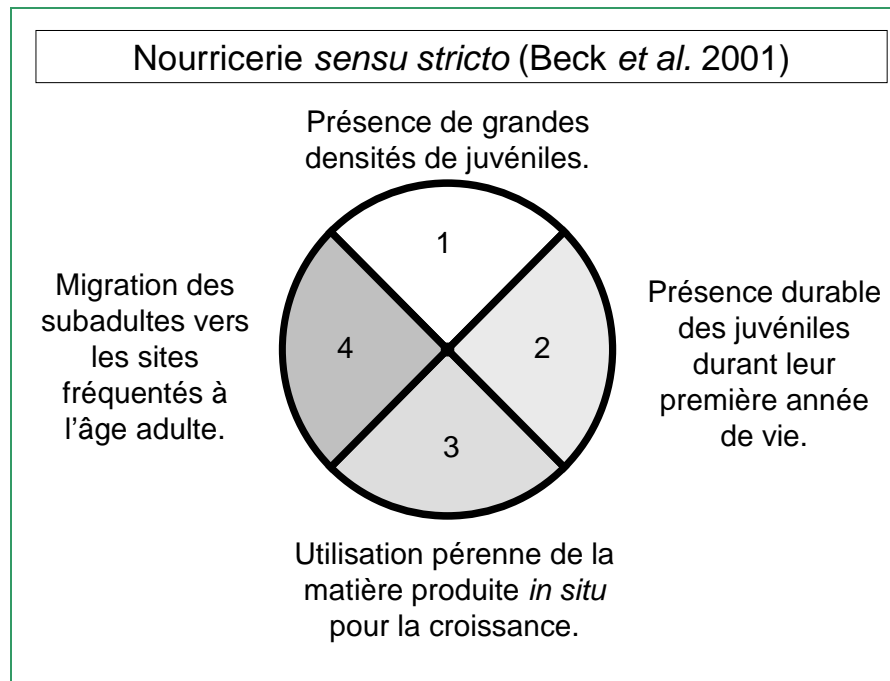
Ces indices permettent, lorsqu'ils sont cumulés d'établir de manière globale la qualité de la nourricerie littorale étudiée. En général ces études ont été menées sur les poissons plats comme la sole (*Solea solea* L.), la limande (*Limanda limanda* L.) ou le flet (*Platichthys flesus* L.).

La seconde approche menée ces dernières années, tente de faire le lien entre abondances de juvéniles de l'année dans les nourriceries littorales, particulièrement estuariennes, et les stocks côtiers (Le Pape et al. 2000). Elle fait appel à la modélisation mathématique et à la spatialisation des données (SIG). Ainsi pour les populations de soles communes, des relations entre densité de juvéniles de soles en estuaire de la Vilaine et les stocks exploitées ont été extrapolées tout en tenant compte des fluctuations des aires de nourriceries (Le Pape et al. 2003a).

Ces deux approches bien que complémentaires ne permettent pas de faire le lien entre abondance de juvéniles, qualité de nourricerie et soutien aux stocks de géniteurs. Au début des années 2000, Beck *et al.* (2001) ont décrit de manière structurée et précise la fonction de nourricerie qui était jusqu'à présent exclusivement décrite sous l'angle des fortes abondances de juvéniles qui est un critère nécessaire mais cependant insuffisant.

En effet, ces auteurs ont adjoint à ce premier critère trois autres conditions à remplir pour l'écosystème considéré. Le deuxième critère est celui de la pérennité de la fréquentation. Les juvéniles de poissons doivent résider ou fréquenter de manière assidue cette zone. Troisièmement, ils doivent s'alimenter dans cet écosystème afin de permettre une croissance différentielle vis-à-vis d'autres écosystèmes jouant une stricte fonction alimentaire (extension du domaine vital). Enfin le quatrième et dernier critère est lié au départ de la nourricerie. Et ce dernier critère bien que très important est souvent négligé par les ichtyologues. Il permet en outre de mettre en évidence la survie des juvéniles qui migrent vers les sites fréquentés à l'âge adulte (recrutement). La forte production de juvéniles qui n'alimentent pas le stock n'étant pas un critère de bonne fonctionnalité de la nourricerie, et les écosystèmes dans lesquels on note de fortes densités de juvéniles notamment de poissons plats (*ie* Seine) ne contribueraient

peut être que de moindre manière au soutien des stocks exploités du fait des fortes concentrations en polluant chez les juvéniles qui présenteraient alors des mortalités hivernales plus importantes.



**Figure 34 :** Schéma des quatre critères de validation de la fonction de nourriceries proposés par Beck et al. (2001).

La méthodologie décrite précédemment (Beck et al. 2001) a permis de mettre en œuvre une réflexion sur le rôle de nourricerie de complexes estuariens – marais salés de la façade ouest de la France (Manche et Atlantique) pour une espèce à forte valeur halieutique, le Bar européen (*Dicentrarchus labrax* L. *a.k.a.* *Morone labrax*). Cette espèce a fait l'objet de descriptions dans des marais salés européens auxquels on a attribué le rôle de nourricerie sur le seul critère de fortes abondances de juvéniles. Une validation suivant les critères définis par la nouvelle définition ont été engagés ces dernières années. Pour cela, il a été nécessaire de développer des méthodologies relatives aux domaines de l'otolithométrie, de l'isotopie et de la microgéochimie.

Ce tome 2 tente en utilisant une combinaison de méthodes de caractériser et de quantifier le rôle effectif de nourricerie des cinq complexes estuariens pour *D. labrax*. Il s'agit de l'estuaire de la Seine et de celui de la Loire, et des baies du Mont Saint-Michel, de Saint-Brieuc et de l'Aiguillon.

### *1.1. Description du cycle biologique du bar européen*

Les bars européens de la Manche, sexuellement matures qui ont colonisés les zones allant de la Norvège au nord de la France migrent dès septembre vers les zones d'hivernage : les frayères (Fritsch 2001). Les températures rencontrées à ces profondeurs (entre 40 et 50 m (Quéro et Vayne 1997a)) provoqueraient l'ovulation chez les femelles et permettraient le processus de maturation des œufs, ainsi que la production de laitance chez les mâles. En mars avril, les bars entament une migration en sens inverse jusqu'à leur zone d'estivage au nord de la manche est (Pawson 1995).

Les zones de ponte se situent le long de cette migration et provoquent un décalage des périodes et des aires de pontes (Fritsch 2001). La reproduction se déroule de décembre à mars en Méditerranée et de Février à Mai en Atlantique. Cependant les informations relatives aux aires de pontes et aux périodes de frai sont peu précises au vu du petit nombre d'études effectuées à ce jour. Le jeu des courants induit une dispersion larvaire aléatoire permettant à une même ponte de s'éparpiller dans les zones de nourricerie (les complexes estuariens) adjacentes ou éloignées parfois de plusieurs dizaines de kilomètres (Heath 1992), des pools d'œufs ou de larves pouvant être mélangés (Iles et Sinclair 1982; Palumbi 1994). Des brassages peuvent aussi s'effectuer lors de la vie juvénile (Swain et al. 1980).

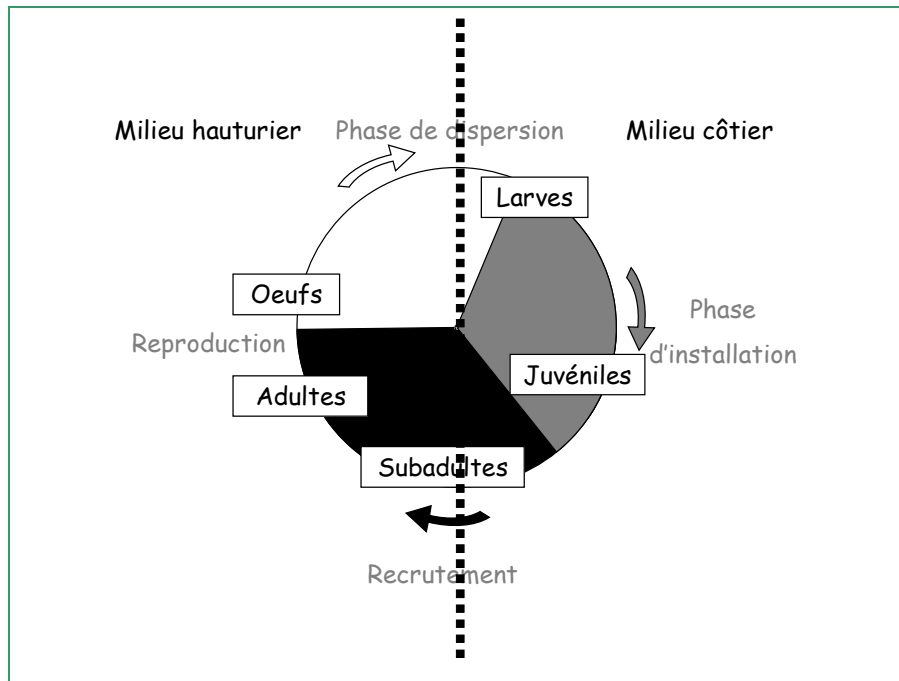


Figure 35 : schéma du cycle biologique du bar européen (*Dicentrarchus labrax* L.).

Les conditions intrinsèques des nurseries n'étant pas les mêmes (*ie* taille, disponibilité alimentaire, variables physicochimiques, prédation) on peut s'attendre à des performances de croissance différentielles entre ces zones pour les jeunes de l'année.

Lors de la période estivale, de grandes densités de juvéniles sont régulièrement notées dans les complexes estuariens – marais salés intertidaux de la façade ouest de la France (Duhamel et al. 2002; Parlier 2002; Parlier et Feunteun 2004, 2005; Parlier et al. 2006).

Le bar est un poisson capable de supporter de grandes variations de température (2°C à 32°C) et de salinité. Cette dernière caractéristique fait de lui un poisson euryhalin (Elie et al. 1990; Quéro et Vayne 1997c). La population de bars de la façade ouest de la France est sujette à des études liées à sa répartition, notamment hivernale afin de localiser les zones de frai (Fritsch et Morizur 2002). Par ailleurs, une étude génétique des populations de bars en Manche et dans le golfe de Gascogne a montré qu'il s'agissait d'une seule et même population et des marquages-recaptures ont montré que des individus passaient d'un bassin à l'autre (Fritsch et al. 2002a). D'autre part, la population de bars française exploitée ne présente pas de caractéristiques tendant à indiquer une quelconque surexploitation (Fritsch 2006). Son aire

de répartition semble s'étendre vers le nord, où les débarquements notamment des métiers anglais ont augmenté ces dernières années (Fritsch et al. 2002b).

Du point de vue de l'occupation des zones estuariennes, le bar est connu pour coloniser de manière assidue ces complexes d'écosystèmes (Desaunay et al. 1980; Aprahamian et Barr 1985; Bertignac 1987; Pawson et Pickett 1987; Kelley 1988; Duhamel et al. 2002; Saillant et al. 2003; Duhamel et al. 2004; Parlier et al. 2004a; Parlier et Feunteun 2004; Pickett et al. 2004; Pawson et al. 2005). La présence de bars en Baie de Seine jusqu'au barrage de Poses (zone soumise à la marée dynamique à 150 Km de l'estuaire), capturés lors de pêche électrique, a été de nombreuses fois observée (Duhamel comm. pers.). De même sur le Guadalquivir (Espagne) les bars sont exploités par les pêcheries au-delà de 50 Km de l'exutoire (Sobrino et al. 2005), et les juvéniles peuvent représenter près de 8% des captures.

### 1.2. Méthodologie de description de la fonction de nourricerie :

Afin de valider la fonction de nourricerie des complexes estuaires marais salés tidaux sélectionnés, nous devons mettre en face des critères de validation proposés par Beck et al. (2001) des réponses méthodologiques et analytiques.

Dans le cadre du premier critère (présence de fortes abondances de juvéniles) il est nécessaire d'étudier et de suivre la colonisation en terme d'arrivée (*ie* première colonisation soit le recrutement dans la nourricerie), de temps de résidence et de durée globale de colonisation. Le protocole doit également assurer l'analyse des performances de croissance et de survie qui permettent de caractériser l'état de santé des populations pour chaque nourricerie supposée.

Le deuxième critère est relatif à l'utilisation de la matière produite dans le marais pour la croissance (*ie* proies *in situ*). Dans le cadre des régimes alimentaires deux approches complémentaires peuvent être menées. L'une va révéler le régime alimentaire instantané, il s'agit des études des contenus stomacaux, et l'autre va révéler les régimes alimentaires intégrés sur un pas de temps de l'ordre du mois : études des rapports isotopiques naturels.

Le troisième critère doit révéler la fidélité de colonisation au site (il est proche de la mise en évidence de la pérennité de la colonisation, mais le pas de temps est plus long que le mois). L'utilisation de l'otolithe se révèle alors judicieuse. La mise en évidence d'une signature chimique propre à une nourricerie peut indiquer la colonisation pérenne de ce genre de milieu. Des analyses de la structuration des histoires de vie peuvent également être effectuées grâce aux lectures de stries (otolithochronologie) afin de déterminer les dates de ponte, d'installation dans la nourricerie (ou tout au moins dans la zone estuariennes), des patterns de croissance au cours de la vie juvénile, etc. Ainsi, l'otolithométrie s'avère précieuse non seulement pour montrer s'il existe des signatures microchimiques caractéristiques de chaque site et donc de supposer la fidélité à un site donné, mais également pour retracer l'histoire de vie des bars et de lier les différents évènements à des performances de croissances particulières.

Enfin le quatrième et dernier critère qui permet de mettre en évidence la migration des individus vers les sites fréquentés à l'âge adulte peut être validé grâce aux analyses chimiques des otolithes, et ceci du fait du caractère conservatif des otolithes (Campana 1999). L'absence d'individu adulte sur les sites de nourricerie lors des suivis peut paraître triviale mais reste néanmoins un élément de réponse.

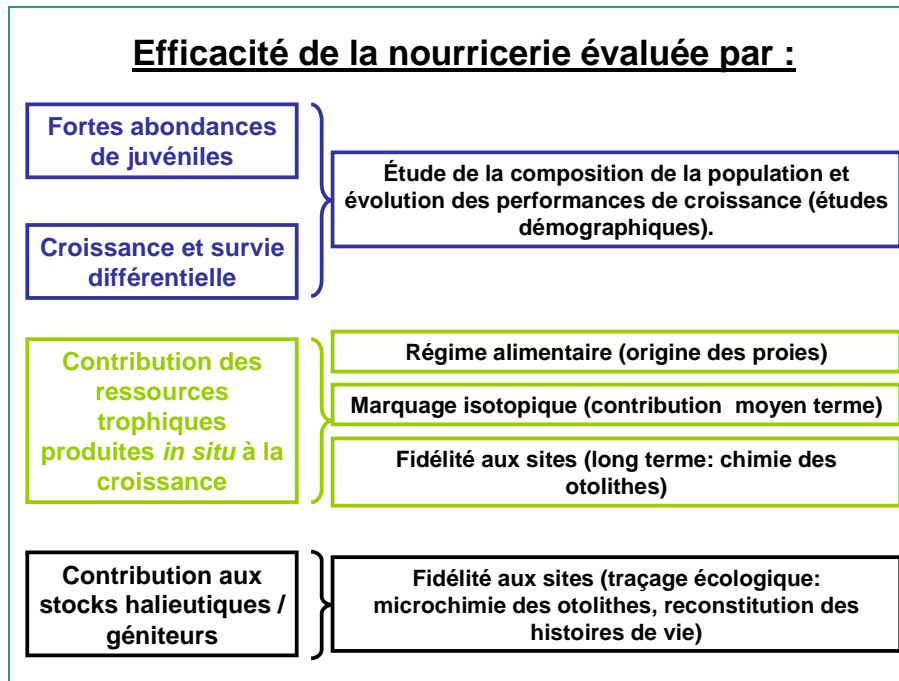


Figure 36 : Schéma du protocole d'analyse et de quantification de la fonction de nurricerie des complexes estuaires - marais salés intertidaux de la façade ouest de la France pour les juvéniles de Bars européens (*Dicentrarchus labrax* L.).



**Chapitre 1 : Variations régionales des performances de croissance et de fréquentation des nourriceries littorales par les bars juvéniles (*Dicentrarchus labrax* L. a.k.a. *Morone labrax*).**

## **Variations régionales des performances de croissance et de fréquentation des nourriceries littorales par les juvéniles de bars (*Dicentrarchus labrax* L. a.k.a. *Morone labrax*).**

**Emmanuel P. Parlier<sup>1</sup>, Sylvain Duhamel<sup>2</sup> & Eric Feunteun<sup>1\*</sup>.**

<sup>1</sup>Centre de Recherche sur les Ecosystèmes Littoraux Anthropisés. UMR 6217 CRELA. CNRS-IFREMER-Univ. de La Rochelle. Avenue Michel Crépeau. 17 042 LA ROCHELLE Cedex 02.

<sup>2</sup>Cellule de Suivi du Littoral Haut Normand, 16 Quai Casimir Delavigne 76 600 LE HAVRE.

\*courriel: [efeunteu@univ-lr.fr](mailto:efeunteu@univ-lr.fr)

### **1. Introduction.**

Les complexes estuariens et leurs écosystèmes associés, comme les marais salés européens, jouent un rôle très important dans l'accueil et la survie des larves de poissons côtiers. Leurs transports s'effectuent de manière passive depuis les zones de frai situées plus au large (Dame et Allen 1996). Le complexe estuaire – marais salés représente alors une entité cohérente vis-à-vis de sa colonisation par les espèces de poissons.

Dame *et al.* (1992) ont défini cette mosaïque sous l'appellation du continuum estuaire - marais salés (*Estuarine - salt marsh continuum*) en insistant bien sur les liens très intimes qui existent entre ces deux zones différentes. Les marais salés sont végétalisés en haut d'estran (schorre) et parcourus par des chenaux de ressuyage qui ne sont remplis que lors de moins de la moitié des marées hautes (Laffaille 2000). La zone estuarienne, quant à elle peut revêtir plusieurs aspects, mais globalement sa zone intertidale en bordure du lit principal est composée de vasières intertidales surmontées par une zonation végétale spécifique qui se caractérise par une succession à *Atriplex portulacoïdes* (lorsque celles-ci n'ont pas été endiguées). Ces zones à faciès sédimentaires, de faibles profondeurs, peu oxygénées et soumises à des dessalures, sont propices à une forte croissance et une bonne survie des juvéniles (Riou 1999a).

Ainsi, ces zones de la façade ouest de la France sont régulièrement citées pour leurs grandes densités de juvéniles de bars, de soles, *etc.* mais de nombreuses pressions liées aux activités humaines perturbent les équilibres fragiles entre les juvéniles de l'année (*Young-of-*

*the-year* : YoY) et la fonction de nourricerie traditionnellement décrite (Laffaille et al. 2000b; Parlier et al. 2006). De plus, peu de travaux ont comparé cette fonction d'accueil suivant un gradient biogéographique.

La fonction de nourricerie se caractérise par quatre grands critères. L'écosystème doit accueillir de (i) fortes densités de juvéniles, (ii) assurer à ces juvéniles une survie et une croissance différentielle en leurs (iii) fournissant un abri et des ressources trophiques abondantes, énergétiquement profitables et enfin leur (iv) permettre de rejoindre les sites fréquentés à l'âge adulte une fois qu'ils quittent la zone de nourricerie (Beck et al. 2001).

Ce travail s'inscrit dans les travaux de recherche liés à la description de la fonction de nourricerie des systèmes estuariens pour les juvéniles de Bars européens (*Dicentrarchus labrax* L.) dans cinq complexes estuaires – marais salés de la façade ouest de la France. Il tente, en outre, une comparaison de la chronologie de la colonisation de nourriceries estuariennes (Manche et Atlantique). Différents paramètres liés aux populations de jeunes de l'année comme les variations de performance de croissance, l'abondance ou la durée de présence vont être confrontés aux caractéristiques des zones estuariennes étudiées afin de mettre en évidence les caractéristiques intrinsèques des nourriceries qui peuvent influencer sur la potentialité d'accueil de ces individus.

## **2. Matériel et méthode.**

La comparaison des processus de colonisation s'est effectuée grâce aux campagnes de description de la composition des assemblages de poissons détaillés dans le TOME 1 (Partie 1 chapitre 1 à 4) de ce manuscrit. Nous ne décrivons dans cette partie que la partie de l'estuaire de la Seine non encore détaillée. Les techniques de captures et les calculs de C.P.U.E. sont également similaires (cf. Chapitre 1.2). Je précise que les inventaires en Loire ont été effectués au chalut à perche.

### *2.1. Caractéristiques des sites étudiés*

#### *2.1.1. Estuaire de la Seine.*

L'estuaire de la Seine est associée à la baie de Seine et représente le plus grand complexe estuarien du nord ouest de la France et un des plus grands d'Europe. Sa surface est

Chapitre 1 : Variations régionales des performances de croissance et de fréquentation des nurseries littorales par les bars juvéniles (*Dicentrarchus labrax* L. a.k.a. *Morone labrax*).

cependant passée de 140 Km<sup>2</sup> à 31 Km<sup>2</sup> en moins d'un siècle notamment par l'aménagement des zones intertidales et par le creusement d'un chenal de navigation drainant l'essentiel des débits de Seine (Duhamel comm. pers.). Ce système représente l'exutoire du bassin versant le plus anthropisé de France. L'estuaire en lui-même est très marqué par les activités humaines, notamment le transport pétrolier. L'estuaire est composé d'une mosaïque d'écosystèmes différenciés : vasières et bancs de sables, lagunes, marais salés, plages de sables, dunes et tourbières. L'ensemble de cette mosaïque est sous influence macrotidale (marnage maximum de 7m). Des suivis de colonisation des chenaux de drainage des systèmes intertidaux latéraux de l'estuaire de la Seine (les filandres) sont effectués de manière mensuelle depuis 2002.

Des captures ont été réalisées de manière mensuelle entre avril et novembre dans les filandres des marais salés présents sur la rive droite de la Seine, en aval du Pont de Normandie de 2002 à 2005. Le protocole d'échantillonnage est celui décrit précédemment pour la description des assemblages piscicoles présents dans les complexes – estuaires marais salés (combinaison de filets verveux et filets maillants placés en travers des chenaux durant le jusant et permettant la capture de l'ensemble des poisson sortants du système)..

## 2.2. Autres sites.

Tableau 33 : Synthèse des données relatives aux complexes estuariens de la façade ouest de la France (D'après Lepage et al. 2004 modifié).

Descripteurs	Baie de Saint-Brieuc	Baie du Mont Saint-Michel	Estuaire de la Loire	Baie de l'Aiguillon
<b>Salinité</b>	> 30 ‰	> 30 ‰	> 30 ‰	20 << 30 ‰
<b>Marnage (m)</b>	13	16	1 << 5	1 << 5
<b>Profondeur (m)</b>	< 30	< 30	< 30	< 30
<b>Vitesse du courant (m.s<sup>-1</sup>)</b>	< 1	< 1	1 << 3	1 << 3
<b>Exposition à la houle</b>	Abrité	Abrité	Extrêmement exposé à très exposé	Exposé à modérément exposé
<b>Mélange</b>	Mélange permanent	Mélange permanent	Partiellement stratifiée	Partiellement stratifiée
<b>Temps de résidence</b>	Mois année	Semaine mois	Semaine mois	Mois année
<b>Substrat</b>	Sable gravier	Vase limon	Sable gravier	Vase limon
<b>Bathymétrie</b>	8 m CM	12 m CM	2 – 4 m CM	4 m CM
<b>Zone intertidale</b>	< 50 %	> 50 %	< 50 %	< 50 %
<b>Marais salés (ha)</b>	120	4 500	905	1 100
<b>Vasières (ha)</b>	2 600	18 000	2 330	3 700

Dans le cadre de la comparaison des zones estuariennes, une synthèse non exhaustive des caractéristiques des zones étudiées a été effectuée.

### 2.3. Comparaisons effectuées.

Afin de mieux sérier les phénomènes de colonisation et leur phénologie par les jeunes de l'année, divers résultats d'étude de suivis de population des juvéniles de bars sont utilisés. Des synthèses des périodes d'arrivée et de durées de colonisation sont effectuées.

Afin de mettre en évidence l'impact de la latitude sur le processus de recrutement des juvéniles de bars européens dans les zones de nourricerie, une combinaison de captures a été effectuée en 2002, 2003, 2004 et 2005 sur les différents sites.

Afin de comparer les performances de croissance ont été décrites mois par mois dans les différents sites. Pour cela une analyse de cohorte a été réalisée afin de distinguer les groupes 0 des autres cohortes. Les captures par unité d'effort ont été calculées comme indiqué dans les chapitres précédents.

## **3. Résultats.**

Afin de mieux comprendre les processus d'utilisation de ces complexes par cette espèce côtière lors de sa première année, il est utile de connaître les différences interannuelles d'arrivée des jeunes. Au-delà de ce facteur temporel, il est également important de mettre en relief l'impact du gradient latitudinal (gradient géographique).

### 3.1. Première colonisation estuarienne

#### 3.1.1. Analyse synchronique

En 2002, des échantillonnages ont été effectués en Baie du Mont Saint-Michel et en estuaire de la Seine. Alors que les juvéniles sont présents dès le mois d'avril dans les chenaux des marais salés du golfe normano-breton, ils ne le sont qu'au mois de juin en Seine.

Cependant, l'analyse des tailles montre que le recrutement des groupes 0 s'effectue simultanément à partir du mois de juin dans les deux sites (Tableau 34). Autrement dit, il semble que les jeunes bars du groupe 0 continuaient à fréquenter les marais salés de la baie du Mont Saint Michel jusqu'au mois de juin, puis ont quitté la zone. Dans l'estuaire de la Seine, les jeunes de l'année ne sont pas présents au printemps. Cette différence peut être due aux salinités très différentes, faibles dans les filandres de l'estuaire de la Seine, et pratiquement maritime en baie du Mont Saint Michel.

En 2003, les échantillonnages (Tableau 34) ont été réalisés simultanément sur trois complexes estuariens. Les sites les plus au sud présentent une colonisation par les jeunes de l'année dès le mois d'avril pour la baie de l'Aiguillon, puis le mois de mai pour l'estuaire de la Loire. Enfin le site de la Manche (estuaire de la Seine) est colonisé à partir du mois de juin.

En 2004, les prélèvements effectués en baie de l'Aiguillon en estuaire de la Seine indiquent un décalage de trois mois entre l'arrivée des juvéniles en avril dans les marais salés du golfe des Pictons et les premiers prélèvements en juin en estuaire de la Seine.

En 2005, la baie de Saint-brieuc et l'estuaire de la Seine ont été étudiés et il est possible de noter un écart de près de quatre mois entre les deux sites. Cependant, l'analyse des classes de taille montrent que les bars juvéniles présents en Baie de Saint Brieuc sont probablement issus de la cohorte 2004, indiquant une présence toute l'année dans ce site peu dessalé à l'instar de la Baie du Mont Saint Michel en 2003.

### 3.1.2. Analyse diachronique

Ainsi, des fluctuations de l'arrivée et du temps de résidence existent entre les sites dans les processus de recrutement, mais en estuaire de la Seine, sur les quatre années de l'étude (2002-2005), il est possible de constater que les G0 arrivent en mai alors qu'ils n'arrivent qu'en juin en 2005. Lors des deux premières années d'étude (2002-2003), ils fréquentent le marais salés jusqu'au mois de novembre, alors qu'en 2004 et 2005, ils ne sont plus présents dans le marais salés au-delà du mois du septembre, et ceci malgré une arrivée tardive en 2005.

Chapitre 1 : Variations régionales des performances de croissance et de fréquentation des nourriceries littorales par les bars juvéniles (*Dicentrarchus labrax* L. a.k.a. *Morone labrax*).

En baie de l'Aiguillon, en 2003 et 2004, les juvéniles sont capturés dès le mois d'avril. Il n'existe pas pour ce site de variations entre les deux années considérées sur la période de recrutement et d'installation des juvéniles.

### 3.2. Phénologie et pérennité de la fréquentation

Les processus de première colonisation révèlent le recrutement dans la zone de nourricerie. Mais le temps passé à fréquenter ces sites est également un facteur important qui révèle le rôle fonctionnel de tels complexes.

En estuaire de la Seine, les jeunes individus ne sont plus capturés sur le site en novembre en 2002 et 2003, alors que lors des deux années suivantes, les captures cessent dès le mois de septembre. Ainsi le temps de résidence fluctue de 6 à 3 mois suivant les années.

En baie de l'Aiguillon la fréquentation du marais salé s'est étalée en 2003 d'avril à octobre, soit 7 mois sur les deux années.

Chapitre 1 : Variations régionales des performances de croissance et de fréquentation des nourriceries littorales par les bars juvéniles  
(*Dicentrarchus labrax* L. a.k.a. *Morone labrax*).

**Tableau 34: Tailles moyennes (Longueur totale en mm) des juvéniles (G0) de Bars européens (*Dicentrarchus labrax* L.) capturés lors des campagnes de description des peuplements piscicoles des complexes estuaires-marais salés de la façade ouest de la France entre 2002 et 2005. Les cases grisées indiquent qu'aucun prélèvement n'a été réalisé.**

Site	Année		Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Effectifs
Estuaire de la Seine	2002	N	-	-	66	452	443	272	308	375	1 916
		Taille moyenne	-	-	31,45	21,74	35,52	46,28	62,92	64,98	
		Ecart type	-	-	6,50	2,89	7,83	10,80	9,54	9,15	
	2003	N	-	-	82	201	774	1087	410	145	2 699
		Taille moyenne	-	-	19,11	22,28	28,88	49,65	58,74	62,12	
		Ecart type	-	-	2,44	4,96	6,45	8,97	9,67	10,62	
	2004	N	-	-	338	289	244	248	-	-	1 119
		Taille moyenne	-	-	21,67	25,85	45,11	74,61	-	-	
		Ecart type	-	-	2,77	7,63	16,77	14,76	-	-	
	2005	N	-	-	-	193	200	447	-	-	840
		Taille moyenne	-	-	-	33,98	45,99	57,04	-	-	
		Ecart type	-	-	-	8,65	17,56	17,51	-	-	
Baie du Mont Saint-Michel	2002	N	1	10	10	140					161
		Taille moyenne	90	95	23	27					
		Ecart type	-	20,3	1,9	5,7					
	2003	N			92			4			96
		Taille moyenne			21,2			80,3			
		Ecart type			3			6,7			
Baie de Saint-Brieuc	2005	N	45	22							67
		Taille moyenne	59,7	60,2							
		Ecart type	107,5	66,5							
Estuaire de la Loire	2003	N	-	4	4	204	78	197	159		646
		Taille moyenne	-	35	43,2	78,6	106,1	111,9	123,7		
		Ecart type	-	4,08	32,32	23,92	15,1	17,5	19,3		
Baie de l'Aiguillon	2003	N	9	6	1448	1203	104	1	159	-	2 930
		Taille moyenne	23,78	22,83	24,31	33,66	51,22	87,00	70,47	-	
		Ecart type	2,05	1,83	5,28	13,53	22,03	-	15,99	-	
	2004	N	73								73
		Taille moyenne	23,3								
		Ecart type	15								



### 3.3. Abondances.

Après avoir observé la phénologie de la colonisation des divers sites étudiés, nous nous sommes penchés sur les abondances numériques et pondérales relatives.

Les captures de juvéniles en estuaire de la Loire étant réalisées au chalut à perche, les comparaisons d'abondance sont soumises à caution, nous avons donc décidé de ne pas utiliser ces jeux de données dans cette partie de l'étude.

Ainsi les abondances discutées sont calculées à l'aide de données issues de captures réalisées à l'aide du protocole classiquement utilisé dans les marais salés de la façade ouest de la France. Les données qui ont permis de calculer les CPUE annuelles moyennes sont issues du tableau précédent. Il est possible de noter les abondances moyennes fluctuent entre les sites et à l'intérieur de chaque site (Tableau 35).

**Tableau 35 : Synthèse des valeurs d'abondance de bars juvéniles présents dans les complexes estuariens étudiés de la façade ouest de la France. Les CPUE numériques sont en ind/min et les CPUE pondérales sont en g/min. SEINE : Estuaire de la Seine, BMSM : Baie du Mont Saint-Michel, BSB : Baie de Saint-Brieuc, LOIRE : Estuaire de la Loire, : BDA : Baie de l'Aiguillon.\* période de prélèvements partielle.**

SITE	CAMPAGNE	CPUE numériques		CPUE pondérales	
		Moyenne	écart type	Moyenne	écart type
SEINE	2002	4,17	5,07	5,59	6,49
	2003	2,09	1,92	4,67	3,88
	2004	2,66	1,60	6,91	9,87
	2005	4,77	5,28	7,56	7,85
	<b>Toutes campagnes</b>	<b>3,42</b>	<b>1,26</b>	<b>6,18</b>	<b>1,30</b>
BMSM	2002*	0,25	0,81	0,55	2,16
	2003*	0,08	0,27	0,03	0,06
	<b>Toutes campagnes</b>	<b>0,17</b>	<b>0,12</b>	<b>0,29</b>	<b>0,37</b>
BSB	2005*	<b>0,06</b>	<b>0,04</b>	<b>2,64</b>	<b>5,35</b>
BDA	2003	5,59	0,28	0,50	0,58
	2004*	0,20	0,14	0,47	0,23
	<b>Toutes campagnes</b>	<b>2,90</b>	<b>3,81</b>	<b>0,49</b>	<b>0,02</b>

#### 3.3.1. Variations interannuelles intra site des abondances moyennes.

En estuaire de la Seine, la valeur maximale est observée en 2005 avec 4,77 ind/min ( $\pm$  5,07) et la plus faible en 2003 avec 2,09 ind/min ( $\pm$  1,92). Les CPUE pondérales suivent

également ces évolutions. Sur toute la période de l'étude, les valeurs moyennes sont de 3,42 ind/min ( $\pm 1,26$ ) et 6,18 g/min ( $\pm 1,30$ ).

En baie du Mont Saint-Michel, les abondances de juvéniles de bars européens sont supérieures en 2002. Elles passent en effet, de 0,25 ind/min ( $\pm 0,81$ ) en 2002 à 0,08 ind/min ( $\pm 0,27$ ) en 2003. La moyenne des abondances numériques est de 0,17 ind/min ( $\pm 0,12$ ) et celle des abondances pondérales est de 0,29 g/min ( $\pm 0,37$ ). Cependant il est à souligner que les périodes de prélèvements sont partielles (printanière en 2002 et bimensuelle en 2003).

Les données de la baie de Saint-Brieuc et celles de la baie de l'Aiguillon de 2004 ne permettent pas de conclure du fait de la trop faible période d'inventaire.

### 3.3.2. Abondances maximales.

En terme d'abondance maximale, il apparaît que les chenaux sont le plus abondamment fréquentés en fin d'été en baie de Seine (août et septembre) pour 2003 et 2005 alors que pour les autres années (2002 et 2004) c'est plutôt le début d'été (Juillet).

En baie du Mont Saint-Michel les abondances maximales sont observées en juillet. C'est également le cas en baie de l'Aiguillon où les mois de juillet et d'août accueillent les plus forts effectifs.

En estuaire de la Loire, les mois de juillet, de septembre et d'octobre accueillent les plus forts effectifs. Il est à noter qu'en 2003 une période caniculaire particulièrement marquée peut être à l'origine de faibles abondances.

### 3.4. Performances de croissance.

Afin d'obtenir des indicateurs chiffrés du rôle fonctionnel de nourricerie, nous avons analysé les performances de croissance moyenne entre chaque sites sur les années considérées entre le mois de juin et le mois de septembre. Les résultats sont synthétisés dans le tableau 36.

La moyenne des croissances tous sites confondus et toutes années confondues est proche de 50 mm (moyenne = 49,73 mm  $\pm$  23,29). Mais il existe une grande disparité entre les sites. En estuaire de la Seine, une croissance moyenne de 32,77 mm ( $\pm$  19,15) est observée. Sur ce site, les variations interannuelles sont importantes. Ainsi entre juin et

Chapitre 1 : Variations régionales des performances de croissance et de fréquentation des nourriceries littorales par les bars juvéniles (*Dicentrarchus labrax* L. a.k.a. *Morone labrax*).

septembre 2002, la croissance n'est que de 14,82 mm, elle atteint 30,54 mm en 2003 et 52,94 mm en 2004.

Ces performances de croissance avoisinent les 60 mm en Baie du Mont Saint-Michel (59,10 mm) et en Baie de l'Aiguillon (61,40 mm). L'estuaire de la Loire présente de très fortes performances de croissance avec près de 80 mm (79,60 mm). Ces variations peuvent être le résultat combiné d'un effet climatique due aux différences de latitude mais aussi aux différences de types d'habitats (eaux dessalées de la Loire plus favorable à la croissance).

**Tableau 36: Performances de croissance estivales des juvéniles de l'année (G0) de Bars (*Dicentrarchus labrax* L.) échantillonnés lors des campagnes de description des peuplements piscicoles de complexes estuaires-marais salés de la façade ouest de la France. Les longueurs totales sont indiquées en mm. SEINE : Estuaire de la Seine, BMSM : Baie du Mont Saint-Michel, BSB : Baie de Saint-Brieuc, LOIRE : Estuaire de la Loire, : BDA : Baie de l'Aiguillon.**

Site	Campagne	Juin	Septembre	Croissance
SEINE	2002	31,45	46,28	14,82
	2003	19,11	49,65	30,54
	2004	21,67	74,61	52,94
	2005	-	57,04	-
BMSM	2002	23,00	-	-
	2003	21,20	80,30	59,10
BSB	2005	-	-	-
LOIRE	2003	32,30	111,90	79,60
BDA	2003	25,60	87,00	61,40
	2004	-	-	-

#### 4. Discussion

Dans le cadre de la caractérisation de la fonction de nourricerie des complexes estuariens de nombreuses études se sont focalisées sur les vasières ou les zones sablo vaseuses intertidales jouxtant les marais salés (Riou 1999a; Amara et Paul 2003). Ces études se révèlent pertinentes pour les espèces des espaces subtidaux qui ne colonisent que très furtivement les chenaux des marais salés et pour des stades larvaires précoces. Cependant, dans le cadre des espèces comme les Clupeidae ou les Mugilidae, les juvéniles colonisent de manière très fréquente et pérenne ces zones intertidales qu'ils exploitent jusqu'aux marais salés, dans le médio littoral. C'est également le cas du bar européen. Ainsi pour comprendre

le rôle que joue ces systèmes temporaires vis-à-vis de ces espèces, il est nécessaire de mettre en place des protocoles adéquats.

Les techniques méthodologies de captures développées depuis ces dernières années sur la façade ouest de la France par de multiples équipes de recherche (Laffaille 2000; Duhamel et al. 2002; Parlier 2002; Parlier et Feunteun 2005) ont permis de dresser un état des lieux du comportement et des stratégies de colonisation des marais salés intertidaux par les juvéniles de bars européens de la façade ouest de la France ainsi que les services rendus à cette espèce par ces complexes estuaires – marais salés.

Il ressort des analyses de la chronologie et de la structuration de la colonisation des marais salés intertidaux de la façade ouest de la France différentes informations.

Tout d’abord, il semble que les arrivées soient plus précoces dans les sites situées au sud de la zone d’étude : avril pour la baie de l’Aiguillon vs juin pour l’estuaire de la Seine. Ces périodes d’arrivées peuvent être en partie dues aux fluctuations et l’étalement des périodes de ponte de l’espèce (Pawson 1995). Il est possible grâce à l’otolithochronologie de connaître au jour près la date d’éclosion des jeunes poissons. Une analyse des histoires de vie précoces des jeunes bars pourrait se révéler intéressante pour mieux comprendre les processus liés aux recrutements et aux dates de reproduction.

Ensuite, suivant les sites, les durées de fréquentation sont variables. La période de fréquentation est plus courte en estuaire de la Seine que dans les deux autres sites où nous possédons des échantillonnages complets (*ie* Estuaire de la Loire et Baie de l’Aiguillon). Les salinités moins importantes en estuaire de la Seine pouvant masquer certaines informations relatives aux conditions d’accueil des juvéniles.

Les valeurs des performances de croissance moyenne peuvent subir des variations suivant les années, c’est notamment le cas pour les bars de la baie de Seine entre 2002 et 2004. En ce qui concerne l’estuaire de la Loire, les captures des jeunes de l’année ont été effectuées à l’aide d’un chalut à perche et même si de très petits individus ont été capturés la sélectivité du chalut pour les données du mois de septembre (les captures en juin ayant été effectuées au verveux) peut faire penser que seuls les individus dépassant une certaine maille ont été capturés. Un effet de colonisation suivant la croissance étant suspecté chez cette espèce en estuaire de la Seine, il est probable que ce phénomène existerait sans doute également en Loire.

Il apparaît que les caractéristiques des populations de juvéniles de l'année de bars européens s'organisent autour d'un gradient latitudinal. Cependant, les caractéristiques intrinsèques des nourriceries étudiées peuvent influencer sur les périodes de colonisation et les performances de croissance. Ainsi, les caractéristiques des eaux des marais tidaux des estuaires de la Seine et de la Loire (influence du marnage et des crues) présentent des fluctuations interannuelles très importantes qui ont des effets sur l'expression des tactiques et des stratégies migratoires pouvant occasionner des phénologies de colonisation et des performances de croissance particulières.

Afin de valider ces périodes de colonisation le recours à l'otolithométrie peut se révéler d'un grand secours. En capturant des individus en fin d'année (*e.g.* septembre) la reconstruction des histoires de vie peut permettre d'estimer le temps de résidence des individus dans les zones intertidales ainsi que les performances de croissance rétrocalculées à partir de la largeur de stries journalières. Ces données doivent également permettre une première approche de la contribution aux stocks de géniteurs et de ses fluctuations. Une approche basée non plus sur l'otolithochronologie mais sur l'otolithomicrochimie pourraient permettre une fois la marque de résidence identifiée de la retrouver chez des individus adultes – les otolithes possédant la particularité de conserver les informations tout au long de la vie des individus (Campana 1999) – et ainsi se quantifier l'apport d'une nourricerie au renouvellement du stock côtier de géniteurs.

## 5. Conclusion

Dans le cadre des suivis de populations de poissons des complexes estuariens de la façade ouest de la France, le modèle du bar européen se révèle emblématique des situations rencontrées. Les complexes d'écosystèmes jouant un rôle très important dans l'accueil des juvéniles de poissons peuvent revêtir des formes variées tant du point de vue métaécosystémique (tailles, formes, contexte anthropique, *etc.*) que du point de vue de son fonctionnement intrinsèque (marnage mésotidal, macrotidal, *etc.*).

Les liens qui unissent les zones de frais aux complexes estuariens sont possibles à mettre en évidence grâce à des travaux comme ceux détaillés dans cette étude. Il est alors possible de mettre en lumière les paramètres de recrutement, et de performances de croissance liées à chaque nourricerie en fonction des années. Les travaux de gestion des populations piscicoles côtières des prochaines années et notamment de compréhension des cycles biologiques des espèces d'intérêts halieutiques doivent prendre en compte cette lacune afin de

mener de véritables plans de gestion intégrée des zones côtières. On pourrait alors s'interroger sur la contribution de chaque type de nourricerie au stock. Les grandes nourriceries, où de fortes abondances de juvéniles sont observées, contribuent-elles autant au renouvellement du stock que les nourriceries de plus petites tailles, plus nombreuses et moins soumises aux pollutions par les xénobiotiques et aux aménagements industrialoportuaires ou aux activités anthropiques ?

## **6. Remerciements**

Nous tenons à remercier ici les divers acteurs de terrain qui ont permis la réalisation de ces suivis de populations et notamment la CSLHN pour les données issues de l'estuaire de la Seine. Des financements spécifiques ont été obtenus pour cette zone dans le cadre du programme Seine Aval 1 et 2.

**Chapitre 2 : Les marais salés contribuent-ils significativement à la croissance des bars de l'année (groupe 0) (*Dicentrarchus labrax* a.k.a. *Morone labrax*) ?**

*Analyses des régimes alimentaires et des rapports isotopiques du C et N (effets de perturbations anthropiques).*

## **Les marais salés contribuent-ils significativement à la croissance des bars de l'année (groupe 0) (*Dicentrarchus labrax* L. a.k.a. *Morone labrax*) ?**

**Emmanuel P. Parlier<sup>1</sup>, Benoît Le Breton<sup>2</sup>, Gaël GUILLOU<sup>2</sup>, Pierre Richard<sup>2</sup> et Eric Feunteun<sup>3\*</sup>.**

<sup>1</sup>Centre de Recherche sur les Ecosystèmes Littoraux Anthropisés CRELA UMR 6217 (IFREMER/CNRS/Univ. La Rochelle) Site de La Rochelle. Avenue Michel Crépeau 17 042 LA ROCHELLE

<sup>2</sup>Centre de Recherche sur les Ecosystèmes Littoraux Anthropisés CRELA UMR 6217 (IFREMER/CNRS/Univ. La Rochelle) Site de l'Houmeau. Place du Séminaire BP 5 17137 L'HOUMEAU

\*courriel: [efeunteu@univ-lr.fr](mailto:efeunteu@univ-lr.fr)

### **1. Introduction :**

Les complexes d'écosystèmes des zones côtières (vasières, marais salés, zone estuarienne, *etc.*) jouent un rôle clé dans l'accueil des juvéniles de nombreuses espèces d'intérêts halieutiques de poissons et/ou de crustacés. De nombreuses études se sont focalisées sur la fonction de nourricerie de ces systèmes à partir des dynamiques de populations de poissons, en se limitant bien souvent à l'utilisation sur des abondances de juvéniles et à leurs performances de croissances.

Afin de mieux préserver ces zones et de prendre des mesures de conservation pertinentes, Beck *et al.* (2001) ont proposé une définition exhaustive de validation de la fonction de nourricerie. Dans un premier temps, il est nécessaire de mettre en évidence de fortes abondances de juvéniles. Ce paramètre est généralement le seul à être pris en compte pour décrire ce rôle fonctionnel de ces zones estuariennes. Cependant il n'est pas suffisant. Un deuxième critère est relatif à la pérennité de la fréquentation de la zone étudiée. Celle-ci doit durer plusieurs semaines voire plusieurs mois. Les juvéniles de l'année doivent dans un même temps consommer les proies produites localement (*in situ*). Ce troisième critère révèle la fonction trophique de ces espaces qui doivent assurer une survie et une croissance différentielle. Le dernier critère – relatif au bouclage du cycle biologique des espèces côtières – est le moins mis en évidence dans les études actuelles. Il consiste à mettre en évidence la migration des subadultes vers les sites fréquentés à l'âge adulte (la présence d'individus âgés



dans la zone supposée de nourricerie indique que cet écosystème soutient toute la population, c'est alors une zone privilégiée d'alimentation, mais pas une zone de nourricerie). L'absence d'individus âgés est une première manière de démontrer ce dernier critère. Il reste ensuite à mettre en évidence la migration a proprement parlé.

Des études récentes (Laffaille 2000) ont montré que la contribution des ressources disponibles dans les marais salés macrotidaux de la baie du Mont Saint-Michel contribuent à hauteur de 40 à 60% de la croissance des jeunes bars. Cependant ces analyses n'ont pas fait état de suivis de l'utilisation réelle des proies consommées dans le marais salés dans la croissance des jeunes bars de l'année.

Le but de cette étude est d'une part de mettre en évidence l'origine des proies consommées par les juvéniles de bars dans les marais salés. Pour cela une analyse du comportement alimentaire des juvéniles est réalisée en s'intéressant à la composition du régime alimentaire (composition et quantification) pendant l'année 2003.

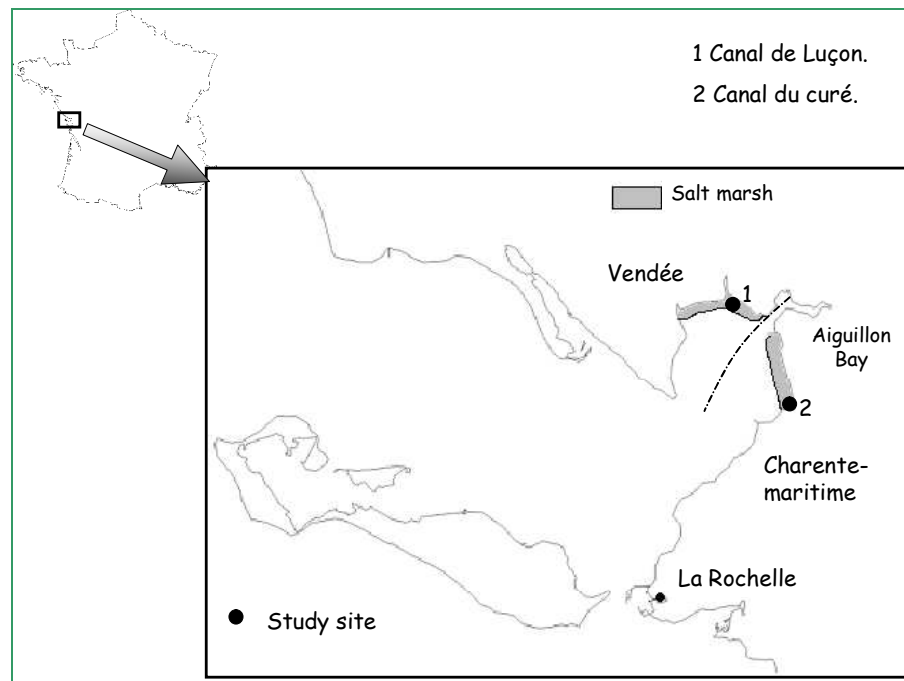
L'analyse de ces régimes alimentaires permet de montrer si les jeunes bars colonisent les marais salés à des fins trophiques au travers de la recherche de proies résidentes de ces milieux intertidaux. Cependant, cette analyse ne révèle qu'un comportement instantané et ne permet pas de connaître la contribution de ces items à la croissance des poissons. Des traceurs écologiques, tels que les rapports isotopiques permettent de répondre à cette question. Une analyse des compositions isotopiques des muscles de bars, en carbone et azote sera effectuée sur trois périodes de l'année : printemps, été et automne.

En corollaire, nous avons cherché à savoir si les activités de fauchage des marais salés pour l'accueil des *Anatidae* en hivernage pratiquées par les gestionnaires de la réserve de la baie de l'Aiguillon pouvaient avoir une incidence sur le comportement alimentaire et donc modifier la fonction de nourricerie. Pour cela nous avons comparé les régimes alimentaires et les signatures isotopiques de deux sites gérés de manières différentes en baie de l'Aiguillon ; l'un fauché régulièrement et l'autre non.

## 2. Matériel & Méthode :

### 2.1. Sites d'étude:

La baie de l'Aiguillon (côte ouest de la France) est séparée en deux zones classées en réserves naturelles. La partie nord est gérée par l'O.N.C.F.S.<sup>12</sup> et la partie sud est sous la responsabilité de la L.P.O.<sup>13</sup>. Le principal objectif de ces gestionnaires est de favoriser les zones d'hivernage des oiseaux d'eaux, limicoles ou anatidés (*Calidris canutus*, *Limosa limosa* et *Anas penelope*). Pour cela, des mesures de gestion consistant principalement en une fauche régulière des marais salés sont programmées (Meunier et Joyeux 2003). Malgré une cohérence dans la gestion des deux parties (zone nord et sud), ces fenaisons estivales ne sont effectuées que dans la partie nord de la baie (Vendée).



**Figure 37 : Localisation de la baie de l'Aiguillon et des sites d'étude. 1) Site du canal de Luçon (Vendée) où sont effectuées des fenaisons estivales. 2) Site du canal du Curé (témoin).**

<sup>12</sup> O.N.C.F.S. : Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage.

<sup>13</sup> L.P.O. : Ligue de Protection des Oiseaux.

Ainsi, cette petite baie (3 700 ha de vasières, 1 100 ha de marais salés et 100 ha de chenaux) présentent des zones végétalisées (schorre) dissimilaires entre le nord et le sud du fait de ces pratiques de fenaisons. Les deux sites d'étude sont des chenaux secondaires qui drainent les eaux de ressuyages de pseudo bassins versant d'une dizaine d'hectare.

Au nord, près du canal de Luçon (46°18'57N ; 01°09'53W), des fauches sont effectuées depuis de nombreuses années et des prairies à *Puccinellia maritima* (favorisées pour l'accueil des anatidés hivernants) représentent la plus grande part des surfaces jouxtant des chenaux de ressuyage. En revanche dans la partie sud (Charente-Maritime) près du canal du curé (46°15'49 N; 01°07'09W), la succession initiale de plantes halophytes est préservée avec une végétation dominée par *Atriplex portulacoïdes*. Cette zone peut être considérée comme une zone témoin.

### 2.1.1. Protocole de capture et traitements des données :

Les captures ont été effectuées entre avril 2003 et avril 2004 avec deux campagnes mensuelles sur le site du canal de Luçon et d'une par mois pour le site du canal du curé. Les échantillonnages sont effectués lors des marées de plus de 6 m, hauteur à laquelle les marais sont submergés. Une combinaison de deux trémails et d'un filet verveux est utilisée afin de diminuer la sélectivité des engins (Parlier 2002).

Les poissons sont conservés à -18°C au laboratoire avant analyses. Des mesures de longueurs totales en mm (LT) et à la fourche (LF) sont effectuées ainsi que des pesées aux grammes près.

Les Captures Par Unités d'Efforts (C.P.U.E.) sont calculées à partir des effectifs et des biomasses. Les C.P.U.E. numériques s'expriment en nombre de poisson par minute, les C.P.U.E. pondérales en grammes par minutes.

**Équation 3: Formule de calcul des effectifs ou des biomasses non capturées entre chaque trait.**

$$N_j = \frac{\left( \frac{N_i}{t_i} + \frac{N_j}{t_j} \right) \times t_{ij}}{2}$$

**Équation 4 : Formule de calcul des Captures par Unités d'efforts moyens sur l'ensemble de la pêche. Il prend en compte les effectifs ou biomasses non échantillonnés lors de l'intervalle entre chaque trait.**

$$CPUE = \frac{(\sum N_i + \sum N_j)}{(\sum t_i + \sum t_j)}$$

Avec : C.P.U.E. = Effectif ou biomasse (g) de poisson par espèce et par minute.  $t_i$  = Durée de l'échantillonnage en minutes.  $t_j$  = Temps en minutes entre les échantillons  $i$  et  $i+1$ .  $N_i$  = Quantité de poissons capturés par espèce (en effectif ou en biomasse) lors de l'échantillon  $i$ .  $N_j$  = Estimation de la quantité de poissons par espèces (en effectif ou en biomasse) ayant colonisé le marais salé entre les échantillons  $i$  et  $i+1$ .

Les contenus stomacaux des juvéniles de bars capturés en juillet et en août 2003 et supérieurs à 20 mm ont été examinés et des masses au 0,001mg (poids humide) près des items alimentaires ont été effectuées. L'indice de vacuité à été calculé (%IV) ainsi que la fréquence d'occurrence (%FO) l'abondance numérique (%N) et pondérale (%B). Une ration alimentaire moyenne a été calculée (%Ir) en divisant le poids du contenu digestif par le poids l'animal. Le Main Food Index, plus synthétique a été calculé (M.F.I.). (Avec  $i$  : item alimentaire  $i$ ).

**Équation 5 : Formule de calcul du Main Food Index (M.F.I.).**

$$MFI_i = \left[ \frac{\left( \% B_i \times \left( \frac{\% N_i + \% FO_i}{2} \right) \right)^{1/2}}{\sum MFI_i} \right] \times 100$$

### 2.1.2. Rapports isotopiques naturels :

Dans un second temps, des mesures de rapports isotopiques naturels ont été effectuées avec d'une part l'identification des signatures des sources trophiques prélevés dans les contenus stomacaux (insectes, crustacés, annélides, *etc.*) et d'autre part sur les muscles des juvéniles de bars européens.

Des juvéniles de l'année ont ainsi été traités en avril (N=5), juillet (N=10) et octobre (N=15). Vu les hétérogénéités de performances de croissance qui existent chez cette espèce, au mois de juillet, un premier lot (N=5) d'individu de tailles inférieures à la moyenne a été

analysé. De même pour des individus de tailles supérieures à la moyenne (N=5). La création de trois lots induisait un chevauchement des classes de tailles. En revanche pour le mois d'octobre trois groupes ont pu être constitués (tailles inférieures à la moyenne (N=5), égales à la moyenne (N=5) et supérieures à la moyenne (N=5)). Parmi les cinq individus préparés, trois ont été analysés au spectromètre de masse, le deux échantillons restant permettant de repasser un échantillon dans le cas d'erreur de mesure ou de préparation. Dans nos analyses il n'a pas été nécessaire de repasser des échantillons. Les graphiques et valeurs moyennes des rapports isotopiques sont issus des résultats de ces trois individus par groupe.

**Tableau 37 : synthèse des informations biométriques relatives aux différentes classes de tailles de juvéniles de bars capturés analysés dans le cadre des rapports isotopiques naturels.**

Mois	Groupe taille	Longueur fourche	Taille moyenne	Mois	Groupe taille	Longueur fourche	Taille moyenne
Avril		>30		Octobre	supérieure	128	
Avril		>30	<b>&gt;30,0</b>	Octobre	supérieure	126	<b>123,0</b>
Avril		>30		Octobre	supérieure	115	
Juillet	supérieure	56		Octobre	moyenne	88	
Juillet	supérieure	51	<b>55,3</b>	Octobre	moyenne	92	<b>89,3</b>
Juillet	supérieure	59		Octobre	moyenne	88	
Juillet	inférieure	38		Octobre	inférieure	53	
Juillet	inférieure	41	<b>38,0</b>	Octobre	inférieure	51	<b>51,0</b>
Juillet	inférieure	35		Octobre	inférieure	49	

Pour les individus d'avril, les animaux entiers sont analysés (une fois éviscérés et étêtés). Pour les individus des deux autres campagnes, seuls les muscles du dos de l'animal sont analysés. Les échantillons ainsi prélevés sont lyophilisés, broyés et décarbonatés (HCl 1M) puis évaporés à 80°C. Une dilution à l'eau distillée permet d'homogénéiser les échantillons avant une dernière lyophilisation. Les échantillons (masse 0,4 mg ± 0,001 mg) sont ensuite encapsulés en étain ultrapropre avant analyse isotopique (Euro EA 3024 couplé à un spectromètre de masse isotopique Isoprime, Micromass).

Des délipidations ont été effectuées sur des échantillons accessoires et ces analyses n'ont pas révélées de différences significatives avec les échantillons non délipidés. Les échantillons sont comparés aux standards internationaux et exprimés en  $\delta$  (standard PDB pour le carbone et air pour l'azote). Malgré l'analyse de poissons issus des deux sites de la baie de l'Aiguillon, il n'existe pas de différence significative entre le deux lots, les valeurs moyennes en  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$  sont alors calculées avec les jeux de données des deux lots réunis.

### 2.1.3. Calcul des contributions relatives des principales sources :

Dans le cadre de l'identification des sources, il est possible de définir la proportion de sources principales lorsque celles-ci sont peu nombreuse (*ie*  $n > 5$ ). Ainsi à partir des trois sources principales identifiées grâce au MFI – *O. gammarellus*, *H. diversicolor* et *N. integer* – une tentative de calcul des contributions sources a été entreprise grâce à la résolution des équations suivantes. Les autres proies étant considérées comme négligeables et les sources indéterminées ne pouvant être analysées.

**Équation 6: Formules des équations des contributions relatives des trois principales ressources trophiques des juvéniles de bars capturés dans les marais salés de la baie d'Aiguillon lors de l'été 2003. *Og* : *Orchestia gammarellus* ; *Hd* : *Hediste diversicolor* ; *Ni* : *Neomysis integer*. Les lettres *f*, *g* et *h* sont des constantes caractéristiques de la contribution de chaque item**

$$\begin{cases} \delta_{13C} = f_C \delta_{Og} + g_C \delta_{Hd} + h_C \delta_{Ni} \\ \delta_{15N} = f_N \delta_{Og} + g_C \delta_{Hd} + h_C \delta_{Ni} \\ f + g + h = 1 \end{cases}$$

Une autre approche complémentaire à la première décrite ci-dessus celle-ci a consisté en l'utilisation du logiciel Isosource qui permet dans le cas de régime alimentaire diversifié de calculer la contribution de chacune des sources à la signature musculaire des individus (<http://www.epa.gov/wed/pages/models/isosource/isosource.htm>). Cependant, aucune solution rationnelle n'a été calculée à l'aide de cet outil.

### 3. Résultats :

#### 3.1. Cinétique de colonisation :

**Tableau 38 : Détails des captures de bars juvéniles réalisées dans les marais salés de la baie de l'Aiguillon entre avril 2003 et avril 2004 sur les deux sites d'étude. CPUE Num. & Pond. : Captures par Unités d'Effort Numériques et Pondérales.**

Campagne	Canal du Curé : CURE				Canal de Luçon : MIRADOR			
	CPUE Num	Effectif	CPUE Pond	Biomasse en g	CPUE Num	Effectif	CPUE Pond	Biomasse en g
avr-03	0,10	7	0,01	0,83	0,01	2	0,00	0,16
mai-03	0,02	2	0,00	0,18	0,05	12	7,33	1 604,33
juin-03	18,55	1 635	2,96	260,64	2,63	596	6,75	1 487,31
juil-03	22,22	2 702	7,63	904,92	0,10	17	0,17	29,44
août-03	0,42	49	1,44	168,04	0,19	56	0,28	68,31
sept-03	-	-	-	-	0,01	1	0,07	7,10
oct-03	3,08	244	18,51	1 438,51	0,12	7	0,61	36,46
nov-03	-	-	-	-	-	-	-	-
déc-03	-	-	-	-	-	-	-	-
janv-04								
févr-04	-	-	-	-	-	-	-	-
mars-04	-	-	-	-	-	-	-	-
avr-04	1,62	134	0,56	47,47	-	-	-	-
<b>Somme</b>		<b>4 773</b>		<b>2 820,58</b>		<b>691</b>		<b>3 233,12</b>

Les abondances numériques et pondérales sont plus importantes au canal du curé (Tableau 38). Les CPUE numériques atteignent 22,22 ind/min au moins de juillet sur le site du curé alors que dans la partie nord (Mirador) un pic de seulement 2,63 ind/min est observé au mois de juin. Les abondance pondérales sont du même ordre de grandeur sur les deux sites en été (7 g/min en mai et juin au mirador et 7,6 g/min en juillet au canal du curé). On observe un important pic d'abondance au canal du curé en automne avec 18,51 g/min.

**Tableau 39 : Synthèse des données biométriques des bars G0 capturés dans les marais salés de la baie de l'Aiguillon entre avril 2003 et avril 2004 sur deux sites de prélèvements : Le site du canal de Luçon (MIRADOR) et le site du canal du curé (CURE). LT : Longueur totale en mm. Pind : Poids individuel en g.**

MIRADOR Canal de Luçon	Effectif	Moyenne LT	Écart type de LT	Max LT	Min LT	Moyenne Pind	Écart type de Pind	Max Pind	Min Pind	
2003	Avril	2	22,00	2,83	24	20	0,08	0,04	0,11	0,05
	Mai	4	22,83	1,83	26	21	0,08	0,02	0,01	0,05
	Juin	386	24,88	5,27	51	12	0,15	0,137	1,21	0,02
	Juillet	17	52,88	13,34	70	25	1,73	1,05	3,79	0,10
	Août	55	37,76	18,05	96	15	0,97	1,86	8,56	0,04
	Septembre	1	87,00	-	87	87	7,10	-	7,10	7,10
	Octobre	6	74,00	6,42	82	65	4,65	0,58	5,09	4,00
	Novembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Décembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Janvier	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	Février	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Mars	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Avril	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Avril	-	-	-	-	-	-	-	-	
CURE Canal du Curé	Effectif	Moyenne LT	Écart type de LT	Max LT	Min LT	Moyenne Pind	Écart type de Pind	Max Pind	Min Pind	
2003	Avril	7	24,29	1,70	27	22	0,12	0,04	0,17	0,08
	Mai	2	22,00	-	22	22	0,09	0,05	0,12	0,06
	Juin	1 635	24,06	5,04	47	10	0,25	3,13	102,10	0,00
	Juillet	2 702	33,38	13,34	87	11	0,76	3,69	89,13	0,01
	Août	47	64,64	13,12	96	40	3,02	2,08	9,02	0,60
	Septembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Octobre	244	74,55	26,95	289	42	5,89	19,48	244,00	0,51
	Novembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Décembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Janvier	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	Février	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Mars	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Avril	134	23,34	14,97	149	18	0,58	4,28	36,60	0,03
	Avril	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Les différences entre variations des CPUE numériques et pondérales s'expliquent par des présences de bars plus âgés au printemps et secondairement en octobre. Cependant, la présence de grands individus en mai et juin provoque une hausse des valeurs pour le site du canal de Luçon, respectivement 7,33 g/min et 6,75 g/min. Nous observons donc une dissymétrie de colonisation entre les deux sites d'échantillonnage. Cette observation est confirmée par l'observation des tailles maximales capturées en mai et juin (Tableau 39).



### 3.2. *Contenus stomacaux* :

La comparaison des régimes alimentaires des juvéniles de l'année de bars européens indiquent que très peu de poissons repartent du marais salés avec l'estomac vide, soit 0,01% pour le canal du Curé contre 0,02% pour le canal de Luçon (Tableau 40). Les différences ne sont pas significativement différentes ( $K_{hi}^2$  ; *NS*). En revanche la structuration des régimes alimentaires indique des parts très différentes d'organismes provenant du marais salé lui-même vs des organismes transportés avec le flot.

Ainsi, le régime alimentaire des bars capturés sur le site situé au sud de la baie de l'Aiguillon est caractérisé par une dominance très marquée de l'amphipode semi-terrestre décomposeur : *O. gammarellus* (M.F.I.= 90,95%). Il est présent dans 71% des estomacs et représente plus de la moitié des biomasses ingérées (%B = 55%). D'autres proies complètent le régime alimentaire, il s'agit principalement de *Crustacea* et de *Mysidacea* (Tableau 40).

**Tableau 40 : Synthèse des données relatives aux contenus stomacaux des juvéniles de l'année de bars européens (*Dicentrarchus labrax* L. a.k.a. *Morone labrax*) capturés dans les marais salés de la baie de l'Aiguillon en juin et juillet 2003. N = effectif, %N = Structure numérique. FO(%) = fréquence d'occurrence. B = biomasse totale en g. %B = Structure pondérale. MFI% = Pourcentage du M.F.I.**

MIRADOR (N=207)						
Items	N	% N	FO (%)	B	%B	MFI%
Crustacea	56	8%	10,25%	2,53	61%	35,46
Indéterminés	165	24%	95,32%	0,33	8%	30,40
Mysidacea	162	24%	37,58%	0,47	11%	21,75
<i>Orchestia gammarellus</i>	131	19%	8,12%	0,29	7%	6,07
Insectes	83	12%	22,87%	0,13	3%	3,27
<i>Sphaeroma</i> sp.	72	11%	5,01%	0,20	5%	2,31
<i>Hediste diversicolor</i>	2	0%	4,78%	0,16	4%	0,52
<i>Corophium volutator</i>	14	2%	4,03%	0,05	1%	0,22
Indice de vacuité	0,02					
CURE (N=598)						
Items	N	% N	%FO	B	%B	MFI %
<i>Orchestia gammarellus</i>	6 086	71%	65,82	15,79	55%	90,95
Crustacea	963	11%	38,22	7,26	25%	4,67
Mysidacea	276	3%	20,54	1,46	5%	1,42
<i>Corophium volutator</i>	212	2%	15,15	1,49	5%	1,07
Isopoda	556	6%	18,69	0,77	3%	0,80
Insectes	142	2%	14,48	1,16	4%	0,76
<i>Sphaeroma</i> sp.	354	4%	12,96	0,62	2%	0,44
Indice de vacuité	0,01					

De manière très contrastée, le régime alimentaire décrit chez les jeunes de l'année capturés dans la partie nord de la baie présente une structuration mixte avec une plus grande variété d'items alimentaires. Ainsi les *Mysidacae* et les *Crustacae* représentent respectivement 35,46% et 21,75% du M.F.I., *O. gammarellus* ne représente pour ce lot de poissons que 6,07% du M.F.I. et 7% de la biomasse totale.

Une grande proportion d'items indéterminés a été observée (M.F.I. = 30,4%). Nous avons classé dans les indéterminés toutes les matières d'origines non organiques comme les sédiments qui étaient très présents chez les juvéniles capturés sur ce site. Ces sédiments chargés d'eau ont tout de suite influé sur les M.F.I. qui prend en compte les occurrences, mais aussi les pourcentages massiques.

Ainsi au canal du curé, la proie principale des bars est *O. gammarellus*, tandis que pour le site du mirador, les bars se nourrissent principalement de *Mysidacae*.

### 3.3. Rations instantanées :

Les moyennes des rations instantanées ont été effectuées et les juvéniles de bars capturés sur le site du Mirador présente une moyenne significativement différente (Test t, t = 11,53) des juvéniles capturés à la même période sur le site situé au sud de la baie de l'Aiguillon. Cette différence est principalement due aux *O. gammarellus* qui présente des biomasses plus importantes.

**Tableau 41 : Moyenne des Rations Instantanées des juvéniles de bars capturés en baie de l'Aiguillon lors des campagnes estivales de 2003. LA différence entre les moyennes est significative (Test t; t = 11,53)**

	N	Moyenne	Ecart type
CURE	588	0,0594	0,0478
MIRADOR	203	0,0263	0,0297

### 3.4. Analyses isotopiques :

#### 3.4.1. Description et Evolution des signatures

Les signatures des sources :

Du point de vue des sources trophiques potentielles qui ont été identifiées dans les contenus stomacaux, les signatures en  $\delta^{15}\text{N}$  sont comprises pour l'ensemble des sources entre un peu moins de 11,0‰ et un près de 13,0‰. Les  $\delta^{13}\text{C}$  présentent une beaucoup plus grande variation. Trois groupes peuvent être identifiés. (i) Le premier présente la signature la plus faible est celle des coléoptères (*Co*) avec -23,41‰ alors qu'un (ii) autre groupe composé des proies marines, *N. integer* (*Ne*) et *H. diversicolor* (*He*), qui présentent des signatures respectives de -16,61‰ et -17,44‰. Le troisième groupe (iii) est composé des signatures intermédiaires comprises entre -20,0 et -22,0‰. Parmi ce dernier groupe, on retrouve des espèces fréquentant le marais lors des inondations comme les isopodes (*Is*) et les *Sphaeroma* sp. (*Sp*). Une comparaison des signatures de la proie majoritaire, *O. gammarellus* (*Oo* et *Oj*) est effectuée entre juillet et octobre. On remarque une dérive de la signature qui augmente d'1‰.

Les signatures des muscles de bars G0 :

Lors de leurs arrivées, les juvéniles de bars présentent une signature isotopique de -21‰ pour le  $\delta^{13}\text{C}$  et de 9‰ pour le  $\delta^{15}\text{N}$ . Du mois de juillet au mois d'octobre les  $\delta^{13}\text{C}$  sont passés à des valeurs inférieures à -15,9 (juillet) et -15 (octobre). Les rapports du  $\delta^{15}\text{N}$  sont compris entre 14,8 en juillet et 15,8 en octobre.

Les individus de taille inférieure à la moyenne ( $L_t \approx 38\text{mm}$ ) en juillet possèdent la signature de l'azote 15 la plus faible (14,9‰ pour le  $\delta^{15}\text{N}$ ). Les grands individus de juillet ( $L_t \approx 55\text{mm}$ ) possèdent quant à eux une signature plus élevée (15,2‰ pour le  $\delta^{15}\text{N}$ ). Elle est quasi similaire à celles des petits individus ( $L_t \approx 51\text{mm}$ ) d'octobre (15,3‰ pour le  $\delta^{15}\text{N}$ ). Les grands individus ( $L_t \approx 123\text{mm}$ ) et ceux égaux à la classe modale ( $L_t \approx 89\text{mm}$ ) possèdent des signatures similaires et les plus hautes (respectivement 15,7‰ et 15,8‰ pour le  $\delta^{15}\text{N}$ ).

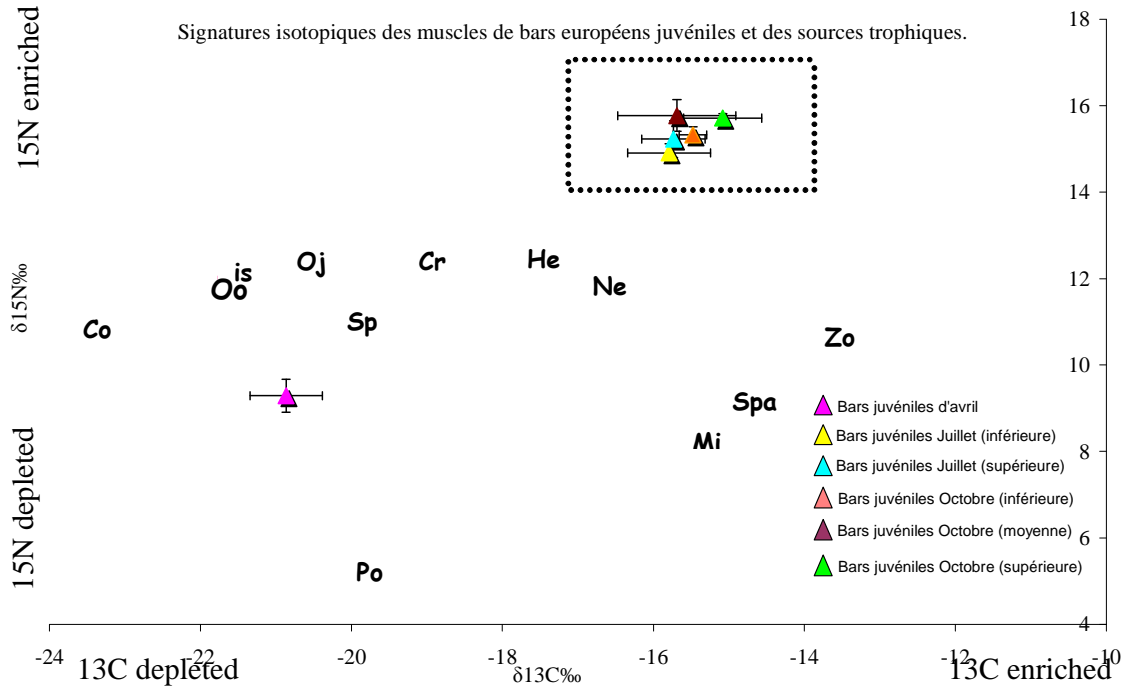


Figure 38 : Signatures isotopiques des muscles de bars européens (*Dicentrarchus labrax* L. a.k.a. *Morone labrax*) de l'année capturés dans les marais salés de la baie de l'Aiguillon en 2003. Les signatures de sources trophiques sont ajoutées : **Co** : Coléoptère, **Cr** : Crabe, **Is** : *Isopoda*, **Ne** : *N. integer*, **Oj** : *O. gammarellus* juillet, **Oo** : *O. gammarellus* octobre, **Sp** : *Sphaeroma* sp. Les trois dernières sources sont issues des données de Richard (2000), **Spa** : *Spartina* sp., **Po** : Phytoplancton océanique, **Mi** : Microphytobenthos et **Zo** : *Zostera marina*. La zone en pointillée fait l'objet d'une analyse détaillée particulière (fig. 38).

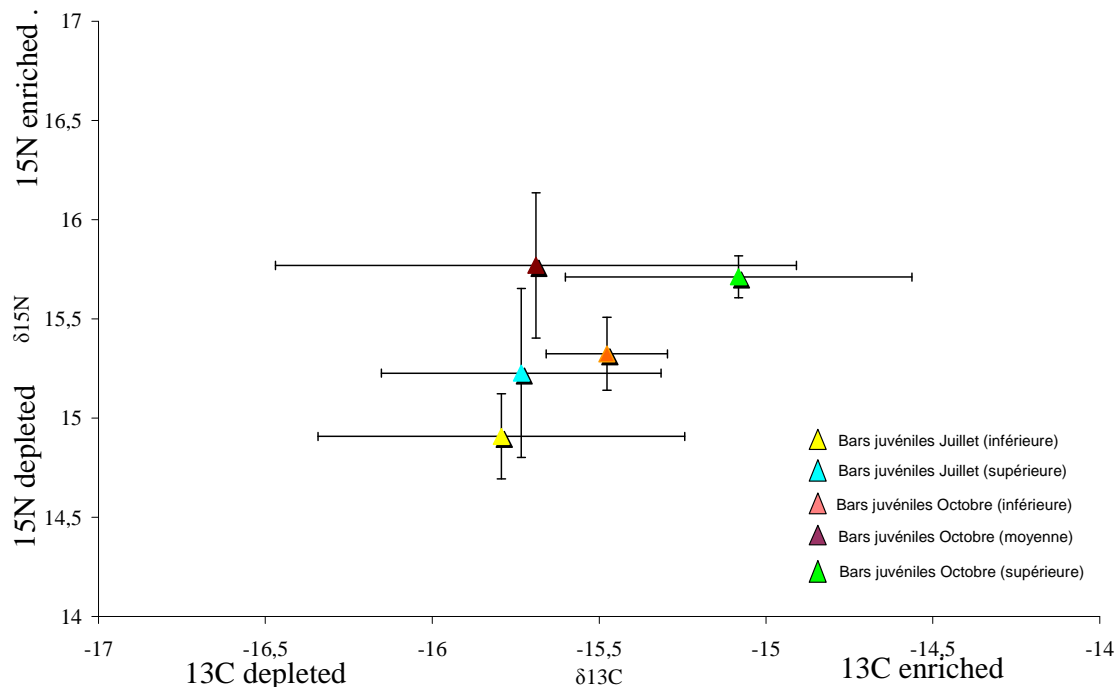


Figure 39 : Zoom du graphique des signatures isotopiques des muscles de bars européens (*Dicentrarchus labrax* L. a.k.a. *Morone labrax*) de l'année (G0) capturés dans les marais salés de la baie de l'Aiguillon en 2003.

#### 4. Discussion :

Les marais salés de la baie de l'Aiguillon accueillent de fortes densités de juvéniles de bars européens (voir chapitre 1, Parlier et al. 2006). Avec des valeurs de CPUE numériques pouvant atteindre plus de 22 ind/min cette colonisation par les juvéniles est comparable aux abondances déjà décrites dans de tels systèmes comme en Irlande dans la baie de Dublin (Koutsogiannopoulou et Wilson 2004), en Angleterre (Pickett et al. 2004) ou en France comme en baie de Seine (Duhamel et al. 2002) et en baie du Mont Saint-Michel (Laffaille et al. 2000a; Parlier 2002).

Le marais salés joue un rôle important pour les bars juvéniles que l'on y capture. En effet, on note de fortes croissances décrites (près de 60 mm durant la période estivale) ces croissances se révèlent supérieures à celle décrites pour le même type de système mais situé

plus au nord comme en estuaire de la Seine ou en baie du Mont saint-Michel (voir chapitre 1). Le gradient latitudinal est alors souvent cité comme cause de ces variations.

En baie de l'Aiguillon, du point de vue des densités, les jeunes bars sont plus abondants dans la partie sud de la baie (Curé). Des abondances six fois plus importantes sont observées sur ce site et notamment lors des mois d'été. Ces tendances – de moindre colonisation des sites présentant des aménagements dus aux modes de gestion – corroborent les observations déjà effectuées sur d'autres sites présentant, comme ici, de fortes différences de modalités de gestion des marais salés (Laffaille et al. 2000b; Laffaille et al. 2005; Pétilion et al. 2005; Parlier et al. 2006). On peut donc en conclure que ces différences de densités révèlent un effet 'gestion' sur les abondances de juvéniles de bars.

Du point de vue trophique plus précisément, les bars semblent s'alimenter dans les deux types de sites (*ie* fauché vs non fauché). Les indices de vacuité sont extrêmement faibles et ne révèlent pas de différences significatives (0,01% pour le site du canal du curé vs 0,02 pour le site du canal du Luçon). Ceci tend à indiquer que les poissons trouvent une nourriture que l'on peut supposer abondante et facilement accessible quel que soit le mode de gestion. Cependant les rations instantanées sont différentes entre les deux sites. Celles des poissons capturés sur le site du canal du curé étant statistiquement supérieures à celle du site situé plus au nord dans la partie vendéenne (IR%= 5,94 vs 2,63). Les juvéniles s'alimentent de manière très importante (MFI = 90,95%) sur le contingent d'*O. gammarellus* sur le site non géré où la succession originale à *A. portulacoïdes* est encore présente. Alors que sur le site fauché les bars s'alimentent sur les *Mysidacae* (MFI = 35,46%) et les *Crustacae* (MFI = 21,75%) qui sont transportés par le flot et donc non résidents des marais sales.

Les analyses des rapports isotopiques du carbone et de l'azote montrent que les juvéniles de poissons arrivent en avril avec une signature qui n'est pas issue des marais salés, mais plutôt océanique avec un  $\delta^{13}\text{C} \approx -20\text{‰}$  (Richard 2000). Les signatures océaniques étant généralement très stables dans les zones tempérées du fait de la stabilité des sources de carbone inorganique il est très probable que les juvéniles s'alimentent en mer avant leur installation dans le marais salés.

En tenant compte de l'enrichissement trophique dû aux transferts trophiques, il apparaît que ce sont les signatures de *N. integer* et de *H. diversicolor* qui semblent bien correspondre à la signature théorique de la nourriture assimilée par les juvéniles de juillet à octobre, alors que la signature d'*O. gammarellus* paraît en être très éloignée. Cependant, *O.*

*gammarellus* constitue une partie importante, voire très largement majoritaire des contenus stomacaux, en particulier pour le site du sud de la baie de l'Aiguillon. Plusieurs explications peuvent être données pour expliquer cette contradiction.

Tout d'abord, les sources sont multiples et plusieurs combinaisons de pourcentages de chacune peuvent répondre à la signature des poissons. Cependant, le calcul de la contribution des sources en utilisant Isosource (Phillips et al. 2005) à partir de celles qui ont été identifiées n'aboutit à aucun résultat réaliste. Ceci indique que certaines sources n'ont pas été identifiées. Il est à noter qu'environ un tiers des contenus stomacaux n'avait pas été identifié. Il est probable que cette partie non identifiée soit plus représentative de signatures enrichies du marais salés (consommateurs de détritus de phanérogames marines et de microphytobenthos) et que le mélange *O. gammarellus*. Dans ce cas, la partie non identifiée aurait une signature proche de la signature théorique ce qui n'a pas été vérifié dans le cadre de cette étude.

Ensuite, les bars pourraient n'assimiler que partiellement *O. gammarellus*. Ces proies sont très riches en chitine qui est sans doute moins facilement digérée que les autres constituants cellulaires.

Enfin, les contenus stomacaux et les rapports isotopiques sont effectués sur des individus fréquentant le marais au moment de l'échantillonnage, et nous ne pouvons pas exclure que les jeunes poissons peuvent avoir une alimentation en dehors des marais salés. Ainsi, certains items alimentaires ne seraient pas identifiés dans les contenus stomacaux qui révèlent le régime alimentaire et la consommation d'item de manière instantanée, alors que les rapports isotopiques plus intégrateurs tendent à conforter l'hypothèse de sources non identifiées.

Les différences de signature entre les bars de juillet et plus âgés indiquent une diminution des  $\delta^{13}\text{C}$  qui peuvent être imputés à une modification des ressources alimentaires qui viendraient plus des zones côtières en indiquant un déplacement au large des individus, alors moins dépendant des marais salés. Mais cette tendance reste à confirmer notamment sur des individus plus âgés ou lors de l'année suivante. Des modifications alimentaires ont été mises en évidence chez certaines espèces de poissons grâce aux analyses des rapports isotopiques naturels (Hesslein et al. 1993; Hobson et Welch 1995; Beaudouin et al. 1999)

Dans une analyse plus globale les signatures des bars capturés au Mirador et au Curé ne présentent pas de différences significatives ce qui indique que les poissons exploitent trophiquement l'ensemble de la zone de la baie de l'Aiguillon comme une entité cohérente

vis-à-vis de l'occupation de cette mosaïque d'écosystème (*ie* baie semi fermée). Cependant, la colonisation de ces sites (nord *vs* sud) pourrait être validé par différentes techniques de marquage recapture mais qui peuvent s'avérer difficile surtout chez les jeunes individus. D'autres méthodologies liées à la microchimie des otolithes et/ou à l'analyse des rapports isotopiques dans les otolithes peuvent permettre de démontrer la colonisation d'un site particulier due à certaines particularités notamment des eaux provenant des bassins versants. Ainsi la fréquentation de certains affluents (réseaux hydrographiques différents) a pu être mis en évidence chez certaines espèces de poissons dulçaquicoles et notamment des *Salmonidae* (Smith 1992; Harrington et al. 1998).

L'ensemble de ces résultats tend donc à montrer que les bars exploitent l'ensemble du complexe d'écosystèmes formé par une mosaïque d'habitats interconnectés. Les bars exploitent sans doute l'ensemble de ces habitats en se nourrissant des espèces les plus fréquentes et accessibles dans chacun d'entre eux. Malgré la forte abondance d'*O gammarellus* dans les marais non aménagés, cette espèce ne semble pas contribuer fortement à la signature isotopique des chairs des bars juvéniles plus marqués par les organismes comme *Neomysis integer* présent et transporté dans la colonne d'eau des zones côtières, mais aussi par *Hediste diversicolor* très abondant dans les chenaux de drainage et sur toutes les vasières. Ces deux proies, bien que fortement dépendante de la matière organique produite par les vasières, ont des signatures plus marines. Elles semblent contribuer d'avantage aux besoins énergétiques des jeunes bars.

On peut s'interroger sur l'évolution des signatures dans une baie dont les marais salés ne seraient pas aménagés et dont l'habitat permettrait d'accueillir plus d'*O gammarellus*.

## 5. Conclusion :

Malgré les mesures de protection mise en place dans les réserves naturelles de la façade ouest de la France, la volonté de préservation des espèces patrimoniales n'est pas en adéquation avec la volonté de préservation du rôle fonctionnel de tels écosystèmes. La présence de l'ornithofaune qu'elle soit migrante ou résidente est possible du fait des fortes productivités des complexes estuariens. En se focalisant sur le compartiment visible que



représentent les oiseaux, on occulte le rôle d'accueil vis-à-vis de l'ichtyofaune migrante ou résidente. Mais de part leur plus faible visibilité par les gestionnaires, les populations de poissons ne font l'objet que de très peu de suivis et d'évaluation en continue. Il est vrai que ces inventaires nécessitent de plus grands investissements en temps, en matériel et en ressources humaines formées. Cependant, dans le cadre des politiques actuelles et notamment de la Directive Cadre Européenne sur l'eau (W.F.D. : Water Framework Directive) la composante piscicole de tels types d'écosystèmes est dorénavant prise en compte. Il ne faut pas oublier que c'est à partir de ces systèmes que sont alimentés les réseaux trophiques hauturiers et l'économie des pêcheries locales.

## **6. Remerciements :**

Nous tenons à remercier Mlles Estelle Ndomba Nbaza, Lucie Guindet et Agnès Boyer pour leur aide dans l'identification des régimes alimentaires des juvéniles de l'année de bars. Thierry PICOT pour son aide dans ce travail et ses conseils.

**Chapitre 3 : Discrimination de quatre  
nourriceries de bars (*Dicentrarchus  
labrax* L.) de la façade ouest de la  
France par microchimie des otolithes.**

## **Discrimination de quatre nourriceries de bars (*Dicentrarchus labrax* L.) de la façade ouest de la France par microchimie des otolithes.**

**Emmanuel P. Parlier<sup>1</sup>, Sylvain Duhamel<sup>2</sup>, Monique Bordes<sup>3</sup>, Michel Robert<sup>3</sup> & Eric Feunteun<sup>1\*</sup>.**

<sup>1</sup>Centre de Recherche sur les écosystèmes littoraux anthropisés. UMR 6217 IFREMER/CNRS/Univ. La Rochelle. Av. M. Crépeau 17 042 LA ROCHELLE Cedex 02

<sup>2</sup>Cellule de Suivi du Littoral Haut-Normand, 36 Quai Casimir DELAVIGNE 76 600 LE HAVRE

<sup>3</sup>Centre Commun d'Analyses. Université de La Rochelle. 5, perspective de l'Océan. 17 071 La Rochelle Cedex 09.

\*courriel: [efeunteu@univ-lr.fr](mailto:efeunteu@univ-lr.fr)

### **1. Résumé**

Certaines espèces utilisent les complexes estuaires – marais sales intertidaux comme zone de nourricerie durant leurs premières années. Ces espèces sont intimement liées à ces écosystèmes pour leur croissance et leur survie pendant cette période. Les jeunes bars colonisent les zones de nourriceries afin d'y trouver les ressources alimentaires nécessaires à leur croissance. Après deux années, les subadultes quittent ces zones pour alimenter les stocks exploités. Cependant il est difficile aujourd'hui de connaître la part d'une population exploitée qui est réellement dépendante de ces complexes pour son développement.

Dans l'objectif d'identifier si une signature microchimique de l'otolithe est discriminante, quatre groupes de jeunes provenant de complexes connus pour jouer le rôle de nourricerie de bars ont été échantillonnés. Une analyse de la signature microchimique a été réalisée sur des jeunes de l'année de la baie de Seine, de la baie du mont saint-michel de l'estuaire de la Loire et de la baie de l'aiguillon. Ces dosages ont permis la discrimination des signatures chimiques des nourriceries de la façade ouest de la France.

## 2. Introduction

Les écosystèmes côtiers et notamment les complexes estuaires – marais salés sont connus pour jouer un rôle clé de nourricerie pour de nombreuses espèces de poissons côtiers. Notamment pour des espèces à caractère commercial (Laffaille et al. 1998; Weinstein et al. 2000). Afin de définir la fonction effective de ces écosystèmes plusieurs critères doivent être validés. Ainsi, depuis quelques années afin de qualifier une zone estuarienne de nourricerie, quatre critères doivent faire l'objet de validation (Beck et al. 2001; Laffaille et al. 2001b) :

1. La nourricerie doit posséder de fortes densités de juvéniles de poissons de l'année.
2. La croissance des individus doit être importante et les individus doivent consommer de manière préférentielle les proies produites *in situ*.
3. La survie des jeunes doit être importante (les juvéniles doivent présenter une colonisation longue de ces sites).
4. Les juvéniles doivent effectuer une migration depuis ces zones de nourricerie vers des sites fréquentés à l'âge adulte.

Dans la plupart des études les zones de nourricerie ne sont qualifiées que par les fortes abondances de juvéniles ou les fortes performances de croissance (Laffaille et al. 2001b; Amara et Paul 2003; Lefeuvre et al. 2003). Ces performances de croissance sont parfois expliquées par la présence (abondance) et la consommation de proies produites dans ces habitats (Laffaille et al. 2001a; Laffaille et al. 2001c; Amara et Paul 2003), comme par exemple, pour les fortes abondances de soles (*Solea solea*) que l'on peut trouver dans un certain nombre de nourriceries et les croissances relativement grandes que l'on peut trouver dans les zones adjacentes (Riou 1999b; Gilliers et al. 2004a). Cependant, ces études ne permettent pas de quantifier la contribution aux stocks de ces juvéniles produits dans ces zones de nourriceries. Les liens entre la production de juvéniles et le recrutement dans les stocks côtiers est considéré comme un lien de proportionnalité et font l'objet de modèles de rendements par recrues (Le Pape et al. 2000).

Les fortes contaminations mesurées dans de grands complexes estuariens connus pour leur fonction de nourricerie comme l'estuaire de la Seine ou la Gironde peuvent induire des mortalités différentielles et limiter les chances de recrutement ou de reproduction (Robinet et Feunteun 2002). Dans certaines de ces zones, des désordres sexuels liés aux modifications

hormonales dues à de fortes présences de xénobiotiques chez des individus ont été décrites chez de nombreuses espèces de poissons (Minier et al. 2000).

Les complexes estuariens et les zones associées (*ie* vasières, marais salés, *etc.*) sont connus pour un jouer un rôle important de nourricerie (Le Pape et al. 2003b; Gilliers et al. 2004a). Cependant, ils ont subi de lourdes modifications du fait des emprises dues aux activités portuaires et au développement des complexes industrialoportuaires (Elie et al. 1990).

De manière plus générale, ces zones estuariennes subissent les impacts de diverses activités liées aux rejets urbains, industriels, portuaires ou agricoles, mais aussi aux aménagements dus aux pratiques de navigation ou de conchyliculture (comme l'ostréculture ou la mytiliculture) et les marais salés quant à eux font l'objet d'activité pastorale ou de culture de poissons (marais à poissons), *etc.* (Brown et al. 2003). Toutes ces activités interagissent et réduisent le potentiel de nourricerie par diverses voies, et notamment en augmentant les compétitions trophiques entre les espèces de poissons (Laffaille et al. 2000b; Minier et al. 2000) ce qui a pour effet de réduire le potentiel et la qualité des nourriceries (Brown et al. 2003). Dans ces situations, les compétitions inter et intra spécifiques réduisent les performances de croissance comme chez certaines espèces de poissons plats (Bergahn et al. 1995). Malgré la validation de critère effectif en apparence comme les grandes densités d'individus et ou les fortes performances de croissance, ces nourriceries peuvent ne pas de manière substantielle au recrutement et au maintien des stocks côtiers.

Il apparaît donc clairement que le 4<sup>ème</sup> critère proposé par Beck et al. (2001) doit être pris en compte dans l'évaluation de l'efficacité des habitats considérés comme une nourricerie : de fortes proportions de jeunes de l'année et de juvéniles produits par une nourricerie connue et qui va contribuer de manière significative au renouvellement des stocks côtiers de géniteurs.

Mais comment évaluer la contribution d'une nourricerie à ces stocks côtiers ?

Des études spécifiques relatives à ces questions ont conduit à la mise en place de modèles couplant les abondances de juvéniles (densités) au caractéristiques intrinsèques des habitats colonisés et ceci de manière spatialisée (S.I.G) (Le Pape et al. 2003b). Les habitats ainsi exploités sont analysés et les populations de jeunes poissons sont alors estimées. Les auteurs supposent que la mortalité est faible et qu'il existe une relation directe entre les fortes abondances de juvéniles et la contribution aux stocks d'adultes.

Une autre approche technique est l'identification de traces ou de marques de passage des individus adultes, capturés sur les zones de fraies ou fréquentées à l'âge adulte, dans une nourricerie côtière. Ainsi il est possible de connaître la provenance des adultes. Pour cela

L'otolithe se révèle d'une aide précieuse du fait de son intégration des éléments chimiques présents dans les masses d'eau et notamment du fait des caractéristiques conservatives (pas de réorganisation) de sa matrice cristalline (Campana et Neilson 1985a). En effet, l'otolithe conserve de manière stable et durable les éléments chimiques simples qui composent la signature des écosystèmes fréquentés (Secor et al. 1995; Campana 2001; Sanchez-Jerez et al. 2002). Des signatures ou des marquages multi-élémentaires peuvent alors permettre de discriminer des sites fréquentés et cela tout au long de l'histoire de vie des individus (Campana et Neilson 1985a; Gillanders et Kingsford 2000; Gillanders et al. 2001b; Gillanders 2002a).

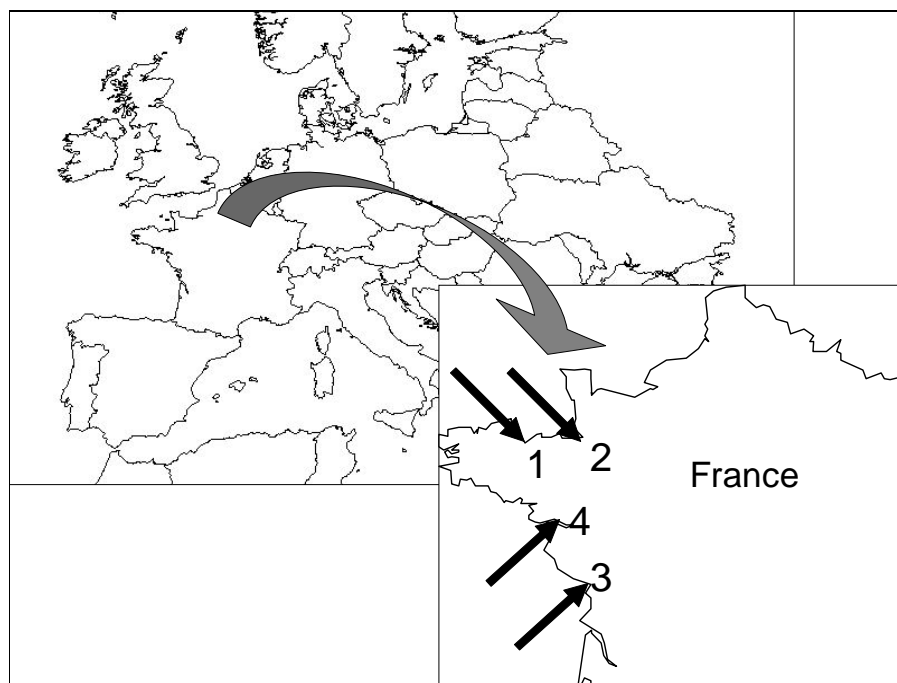
Les écosystèmes estuariens de la côte atlantique et les marais salés qui leurs sont associés sont connus pour jouer un rôle de nourricerie pour le bar européen *Dicentrarchus labrax* L. (Laffaille 2000; Laffaille et al. 2000a; Laffaille et al. 2000b; Laffaille et al. 2001b; Laffaille et al. 2001d). chacun de ces complexes estuariens est caractérisé par des contextes anthropiques et géologiques qui sont susceptibles d'induire des compositions microchimiques des masses d'eau de transition différentes (De Pontual et al. 2003).

L'objectif de cette étude est d'examiner si les juvéniles (G0) de bars européens présente des signatures microchimiques discriminantes selon la nourricerie fréquentées. Pour se faire, nous comparerons les compositions microchimiques des otolithes de bars provenant de quatre nourriceries littorales de la côte occidentale de la France : L'estuaire de la Seine, l'estuaire de la Loire, la baie du Mont Saint-Michel et la baie de l'Aiguillon.

### **3. Matériel et méthode**

#### **3.1. Présentation du site d'étude.**

Les échantillons ont été collectés dans quatre complexes estuariens – marais salés intertidaux de la façade ouest de la France connus pour jouer un rôle de nourricerie. Du nord au sud, l'estuaire de la Seine, la baie du Mont Saint-Michel pour la Manche, et l'estuaire de la Loire et la baie de l'Aiguillon pour la côte Atlantique (Figure 40).



**Figure 40** : Situation des complexes estuariens (mosaïque d'écosystèmes intertidaux) étudiés présents sur la façade ouest de la France. 1) baie de Seine. 2) Baie du Mont Saint-Michel. 3) Baie de l'Aiguillon. 4) Estuaire de la Loire.

Les poissons ont été échantillonnés à l'aide d'un filet verveux (5mm de maille) lors de la colonisation des chenaux des marais salés à marée haute, après l'étale de haute mer. Les échantillonnages ont eu lieu entre juillet et septembre 2003 dans des habitats similaires : à la limite entre le marais salés et la vasière. Ces zones sont drainées par des chenaux de ressuyage et la végétation halophile est submergée pour 50% des marées. Les chenaux sont colonisés à des fins trophiques par les juvéniles durant cette courte période d'environ une ou deux heures (Laffaille 2000; Parlier et Feunteun 2004).

Les poissons sont mesurés au mm près et les âges sont estimés à l'aide de lecture scalimétrique et d'interprétation de la microstructure des otolithes (dénombrements des incréments journaliers). Un sous échantillon d'individus d'une taille minimale de 50 mm est ensuite extrait afin de réaliser des mesures liées à la composition microchimique des otolithes. La taille minimale de 50 mm ( $53 \ll 83$  mm) est sélectionnée afin d'obtenir des otolithes possédant un poids critiques autorisant des dosages en I.C.P.<sup>14</sup>.

<sup>14</sup> I.C.P. : Induce Coupled Plasma. Généralement couplé à un spectromètre de masse.

### 3.2. Extraction et préparation des échantillons.

Les otolithes sont préparés en accord avec les recommandations de Secor et al. (1991). Les Sagittae sont extraits des poissons congelés (-18°C). Les tissus organiques restants sont retirés et les otolithes sont rincés trois fois à l'eau MilliQ. Les otolithes sont ensuite séchés puis stockés. Une attaque acide est ensuite effectuée (HNO<sub>3</sub> suprapure 65%) dans des tubes en Téflon<sup>TM</sup> sur plaque chauffante (150°C). Le résidu est repris dans 1,5 mL d'HNO<sub>3</sub> suprapure 5% et la solution est dosée à l'ICPMS (ICPMS Mass 700 VARIAN) où les éléments traces sont identifiés et quantifiés. Les mineurs et majeurs quant à eux font l'objet d'une mesure à l'ICPAES (ICPAES Vista Pro VARIAN). Des jeux de blancs ont été dosés avant et après les dosages ainsi qu'une gamme étalon en début de mesures.

Les dosages de 18 éléments simples sont effectués (Al, Be, Ba, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Sr, Ti, Tl, et Zn) sur les otolithes droits des juvéniles de l'année.

Une analyse factorielle des correspondances est réalisée afin de tester la discrimination des signatures microchimiques des otolithes de juvéniles provenant de quatre nourriceries littorales. Un intérêt particulier est donné aux analyses des rapports Sr/Ca qui renseignent sur la fréquentation des masses d'eau (*ie* salés vs estuariennes) lors de la vie juvénile (Campana 1999). Enfin une discrimination plus fine à partir d'un petit groupe d'éléments a été initiée afin de mettre en évidence des spectres chimiques singuliers.

## **4. Résultats.**

### 4.1. Caractérisation de la population de juvéniles de bars européens.

Les données issues des campagnes de prélèvements et d'échantillonnages des complexes estuariens ont permis d'estimer les abondances relatives en jeunes de l'année des quatre nourriceries étudiées (voir TOME 2 chapitre 1). La structure en taille de la population de poissons fluctue suivant les sites et les périodes. Trois classes de tailles sont présentes lors des échantillonnages. Les échantillons sont prélevés chez les individus du premier groupe (YoY).

Afin d'obtenir une masse critique d'otolithe suffisante, les poissons sélectionnés présentent une taille minimale de 50 mm. La masse des otolithes est alors supérieure à 2 mg.



(Tableau 42). Un total de 30 otolithes issus de juvéniles différents ont été analysés en microchimie des ultra traces (ICPMS) et en microchimie des majeurs (ICPAES).

**Tableau 42 : Informations relatives aux juvéniles de bars européens (*Dicentrarchus labrax* L.) capturés lors de l'été 2003 et dont les otolithes ont été analysés en ICPMS et ICPAES afin de discriminer des signatures microchimiques.**

SITE	N	MTL (mm)	TL sd (mm)	BW M (g)	BW sd (g)	OW M (mg)	OW sd (mg)
Estuaire de la Seine	8	58,38	7,46	2,31	0,93	2,84	0,78
Baie du Mont Saint-Michel	5	73,00	9,35	4,44	1,52	4,17	0,95
Estuaire de la Loire	10	74,00	8,45	4,72	1,63	4,77	1,17
Baie de l'Aiguillon	7	60,71	4,03	2,76	0,66	2,97	0,47

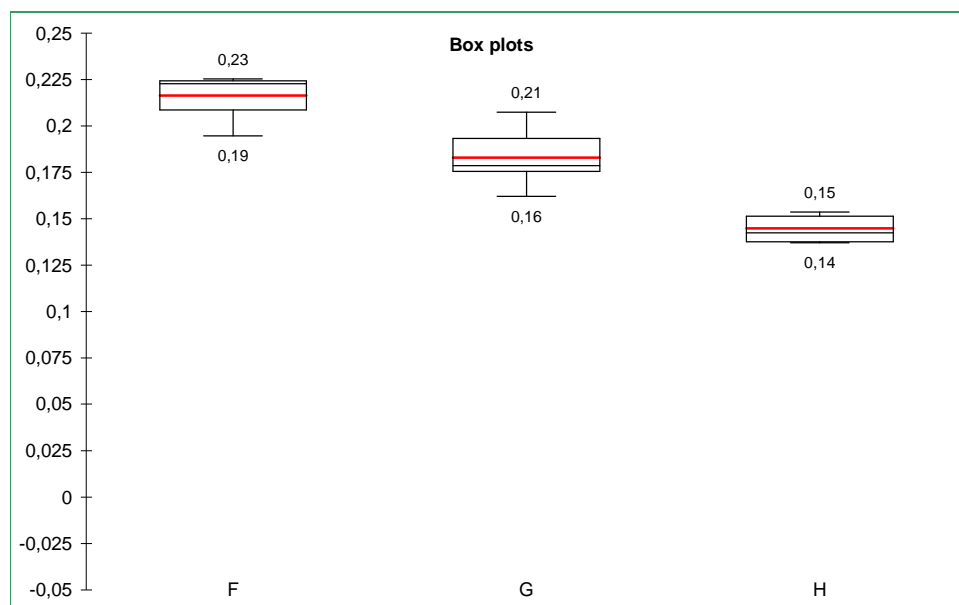
#### 4.2. Analyses microchimiques des otolithes.

Un total de 18 éléments simples a été dosé sur les 30 juvéniles échantillonnés sur les quatre sites. Tous ces éléments ont été détectés dans les otolithes. L'analyse des concentrations en Sr est un révélateur de la colonisation des eaux de transition ou des eaux douces (Campana 1999). Une comparaison des rapports a été effectuée afin de comparer les différences de salinité des masses fréquentés par les juvéniles de bars dans les différents écosystèmes (baie ouverte, baie semi fermée ou grand estuaire). Ainsi les rapports ont été comparés entre l'estuaire de la Loire, la baie du Mont Saint-Michel et la baie de l'Aiguillon.

**Tableau 43 : Concentration en Sr en µg/g des otolithes de juvéniles de bars européens (*Dicentrarchus labrax* L.) de quatre complexes estuariens de la façade ouest de la France capturés lors de l'été 2003.**

En µg/g	Baie de l'Aiguillon	Estuaire de la Loire	Baie du Mont Saint-Michel	Estuaire de la Seine
Moyenne	<b>1 380,91</b>	<b>1 506,66</b>	<b>1 624,35</b>	<b>1 534,95</b>
Ecart type	38,46	56,04	174,38	64,44

L'analyse de la concentration en Sr des otolithes de juvéniles de bars européens provenant des quatre nourriceries littorales étudiées indiquent un gradient des masses d'eau fréquentées, ainsi, les deux grands estuaires présentent des concentrations proches de 1500  $\mu\text{g/g}$  d'otolithes. Ces deux concentrations ne sont pas statistiquement différentes ( $\text{Khi}^2$ , *NS*). En revanche les moyennes des concentrations en Sr des otolithes de bars sont statistiquement différentes entre les deux baies et aussi avec les valeurs présentent dans les grands estuaires (Figure 41).



**Figure 41 : Comparaison des rapports Sr/Ca des otolithes de juvéniles de bars européens (*Dicentrarchus labrax* L.) colonisant les marais salés de l'estuaire de la Loire (G, N=10) et des baies du Mont Saint-Michel (F, N=5) et de la baie de l'Aiguillon (H, N=7). Les rapports sont significativement différents entre les trois sites considérés ( $t_{FG} = 4,053$  ; 12 ddl ;  $p < 0,05$ ), ( $t_{FH} = 11,390$  ; 9 ddl ;  $p < 0,05$ ), ( $t_{GH} = 6,764$  ; 15 ddl ;  $p < 0,05$ ).**

Afin de discriminer les signatures des otolithes de juvéniles de bars européens à partir d'un maximum d'éléments, une analyse factorielle des correspondances a été réalisée. 17 éléments ont été pris en compte dans ces analyses (Figure 42 & Figure 43). Cette analyse permet de signifier la signature des otolithes de chaque individu et ainsi de mettre en évidence des homogénéités dans les signatures. Les éléments les plus discriminants sont l'Al, K, Bi, et Cd sur l'axe 1 (61% d'inertie). Il discrimine de manière nette l'estuaire de la Seine et la baie de l'Aiguillon. Sur l'axe 2 (22% d'inertie) le Ba, Mn et secondairement Be permettent de discriminer la baie de l'Aiguillon et la baie du Mont Saint-Michel. L'axe 3 (19% d'inertie) permet grâce au Zn de discriminer l'estuaire de la Loire (non représenté).

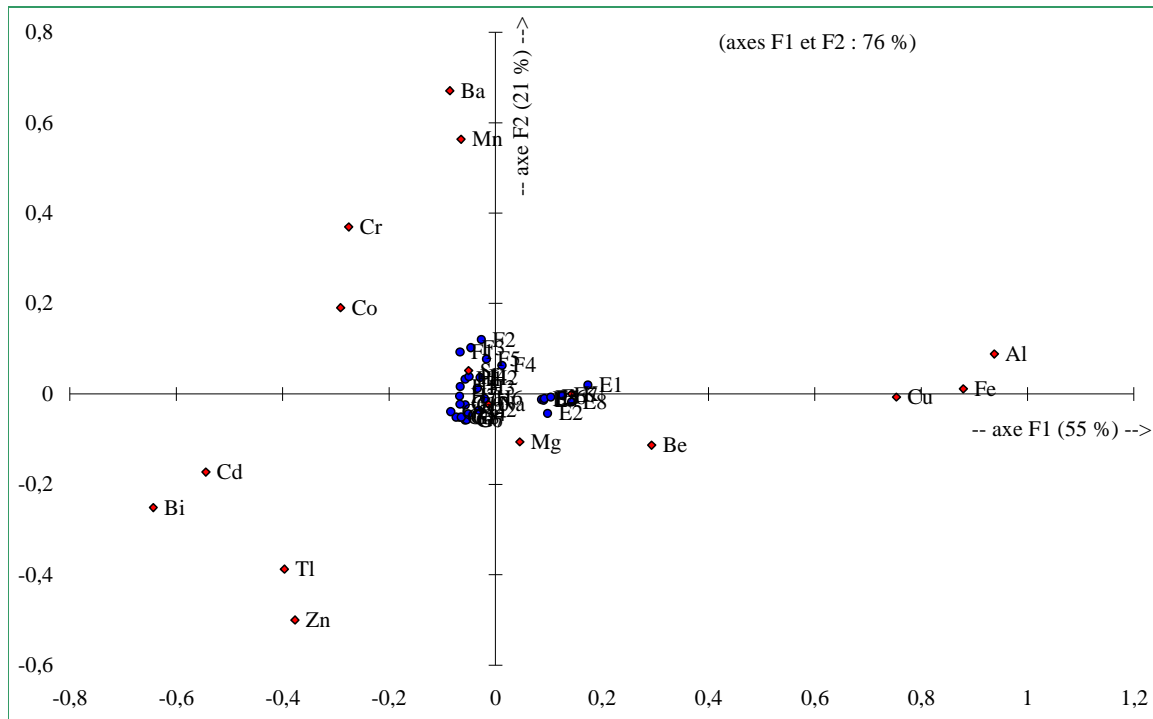


Figure 42 : Analyse factorielle des correspondances des signatures microchimiques des otolithes de juvéniles de bars européens (*Dicentrarchus labrax* L.) capturés sur quatre nurseries littorales de la façade ouest de la France. E : Seine, F : Mont Saint-Michel, G : Loire, H : Aiguillon.

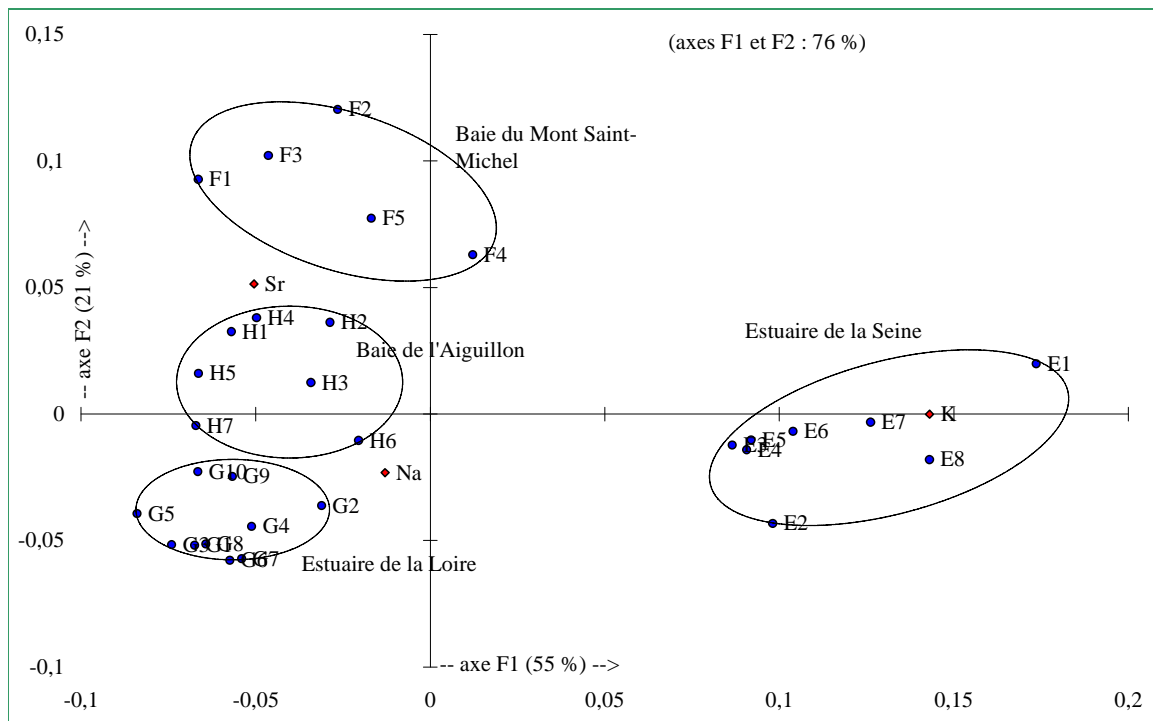


Figure 43 : Analyse factorielle des correspondances des signatures microchimiques des otolithes de juvéniles de bars européens (*Dicentrarchus labrax* L.) capturés sur quatre nurseries littorales de la façade ouest de la France. E : Seine, F : Mont Saint-Michel, G : Loire, H : Aiguillon.

De plus, un total de huit éléments est suffisant pour discriminer clairement 100% des bars européens suivant leurs origines. Ces éléments permettent de signer la provenance des individus. Ils représentent un marquage chimique originale (Figure 44).

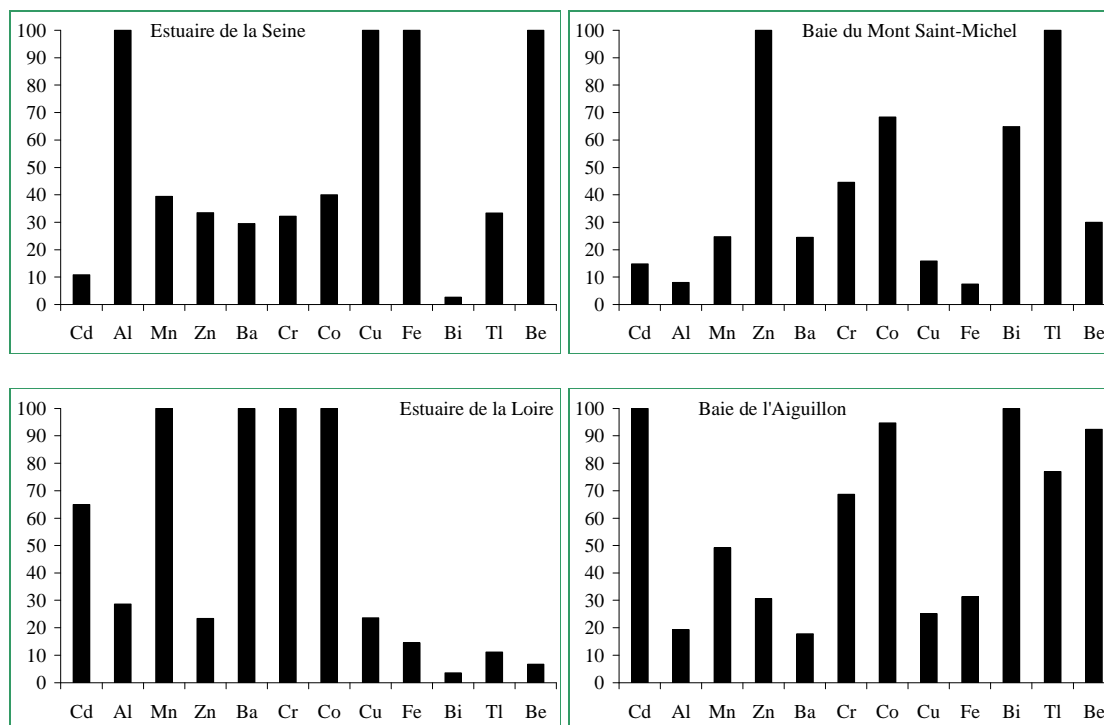


Figure 44 : Pourcentages de la concentration maximale en éléments chimiques simples en comparaison à la valeur maximale obtenue sur un des quatre sites (Estuaire de la Loire et de la Seine, baie du Mont Saint-Michel et de l'Aiguillon) dans les otolithes de bars européens juvéniles (*Dicentrarchus labrax* L.). Il est possible d'obtenir un spectre caractéristique de chacune des nourriceries.

L'estuaire de la Seine est caractérisé par les plus fortes concentrations d'Al, Cu, Fe et Be et de faibles concentrations en Cd, Bi. La baie du Mont Saint-Michel est caractérisée par de fortes concentrations en Zn et Tl et de faibles concentrations en Al, Fe et Cu. L'estuaire de la Loire possède les plus fortes concentrations en Mn, Ba, Cr et Co. Et de très faibles concentrations en Bi et Be. Enfin la baie de l'Aiguillon est caractérisée par les plus fortes abondances de Cd et de Bi. Mais aussi par de faibles concentrations en Al, Ba et Cu.

## 5. Discussion

Cette étude a permis de déterminer la composition microchimiques en éléments simples des otolithes de juvéniles de bars européens provenant de quatre nourriceries littorales.

Une synthèse préliminaire des compositions en Sr a révélé la fréquentation de masses d'eau de diverses salinités. Ainsi Campana (1999) a défini – en synthétisant la bibliographie existante – que les concentrations en Sr avoisinent les  $2137 \mu\text{g.g}^{-1}$  dans les otolithes de poissons fréquentant les masses d'eau marines. Cette valeur diminue à  $1937 \mu\text{g.g}^{-1}$  en moyenne pour les poissons estuariens et elle est de  $698 \mu\text{g.g}^{-1}$  pour les poissons des hydrosystèmes continentaux. Les valeurs obtenues au travers des diverses analyses des otolithes ont révélées que les poissons capturés dans les grands estuaires possèdent une valeur proche de  $1500 \mu\text{g.g}^{-1}$  qui semble fidèle aux sites de captures situées dans les eaux mésohalines de ces estuaires. La baie du Mont Saint-Michel présente une valeur supérieure indiquant de plus fortes salinités de la masse d'eau (moyenne égale à  $1624,35 \mu\text{g.g}^{-1} \pm 174,38$ ). En revanche, malgré le caractère semi fermé et paralique de la baie de l'Aiguillon, les valeurs des concentrations moyennes mesurées dans les otolithes de juvéniles de bars fréquentant les marais salés sont plus faibles avec une moyenne de  $1380,91 \mu\text{g.g}^{-1} (\pm 38,46)$ . Cette moyenne plus faible que celles des autres sites tend à indiquer que la masse d'eau est moins salée dans cette baie.

Un phénomène lié aux densités des masses d'eau peut être à l'origine de cette dessalure. En effet, des mesures de salinité effectuée dans les chenaux des marais salés lors des captures ont révélées de faibles salinités (données non publiées). Les masses d'eau dessalées étant moins denses et la baie de l'Aiguillon possédant une hydrodynamique singulière, lors des périodes de faibles brassages des masses d'eau, les eaux provenant des bassins versants stagneraient dans la baie et seraient plaquée en fond de baie lors du flot rendant ainsi les eaux colonisées par les juvéniles peu salées (Feunteun comm. pers.).

Les observations des concentrations en Sr des otolithes sont similaires à celles décrites au travers des rapports Sr/Ca. Ainsi les colonisations des marais salés qui présentent des successions végétales similaires ne présentent pas pour autant des conditions moyennes similaires. L'otolithe se révèle alors un élément intégrateur des conditions environnementales, tout au moins en ce qui concerne les salinités moyennes.

En ce qui concerne les signatures microchimiques des otolithes, l'analyse factorielle des correspondances effectuées à partir des 17 éléments dosés et quantifiés dans les pièces osseuses a mis en évidence une variabilité inter site plus grande que la variabilité intra site. Le processus discriminatoire permet de regrouper des individus ayant fréquentés des masses d'eau similaires. Les différences généralement décrites chez les poissons côtiers, notamment en Australie, (Gillanders et Kingsford 2003), sont effectuées à partir de quatre ou cinq éléments majeurs. La

prise en compte d'un nombre important d'éléments doit permettre d'affiner l'échelle de discrimination des sites fréquentés.

L'utilisation de huit éléments discriminant permet de mettre en évidence un spectre spécifique à la masse d'eau étudiée. La Figure 44 permet de souligner le ou les éléments chimiques qui permettent cette différenciation des nourriceries. Certaines différences sont surprenantes, puisque que par exemple les plus fortes concentrations en Cd sont mesurées dans les otolithes de la baie de l'Aiguillon.

Lors de ce travail nous avons discriminé de manière claire les signatures spécifiques des quatre nourriceries étudiées. Une grande différence existe entre la signature de la baie de Seine et celles des trois autres nourriceries.

Les valeurs des éléments dosés révèlent une homogénéité des concentrations entre les nourriceries peu ou faiblement anthropisées. Alors que les signatures de la baie de Seine très homogènes se distinguent nettement des autres nourriceries. Les signatures de certains poissons varient au-delà de 100 Km (Gillanders 2002b; Gillanders 2002a). Ces résultats sont en accord avec des résultats déjà obtenus en Méditerranée sur des espèces de la même guildes écologique (Gillanders et al. 2001b) ou sur la côte est de l'Australie (Gillanders et Kingsford 2000). Les signatures des nourriceries ou la fidélité des adultes à leurs nourricerie a aussi été démontré (Gillanders 2002a).

## 6. Conclusion

Les analyses futures réalisées sur des espèces estuariennes doivent maintenant s'orienter sur selon deux grands axes.

1) Les liens qui unissent les zones de nourriceries aux stocks côtiers en terme de production de géniteur doivent être clairement établit et si possible chiffrés. Les signatures identifiées chez les juvéniles doivent permettre à court terme d'identifier la part d'un stock côtier qui est directement dépendant d'une ou de plusieurs des nourriceries sélectionnées. Les objectifs de gestions des nourriceries de bars peuvent alors être identifier de manière plus précises et permettre comme dans d'autres partie de l'Europe comme en mer d'Irlande (Pickett et al. 2004) de protéger ces sites essentiels au soutien des stocks côtiers.

2) Des recherches plus approfondies, en physiologie notamment, doivent s'intéresser aux liens qui existent entre les concentrations en éléments simples d'origine anthropique comme les métaux lourds dans les otolithes en relation avec les pollutions observées dans le milieu. Il serait alors intéressant d'utiliser des espèces longévives qui intégreront des séries longues d'enregistrement. Un modèle comme l'anguille européenne (*Anguilla anguilla* L.) peut alors s'avérer de par son cycle biologique un formidable intégrateur en temps réel des épisodes de pollution des masses d'eau de transition. *A posteriori*, la compréhension des fluctuations des populations piscicoles estuariennes pourraient être en partie expliquée du fait de ces épisodes critiques de pollution.

**44 : Concentrations en éléments chimiques simples des otolithes de juvéniles de bars capturés dans les quatre nourriceries littorales de bars européens de la façade ouest de la France, résultats exprimés en  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .**

Individus	Al	Ba	Be	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Sr	Tl	Zn
H1	2,88	2,02	1,64	3,29	0,82	0,61	0,82	0,82	2,11	575,75	23,34	4,78	2 697,90	1 385,55	0,82	4,19
H2	10,55	1,88	1,29	2,57	0,64	0,51	0,64	0,64	2,75	592,50	26,45	3,45	2 680,90	1 399,36	0,64	4,15
H3	0,64	1,61	1,95	3,89	0,97	0,82	0,97	0,97	1,95	665,84	34,41	4,03	2 838,15	1 409,00	0,97	4,37
H4	4,43	1,90	1,77	3,55	0,89	0,76	0,89	0,89	1,77	590,83	25,21	4,26	2 698,26	1 409,12	0,89	2,98
H5	4,12	1,53	1,75	3,49	0,87	0,81	0,87	0,87	3,79	541,77	46,53	4,76	2 649,27	1 396,25	0,87	9,66
H6	5,20	1,59	2,03	4,05	1,01	1,02	1,01	1,01	2,25	648,60	30,09	5,43	2 747,57	1 300,34	1,01	11,34
H7	1,60	1,52	1,60	3,21	0,80	0,88	0,80	0,80	4,19	572,27	27,24	6,12	2 765,76	1 366,73	0,80	15,92
G1	1,22	2,85	0,47	1,87	0,47	0,47	0,47	0,74	1,25	714,77	26,34	3,20	3 523,96	1 566,94	0,93	27,50
G2	0,78	3,69	0,39	1,56	0,39	0,39	0,39	0,14	0,39	791,08	30,88	4,12	3 411,12	1 511,89	0,78	19,26
G3	2,31	1,70	0,65	2,60	0,65	0,65	0,65	0,53	0,65	639,34	21,83	1,67	3 071,49	1 434,41	1,30	28,78
G4	1,43	2,69	0,72	2,86	0,72	0,72	0,72	0,65	0,72	780,50	26,68	1,43	3 637,57	1 616,07	1,43	21,06
G5	3,65	0,58	0,71	2,83	0,71	0,71	0,71	0,39	0,71	625,51	17,85	1,41	3 158,97	1 510,24	1,41	26,02
G6	1,66	1,27	0,83	3,32	0,83	0,83	0,83	0,89	0,83	712,96	21,88	1,66	3 388,78	1 486,25	1,66	23,65
G7	0,97	2,33	0,48	1,93	0,48	0,48	0,48	0,51	0,48	703,63	24,35	2,51	3 228,24	1 432,57	0,97	26,80
G8	3,67	2,94	0,45	1,80	0,45	0,45	0,45	0,47	0,45	702,87	22,07	3,71	3 270,83	1 513,15	0,90	33,94
G9	0,89	2,81	0,44	1,77	0,44	0,44	0,44	0,69	0,44	679,04	22,94	1,78	3 163,94	1 472,18	0,89	17,05
G10	0,89	2,84	0,44	1,77	0,44	0,44	0,44	0,42	0,44	679,33	22,45	2,06	3 178,19	1 522,91	0,89	21,19
F1	8,29	9,35	0,17	0,17	0,17	0,80	1,66	0,97	1,66	576,36	8,18	11,20	2 837,20	1 526,87	0,17	7,13
F2	4,50	12,02	0,09	0,09	0,10	0,78	0,90	0,71	0,90	638,71	9,71	9,83	2 481,66	1 409,38	0,09	3,71
F3	5,51	9,33	0,11	0,11	0,11	0,76	1,10	0,65	1,10	694,31	17,41	8,61	2 913,90	1 674,78	0,11	5,16
F4	6,67	8,59	0,13	0,13	0,13	0,88	1,33	1,12	1,33	872,55	13,30	10,03	3 303,40	1 634,88	0,13	1,77
F5	6,28	9,11	0,13	0,13	0,13	0,86	1,26	0,59	1,26	895,87	14,06	8,03	3 371,52	1 875,87	0,13	10,91
E1	40,66	2,66	2,06	0,10	0,10	0,31	0,29	2,06	16,62	1 146,39	38,57	6,31	3 504,97	1 666,65	0,41	5,97
E2	23,15	3,57	2,29	0,11	0,11	0,34	0,23	2,29	9,14	1 041,10	31,31	2,22	3 554,31	1 549,19	0,46	24,48
E3	14,03	3,09	1,55	0,08	0,08	0,25	0,15	1,55	4,71	1 049,92	27,88	1,94	3 455,69	1 568,32	0,31	10,65
E4	22,09	2,28	2,13	0,11	0,11	0,32	0,21	2,13	4,73	947,17	30,67	4,50	3 455,36	1 473,17	0,43	4,23
E5	10,51	3,70	2,40	0,12	0,12	0,36	0,24	2,40	5,60	1 015,40	29,12	1,46	3 383,56	1 485,81	0,48	3,27
E6	11,88	1,78	1,76	0,09	0,09	0,26	1,82	1,76	14,57	1 049,40	30,43	5,90	3 491,78	1 544,53	0,35	6,51
E7	15,95	2,21	1,13	0,06	0,06	0,36	0,11	13,19	6,53	1 064,68	23,71	5,63	3 421,55	1 518,85	0,23	6,10
E8	35,96	3,60	1,55	0,08	0,08	0,41	0,15	1,95	6,79	1 038,23	32,50	2,17	3 533,88	1 473,09	0,31	4,59



**Chapitre 4 : Reconstitution de l’histoire de vie des jeunes bars (*Dicentrarchus labrax* L.) de quatre nurseries littorales de la façade ouest de la France par otolithochronologie.**

## **Reconstitution de l'histoire de vie des jeunes bars (*Dicentrarchus labrax* L.) de quatre nourriceries littorales de la façade ouest de la France par otolithochronologie.**

**Emmanuel P. Parlier<sup>1</sup>, Monique Bordes<sup>2</sup>, Sylvain Rochteau<sup>1</sup>  
Sylvain Duhamel<sup>3</sup> & Eric Feunteun<sup>1\*</sup>.**

<sup>1</sup>Centre de Recherche sur les Ecosystèmes Littoraux Anthropisés. UMR 6217 CRELA. CNRS-IFREMER-Univ. de La Rochelle. Avenue Michel Crépeau. 17 042 LA ROCHELLE Cedex 02.

<sup>2</sup>Centre Commun d'Analyses. Université de La Rochelle. 5, perspective de l'Océan. 17 071 La Rochelle Cedex 09.

<sup>3</sup>Cellule de Suivi du Littoral Haut-Normand, 36 Quai Casimir Delavigne 76 600 LE HAVRE.

\*courriel: [efeunteu@univ-lr.fr](mailto:efeunteu@univ-lr.fr)

### **1. Introduction.**

La gestion des stocks halieutiques fait appel de plus en plus régulièrement aux modélisations mathématiques basées sur les débarquements de poissons. Mais c'est l'histoire de vie juvénile qui permet d'anticiper les fluctuations de recrutement. L'histoire individuelle des poissons est directement liée à leurs différentes écophases (phase larvaire, juvénile, subadulte et adulte) mais aussi aux liens plus ou moins intimes qui lient ces populations côtières à leurs habitats et notamment aux habitats estuariens et aux eaux de transition.

Parmi les espèces piscicoles côtières qui revêtent un caractère important dans l'équilibre des pêcheries côtières, le bar européen (*Dicentrarchus labrax* L.) représente une espèce emblématique. D'une part du fait de la qualité de sa chair et son poids économique, et d'autre part, par le cycle biologique de ce Serranidae n'est pas complètement connu et détaillé. Ainsi, malgré des études sur les migrations individuelles des adultes (Fritsch et Morizur 2002) entre les zones du golfe de Gascogne et de la Manche ouest, ou des suivis de colonisation des complexes estuariens – marais salés intertidaux de la façade ouest de la France durant ces dernières années (Parlier 2002; Parlier et al. 2004a; Parlier et Feunteun 2004, 2005), les mesures et les recommandations des gestion des stocks de cette espèce sont exclusivement issues des débarquements. La population de bar européen exploitée en Europe

ne semble pas selon ces études présentées d'indice tendant à suspecter une surexploitation (Fritsch 2001). Cependant, des modifications des zones de nourriceries du fait des activités anthropiques liées au commerce maritime (Duhamel et al. 2002; Parlier et Feunteun 2004) ou à la gestion des marais maritimes (Parlier et al. 2006) peuvent jouer un rôle prépondérant dans le renouvellement des stocks exploités. Les processus liés à la migration depuis les zones de frai jusqu'aux zones de nourriceries sont très mal connus.

Afin de qualifier une zone de nourricerie, il est nécessaire de considérer un certain nombre de critères comme la densité, les performances de croissance, la prise alimentaire ou la fidélité au site (Beck et al. 2001). Dans le cadre de la compréhension de l'importance du rôle de ces espaces pour les juvéniles de bars il est nécessaire de savoir si les nourriceries accueillent les jeunes bars sur les mêmes durées et si les recrutements se déroulent toujours à la même période et si les départs se font également de manière simultanée. Du point de vue du poisson, le passage dans une zone de nourricerie est-il obligatoire ou facultatif ? Autrement dit, la colonisation d'une nourricerie où les contraintes sont importantes représentent elle une stratégie alternative ou non ?

Pour aborder ces questions, il est nécessaire de s'intéresser aux différents traits de vie des jeunes individus. L'otolithe permet dans certains cas de mettre en évidence des marques spéciales spécifiques au changement de milieu (Huang et Chiu 1997; Campana 1999; Gillanders et al. 2001a; Yoneda et al. 2002). La durée de la migration marine pouvant influencer sur la survie des individus, il est nécessaire de comparer les durées de migration et les durées de fréquentation de la nourricerie. D'autre part, existe-t-il des variations entre les nourriceries, et si oui, peut on les imputer à des variations latitudinales ou aux spécificités intrinsèques des nourriceries ?

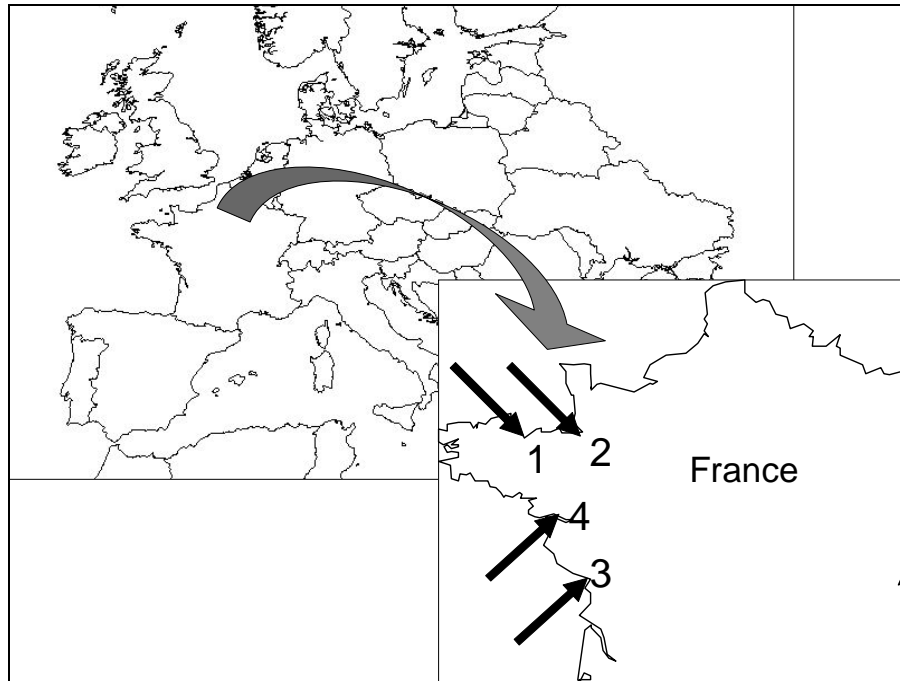
## **2. Matériel et méthode**

### *2.1. Présentation du site d'étude.*

#### *2.1.1. Localisation des sites de prélèvements.*

Les échantillons ont été collectés dans quatre complexes estuaires – marais salés intertidaux de la façade ouest de la France connus pour jouer un rôle de nourricerie. Du nord

au sud, l'estuaire de la Seine, la baie du Mont Saint-Michel pour la Manche, et l'estuaire de la Loire et la baie de l'Aiguillon pour la côte Atlantique (Figure 45).



**Figure 45 : Situation des complexes estuariens (mosaïque d'écosystèmes intertidaux) étudiés présents sur la façade ouest de la France. 1) baie de Seine. 2) Baie du Mont Saint-Michel. 3) Baie de l'Aiguillon. 4) Estuaire de la Loire.**

Les poissons ont été échantillonnés à l'aide d'un filet verveux (5 mm de maille) lors de la colonisation des chenaux des marais salés à marée haute, après l'étalement de haute mer. Les échantillonnages ont eu lieu entre juillet et septembre 2003 dans des habitats similaires : à la limite entre le marais salés et la vase. Ces zones sont drainées par des chenaux de ressuyage et la végétation halophile est submergée pour 50% des marées. Les chenaux sont colonisés à des fins trophiques par les juvéniles durant cette courte période d'environ une ou deux heures (Laffaille 2000; Parlier et Feunteun 2004).

Les poissons sont mesurés au mm près et les âges sont estimés à l'aide de lecture scalimétrique. Les écailles du dos des juvéniles sont extraites et placées en lame et lamelle et l'âge est déterminé à l'année près (pour les G0 absence de discontinuité hivernale : anneau d'arrêt de croissance).

### 2.1.2. Caractéristiques des sites de prélèvements.

Afin de comparer les colonisations des juvéniles dans les différents sites, un récapitulatif des caractéristiques des complexes estuariens échantillonnés est dressé.

**Tableau 45 : Synthèse des données relatives aux complexes estuariens de la façade ouest de la France (D'après Lepage et al. 2004 modifié).**

<b>Descripteurs</b>	<b>Baie de Saint-Briec</b>	<b>Baie du Mont Saint-Michel</b>	<b>Estuaire de la Loire</b>	<b>Baie de l'Aiguillon</b>
<b>Salinité</b>	> 30 ‰	> 30 ‰	> 30 ‰	20 << 30 ‰
<b>Marnage (m)</b>	13	16	1 << 5	1 << 5
<b>Profondeur (m)</b>	< 30	< 30	< 30	< 30
<b>Vitesse du courant (m.s<sup>-1</sup>)</b>	< 1	< 1	1 << 3	1 << 3
<b>Exposition à la houle</b>	Abrité	Abrité	Extrêmement exposé à très exposé	Exposé à modérément exposé
<b>Mélange</b>	Mélange permanent	Mélange permanent	Partiellement stratifiée	Partiellement stratifiée
<b>Temps de résidence</b>	Mois année	Semaine mois	Semaine mois	Mois année
<b>Substrat</b>	Sable gravier	Vase limon	Sable gravier	Vase limon
<b>Bathymétrie</b>	8 m CM	12 m CM	2 – 4 m CM	4 m CM
<b>Zone intertidale</b>	< 50 %	> 50 %	< 50 %	< 50 %
<b>Marais salés (ha)</b>	120	4 000	905	1 100
<b>Vasières (ha)</b>	2 600	18 000	2 330	3 700

### 2.2. Extraction et préparation des échantillons.

Les otolithes sont préparés en accord avec les recommandations de Secor et al. (1991) et du Committee of Age Reading Experts (C.A.R.E. 2000). Sagittae sont extraits des poissons congelés (-18°C). Les tissus organiques restants sont retirés et les otolithes sont rincés trois fois à l'eau MilliQ. Les otolithes sont ensuite séchés puis stockés. Des préparations pour le ponçage sont effectuées.

### 2.2.1. Préparation des otolithes et détermination des âges.

Après extraction, les otolithes sont nettoyés de la membrane otique puis rincés à l'alcool avant séchage et stockage. Des préparations pour le ponçage sont effectuées à l'aide de résine autopolymérisante à froid (Orthorésine DENTSPLY). Les otolithes sont déposés sur une lame et une paille alimentaire est apposée afin de servir de moule lors de l'enrobage. Les otolithes sont ensuite poncés à l'eau sur plaque rotative à l'aide de disque de granulométries différentielles (1000  $\mu\text{M}$  – 0,1  $\mu\text{m}$ ). Après décalcification à l'E.D.T.A. (Ethylene Diamine Tetraacetic Acid) 0,05 M durant 15 min les otolithes sont rincées à l'eau MilliQ puis séchées à l'aide d'air sous pression. L'observation sous microscope électronique à balayage peut être effectuée après la phase de métallisation à l'or. Les images M.E.B. (JEOL JSM 5410LV (Low vacuum)) sont ensuite réalisées et des rayons sont extraits grâce à des montages de plusieurs images réalisées (x200). Des comptages manuels sont ensuite effectués et synthétisés par site. Un double comptage a été effectué sur les images MEB en aveugle et les comptages n'ont pas révélé de différence significative. Nous avons donc pris en compte la première lecture.

### 2.2.2. Mise en évidence des stries journalières

Afin de valider la présence de stries journalières chez le bar européen un protocole de capture marquage-recapture a été mis en place chez des juvéniles en élevage. Ainsi, 102 juvéniles de bars âgés de 660 jours ont été achetés dans une ferme aquacole (Ferme des Baleines, Ile de Ré). Après le transport et 13 jours d'acclimatation dans les marais expérimentaux du C.R.E.L.A., les poissons sont endormis à l'eugénol (essence de clou de girofle) puis une injection de Terramycine est effectuée (forme commerciale de la Tétracycline). Ce fluorochrome émet un rayonnement jaune (560 nm) lorsqu'il est excité à 390 nm. Des observations sous microscope optique à épifluorescence (ZEISS AXIOSCOPE 2 MOT PLUS) sont réalisées, et des photographies en lumière blanche et en rayonnement ultraviolet (x400) sont prises. Les comptages de stries entre la marque spéciale de transport et le marquage à la Terramycine sont ensuite réalisés plusieurs jours après le marquage. Une

partie des bars sont conservés durant l'été 2003 (fort épisode caniculaire) en claires afin de mettre en évidence la formation des stries en relation avec les conditions de salinité et de température qui sont suivies heure par heure et enregistrées (sonde multi paramètre).

### 3. Résultats.

#### 3.1. Validation des stries journalières

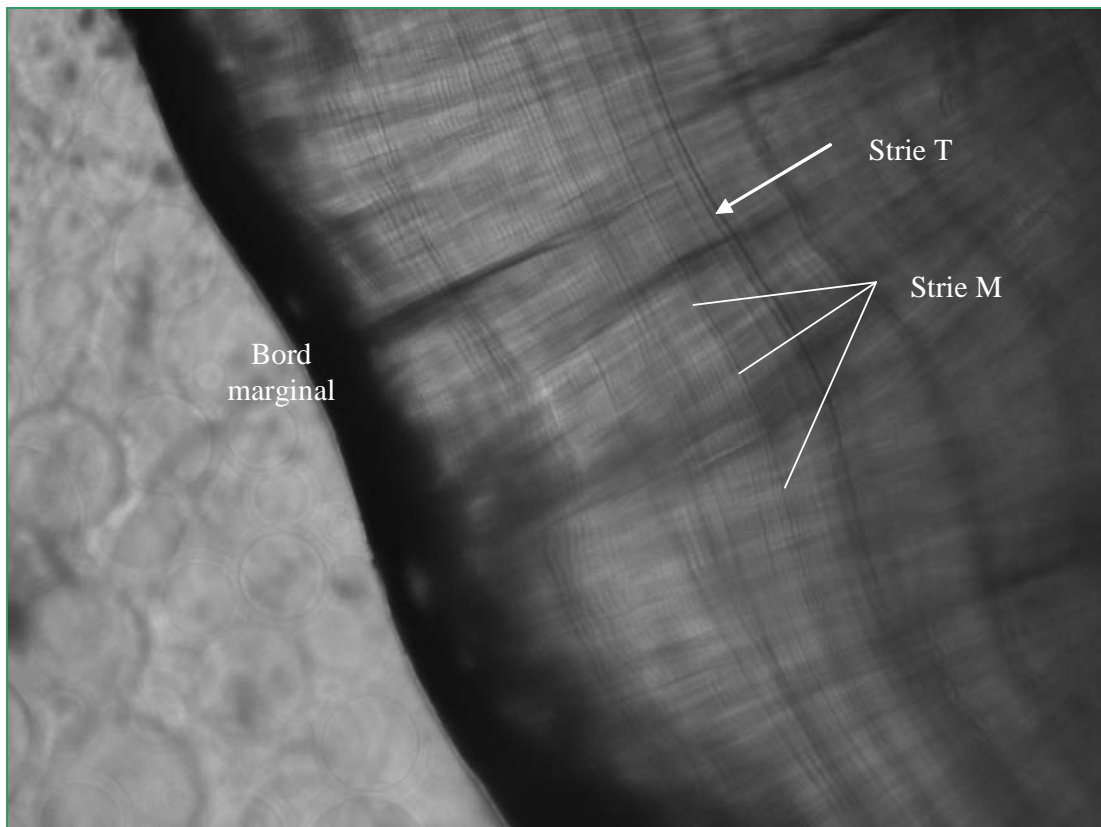


Figure 46 : Photographie d'un otolithe de bar européen (x150) Strie T : marque de transport. Strie M : marquage à la Terramycine. (Rocheteau S.)

Suite aux analyses des photographies prises en épifluorescence et en lumière blanche des otolithes de bars en mésocosme (N=10), il apparaît que pour une période de 14 jours entre le transport et le marquage, le dénombrement des stries est égal à  $13,1 (\pm 1,52)$ . Le nombre de

stries entre la marque de transport (Strie T) et le marquage (Strie M) fluctue entre 11 et 15. Ces comptages confortent la validation du dépôt journalier des stries de croissance chez cette espèce y compris les spécimens de la façade ouest de l'Europe (atlantique) soumise aux fluctuations des marées (zone intertidale).

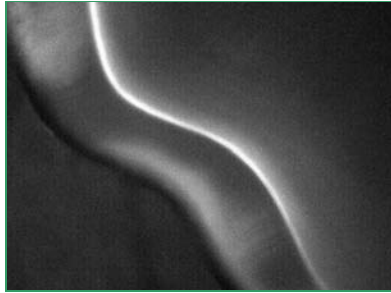


Figure 47 : Photographie d'un otolithe de bar européen (x150) en épifluorescence. (S. Rocheteau 2005).

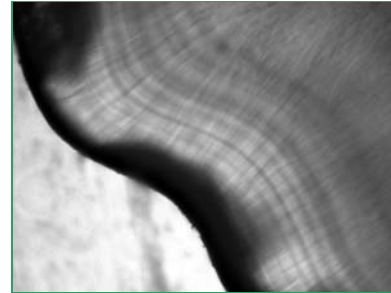


Figure 48 : Photographie d'un otolithe de bar européen (x150) en lumière blanche. (S. Rocheteau 2005).

### 3.2. Description de l'organisation des stries

L'analyse des otolithes de bars européens provenant des quatre nurseries littorales étudiées lors de ces études a permis de mettre en évidence une structuration identique des histoires de vie entre les sites.

La vie des jeunes poissons est structurée en deux grandes phases.

La première est celle de la migration marine depuis les zones de frais vers les zones de nurserie. Elle se décompose en deux temps avec *i*) une période initiale qui se termine au bout de 15,27 jours (+/- 2,39) avec une marque spéciale puis *ii*) la croissance continue et se termine avec l'apparition d'une première discontinuité de croissance : Sillon. Entre ces deux marques spéciales les stries ne présentent pas de différences de largeur (60,9 +/- 19,7).

Ensuite la seconde phase est caractérisée par un changement de structure de l'otolithe qui passe de régulière et circulaire devient à elliptique et qui présente des accidents de croissance que nous avons nommé sillons qui sont présents en quantités très variables chez les individus. Et d'autre part du fait de la largeur des stries qui fluctue tout au long de la croissance. Il y a également chez les individus la présence d'un nucléus accessoire dans la partie postéro dorsale. Dans cette partie très singulière, des discontinuités de croissance sont observées mais de manière non régulière. Une comparaison de l'apparition de ces stries avec



les épisodes climatiques et/ou liés aux phénomènes des marées a été engagée sans résultats probants. En effet, le nombre de stries entre les sillons sont très irréguliers et la comparaison avec les hauteurs d’eau ou les stress pouvant être induit par des fortes houles ou des orages ayant eu lieu durant cette période ne s’est pas révélé concluante. De plus, la comparaison du nombre de sillons a montré que leur nombre est statistiquement plus élevé en baie du mont Saint-Michel – cela est vrai pour les pêcheries et pour les marais salés – que dans les autres lieux d’étude. Laissant penser que malgré le manque de correspondance entre les marques de stress, le marnage, le contexte géographique et ou morphodynamique doit intervenir à un niveau dans la formations de ces sillons. La baie du Mont Saint-Michel étant caractérisée par un système macrotidal et une très vaste zone d’estrans en aval des marais salés ou des pêcheries.

**Tableau 46 : comparaison du nombre de sillons observé chez les juvéniles de bars capturés lors de l’été 2003 en estuaire de la Seine (SEINE) en baie du Mont Saint dans les pêcheries (BMSM P) et dans les marais salés (BMSM SM), dans l’estuaire de la Loire (LOIRE) et en baie de l’Aiguillon (BDA). Test t. S : significatif NS : non significatif.**

	BMSM MS	BMSM P	LOIRE	BDA
SEINE	S	NS	NS	NS
BMSM MS		NS	S	S
BMSM P			NS	S
LOIRE				NS

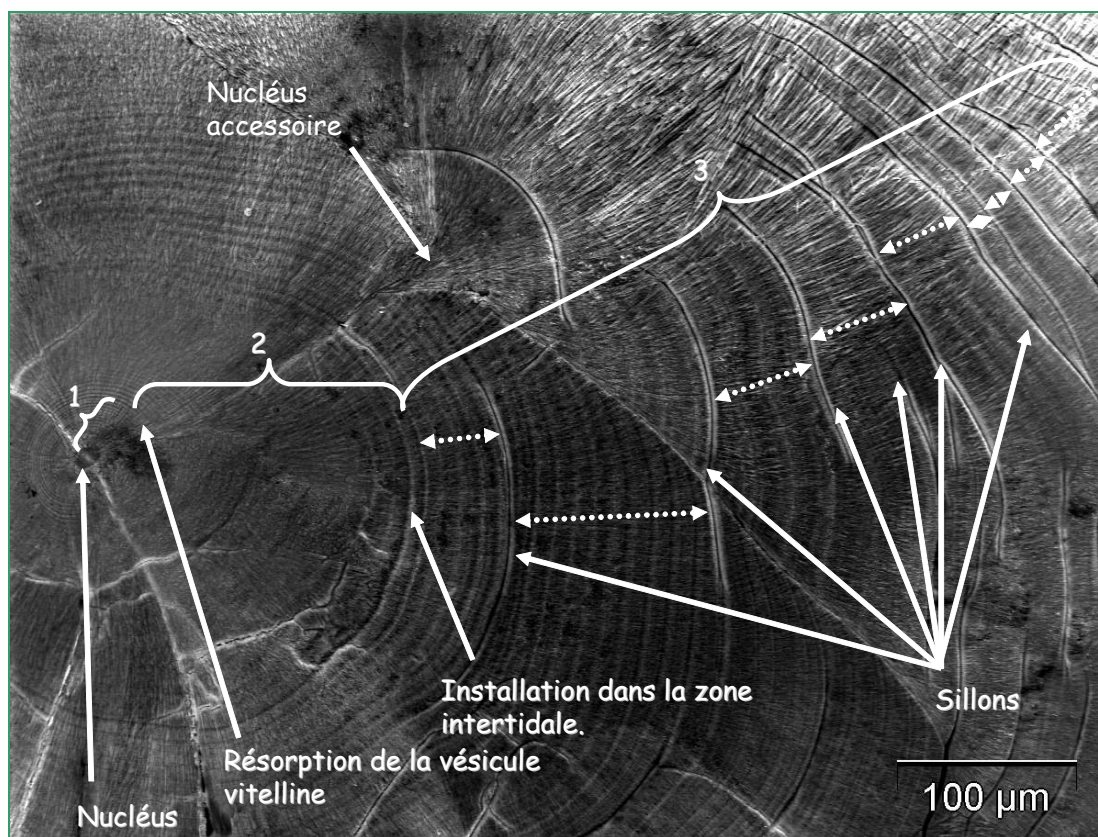


Figure 49 : Schématisation du comptage des stries journalières des otolithes de bars juvéniles des nurseries de la façade ouest de la France et des phases de la vie juvénile. (M.E.B. x 20 000 Parlier & Bordes 2006). 1 : Période d'utilisation de la vésicule vitelline. 2 : Période de migration pélagique. 3 : Période de résidence dans la zone intertidale.

### 3.3. Structure et origine des 'sillons'

Afin de comprendre la rythmicité de dépôt des discontinuités de croissance appelées 'sillons', nous nous sommes intéressés à la structure même des otolithes en conditions de stress. Pour cela nous avons comparé la structure cristalline d'otolithes de bars sauvages à celle de bars soumis à des stress physicochimiques extrêmes et chroniques. En effet, des juvéniles de bars ont été élevés en claires aquacoles durant l'été 2003 connu pour son épisode caniculaire fortement marqué : poissons soumis à de fortes températures (moyenne journalière =  $24,75^{\circ}\text{C} \pm 1,97$  ; max =  $30,0^{\circ}\text{C}$ ) et de fortes salinités (moyenne journalière =  $32,81 \text{ g/L} \pm 2,33$  ; max =  $35,54 \text{ g/L}$ ).

Au-delà de la présence de marques particulières ou de sillons, l'otolithe tout entier s'est avéré transformé chez certains individus soumis à ces conditions viables mais fortement

stressantes. Chez d'autres individus une seule Sagittae s'est avérée transformée. Les otolithes normaux possèdent une structure lisse à leur surface et dentelée sur leur bord (Figures suivantes). En revanche, les otolithes de poissons soumis à de forts stress présentent des bords lisses où une cristallisation sous forme de pierre de sucre (cristaux cubiques) qui peut n'être présente que dans tout ou partie de l'otolithe.



Figure 50 : Otolithe de bar européen sauvage possédant une calcification normale.



Figure 53 : Otolithe de bar européen élevé en claire durant l'épisode caniculaire de 2003. Calcification anormale partielle.



Figure 51 : Otolithe de bar européen élevé en claire durant l'épisode caniculaire de 2003. Le bord dentelé est absent.



Figure 54 : Otolithe de bar européen élevé en claire durant l'épisode caniculaire de 2003. Calcification anormale complète.



Figure 52 : Otolithe de bar européen élevé en claire durant l'épisode caniculaire de 2003. Calcification anormale débutante.

Les analyses des structures cristallines par diffraction X présentes chez ces individus dont les otolithes sont anormaux ont révélé une grande quantité de vatérite alors que les otolithes de poissons sauvages présentent une plus grande quantité d'aragonite. Plus les otolithes sont anormaux plus la quantité de vatérite est importante (cf. figure 49 à 53). On peut donc supposer que les sillons (discontinuités de croissances) induits par des stress extérieurs provoque une modification de la structure cristalline des otolithes. Les incrémentations journalières s'inscriraient alors sous forme de cristaux de vatérite. Ceci corrobore des observations déjà citées dans la littérature (Morales'Nin 1987; Morales Nin 2000).

Ainsi, il est très probable que les marques de stress inscrites sous forme de sillons de vatérite dans les otolithes de juvéniles de bars sont dues à des stress provoqués pour une partie tout au moins par les conditions contraignantes des zones intertidales.

#### 3.4. Comparaison des histoires de vie

Par rétrocalcul des dates d'éclosion ont été estimées. Elles s'étalent pour les divers sites du 58<sup>ème</sup> jour de l'année pour la baie de l'Aiguillon au 147<sup>ème</sup> jour pour la Seine. Les dates de ponte dans le golfe de Gascogne ont lieu de manière plus précoce qu'en Manche. Une période d'environ deux mois (60 jours) sépare les deux écorégions. Ce nombre important de jours qui séparent les deux dates de pontes moyennes permet de supposer que les deux aires de ponte semblent disjointes dans le temps et sans doute dans l'espace. Les évaluations des migrations marines semblent corroborer cette hypothèse. En revanche, les valeurs moyennes par écorégions ne permettent pas de différencier deux périodes de pontes distinctes.

Les durées de migration marine ne sont pas significativement différentes entre les divers sites, mais de grandes disparités existe entre les individus de manière globale. Autrement dit la différence intra groupe est supérieure à la différence intergroupe. Une histoire de vie moyenne (ou trajectoire moyenne) peut être établie entre l'éclosion et la date d'installation.

**Tableau 47 : Récapitulatif d'une histoire de vie moyenne (en jours) des juvéniles de bars européens calculés à partir des comptages des stries d'otolithes (N=22).**

Site	Durée de la résorption vitelline		Durée de la migration hauturière		Temps de résidence	
Estuaire de la Seine	17,40	2,88	60,00	15,89	48,00	30,41
Baie du Mont Saint-Michel	14,86	2,34	51,60	14,26	65,00	27,23
Estuaire de la Loire	13,60	1,52	63,00	6,28	83,20	38,07
Baie de d'Aiguillon	15,40	1,34	73,60	31,00	85,00	33,26
<b>Trajectoire moyenne</b>	<b>15,27</b>	<b>2,39</b>	<b>60,91</b>	<b>19,39</b>	<b>69,82</b>	<b>33,07</b>

### 3.5. Recrutement et gradient biogéographique

A l'aide des incréments journaliers, il est possible de reconstruire l'histoire de vie des individus provenant des différentes nourriceries littorales. Ainsi le tableau précédent synthétise les comptages des différentes stries et ceci en fonction des différentes phases précédemment décrites. Mais dans un premier temps, ces comptages ont permis de rétrocalculer les dates de ponte des juvéniles capturés. Dans un second temps ils ont autorisé la comparaison de la structuration des histoires de vie, c'est-à-dire la comparaison des histoires individuelles.

Le rétrocalcul des dates de pontes des juvéniles de bars indique de manière claire un gradient temporel des dates d'éclosion et donc de ponte. Les individus les plus au sud étaient les premiers à éclore le plus tôt dans la saison. Les individus des nourriceries situés en manche ouest étant moins âgés que ceux des nourriceries du golfe de Gascogne (Loire et Baie de l'Aiguillon) à la même date.

Les juvéniles capturés en baie de Seine ont éclos autour du 26/05/2005 ( $\pm 31$  jours). Les individus de la baie du Mont Saint-Michel quant à eux ont éclos aux environs du 18/05/2003 ( $\pm 19$  jours).

Chez les individus du golfe de Gascogne, les dates sont plus précoces. Pour l'estuaire de la Loire, les dates moyennes d'éclosion se situent la dernière semaine de février (26/02/2003  $\pm 35$  jours). Pour la baie de l'Aiguillon, la date moyenne de l'éclosion est située une semaine plus tard aux environs du 04/03/2003 ( $\pm 45$  jours).

Il apparaît clairement que les périodes de frai sont décalées entre les sous-populations du golfe de Gascogne et celles de la Manche ouest. Cependant, il est difficile de discriminer une ou plusieurs zones de frai à partir de ces données entre ces deux bassins. Cependant,

hormis les périodes décalées de frai, il est net que les périodes de ponte sont étalées. Sur chacun des sites, les individus recrutés présentent des âges différents et graduels. Les écarts d'âges pouvant être importants : 102 jours par exemple pour deux juvéniles de la baie de l'Aiguillon.

### 3.6. Histoires de vie et colonisation intertidale.

Afin de comprendre les liens intimes qui existent entre les juvéniles de bars et les nourriceries littorales, il est important de mettre en évidence des stratégies mises en place par les individus. La colonisation par les juvéniles des marais salés leur apportant une survie sélective, il est vraisemblable que plus l'arrivée sera précoce plus les chances de survie seront importantes.

Les histoires de vie individuelle des poissons étudiées sont synthétisées dans le Tableau 48. Il apparaît que les histoires individuelles sont différentes en fonction des individus et les sites. Cependant, diverses stratégies semblent se détacher de cette analyse. Ainsi certains individus, colonisent la zone intertidale très rapidement. Après quelque jours et une fois les réserves vitellines épuisées : E1, F3, G6 ou H3. D'autres individus quant à eux présentent une longue période de migration hauturière avant l'installation dans le marais. C'est notamment le cas pour E8, F9 et surtout H1.

Chapitre 4 : Reconstitution de l'histoire de vie des jeunes bars (*Dicentrarchus labrax* L.) de quatre nourriceries littorales de la façade ouest de la France par otolithochronologie.

**Tableau 48 : Informations relatives aux comptages des stries journalières de juvéniles de bars européens (*Dicentrarchus labrax* L.) capturés sur la façade ouest de la France. Les dates rétrocalculées sont transformées en numéro du jour du calendrier julien pour les calculs de moyennes. Les dates de captures sont indicatives. Les calculs sont effectués pour une date de capture similaire au 24/07/2003. La date d'installation est celle de la fin de la migration marine.**

Site	Poissons	Date de capture	longueur à la fourche en mm	Poids ind en g	Poids otolithe en mg	Nombre de stries entre deux sillons	Nombre de sillons	Durée de la résorption vitelline	Durée de la migration marine	Durée de fréquentation de la nourricerie	Age en jour	date d'éclosion rétrocalculée
Estuaire de la Seine	E1	13/09/2003	57	1,6538	2,425	2,4,8,8,10,7,2,3,3,2,2,1	12	17	38	35	73	30/06/2003
	E2	13/09/2003	68	4,1921	4,06	92,11,7,6	4	14	55	102	157	07/04/2003
	E6	13/09/2003	50	1,7044	2,349	8,19,4,6,5,2,4,4,	8	22	74	30	104	30/05/2003
	E8	13/09/2003	60	2,3738	2,841	17,10,6	3	17	77	33	110	24/05/2003
	E10	13/09/2003	62	2,7587	3,233	11,4,16,14,10,2	6	17	56	40	96	07/06/2003
			<b>59,4</b>	<b>2,5</b>	<b>3,0</b>		<b>6,6</b>	<b>17,4</b>	<b>60,0</b>	<b>48,0</b>	<b>108,0</b>	<b>147<sup>ème</sup> ± 31</b>
			6,6	1,0	0,7		3,6	2,9	15,9	30,4	30,8	26/05/2003
Baie du Mont Saint-Michel	F2	13/09/2003	87	6,611	5,552	9,8,3,8,10,4,4,4,4,2	11	14	66	36	102	01/06/2003
	F3	13/09/2003	73	4,85	4,538	5,8,4,5,5,5,2,3,3,4,2,10	13	13	33	63	96	07/06/2003
	F4	13/09/2003	70	3,9202	3,746	5,10,5,5,5,16,4,14,6,9	17	12	43	89	132	02/05/2003
	F5	13/09/2003	74	4,3807	3,98	3,4,3,6,7,4,3,10,5,6,7,5	12	15	52	48	100	03/06/2003
Pêcherie baie du Mont Saint-Michel	F6	13/09/2003	75	4,901	3,742	3,3,8,15,7,4,4,6,3,7,7,2,3,3,8,2,2,3	18	18	46	90	136	28/04/2003
	F8	13/09/2003	76	4,923	4,027	17,13,19,24,6,11,7	8	14	41	97	138	26/04/2003
	F9	13/09/2003	77	5,002	4,33	7,4,2,6,10,8,4,2,7	9	18	76	32	108	26/05/2003
			<b>76,0</b>	<b>4,9</b>	<b>4,3</b>		<b>12,6</b>	<b>14,9</b>	<b>51,6</b>	<b>65,0</b>	<b>116,0</b>	<b>139<sup>ème</sup> ± 19</b>
			5,4	0,8	0,6		3,8	2,3	14,3	27,2	18,5	18/05/2003
Estuaire de la Loire	G2	24/07/2003	83	6,2968	6,399	3,6,4,3,4,2,3,3,5,4,7,4,4,9	14	16	65	45	110	04/04/2003
	G4	24/07/2003	65	2,8982	3,495	12,10,4,7,8,4,6,11	8	13	68	90	158	16/02/2003
	G5	24/07/2003	66	3,1854	3,535	7,5	2	14	68	92	160	13/02/2003
	G6	24/07/2003	60	2,4567	3,016	24,8,6,6,9,6,6,16,16	9	13	53	139	192	12/01/2003
	G7	24/07/2003	78	5,4604	5,178	6	1	12	61	50	111	02/04/2003
			<b>70,4</b>	<b>4,1</b>	<b>4,3</b>		<b>6,8</b>	<b>13,6</b>	<b>63,0</b>	<b>83,2</b>	<b>146,2</b>	<b>58<sup>ème</sup> ± 35</b>
			9,7	1,7	1,4		5,4	1,5	6,3	38,1	35,3	26/02/2003
Baie de l'Aiguillon	H1	12/08/2003	83	6,9941	5,975	8,7,4,6,6	5	16	126	78	204	19/01/2003
	H3	12/08/2003	68	4,0414	3,89	8,6,10,4	4	16	46	88	134	29/03/2003
	H5	12/08/2003	72	4,1988	5,117	7,7,8,10,5	5	16	71	70	141	22/03/2003
	H6	12/08/2003	58	2,3604	2,569	8,6,15,5,6,14	6	13	69	139	208	15/01/2003
	H8	12/08/2003	59	2,326	2,865	8,6,7,9,10	5	16	56	50	106	26/04/2003
			<b>68,0</b>	<b>4,0</b>	<b>4,1</b>		<b>5,0</b>	<b>15,4</b>	<b>73,6</b>	<b>85,0</b>	<b>158,6</b>	<b>64<sup>ème</sup> ± 45</b>
			10,3	1,9	1,5		0,7	1,3	31,0	33,3	45,2	4/03/2003

Le tableau précédent présente les durées de migration hauturière (temps entre l'éclosion et l'installation dans le marais salés). Les durées moyennes avoisinent les 60 jours. Cependant, il existe de grandes disparités sur certains sites. En estuaire de la Loire, la moyenne de cette migration est de 63 jours ( $\pm 6,28$  jours) et les écarts sont faibles. En revanche, en baie de l'Aiguillon, cette migration prend en moyenne 73,6 jours ( $\pm 31,0$  jours). Un individu cumule même 126 jours entre l'éclosion et l'installation dans la nourricerie. Lors de sa capture le 12/08/2003, il présentait plus de la moitié de sa vie en migration (126 jours vs 78 jours). On peut s'interroger sur les performances de croissance de ces individus en dehors de la zone de nourricerie. En effet, les individus H1 et H6 ont des âges similaires avec respectivement 204 jours et 208 jours. Pour le premier la migration hauturière a duré 126 jours (78 jours de résidence dans le marais) alors que la migration hauturière de l'individu H6 a duré moitié moins longtemps avec 69 jours (139 jours de résidence dans le marais). Et bien contrairement au résultat attendu, l'individu H1 est plus grand (83 mm) que l'individu H6 (58 mm). Ceci semble indiquer que les individus en migration marine s'alimentent de manière profitable puisque leur croissance semblerait être supérieure à celle des individus fréquentant les zones de nourricerie. Mais ces observations doivent être validées sur un plus grand nombre d'individus.

## 4. Discussion

Dans le cadre des études des liens qui unissent les populations piscicoles côtières à la fonction de nourricerie des systèmes estuariens – marais salés intertidaux, l'otolithe se révèle un outil intégrant de nombreuses informations. Cependant, son utilisation nécessite de connaître la rythmicité du dépôt des stries ainsi que le cycle biologique dans ces grandes lignes doit être connu afin de valider les différentes écophases des individus.

### 4.1. Stries journalières et marques de stress.

Les études préalables qui se sont intéressées aux otolithes de bars européens ont été réalisées sur des bars provenant de méditerranée et/ou dans des élevages (Morales'Nin 1987). Comme durant ces études, la validation des stries journalières a pu être réalisée même chez



des individus provenant de la Manche et du golfe de Gascogne. L'approche que nous avons choisie dans cette étude a confronté des individus juvéniles (G0) sauvages provenant de quatre nourriceries littorales de la façade ouest de la France à des individus élevées en conditions viables mais extrêmement stressantes (fortes températures et fortes salinités).

Cette comparaison rare chez cette espèce intertidale est peu effectuée chez des espèces piscicoles côtières fréquentant des zones intertidales de manière générale. Elle nous a permis de mettre en évidence les liens intimes qui existent entre ces écosystèmes à géométries variables et les histoires de vie des jeunes poissons. Malgré une recherche et un recoupement de la rythmicité des sillons (marques spéciales) et les données climatiques et de marées, il ne nous a pas été possible de corréliser les sillons à une métrique particulière. Cependant, le plus grand nombre de sillons dans les zones à forts marnages laissent à penser qu'une des causes proviendrait de ces marnages ou d'un paramètre associé. Nous avons montré que dans des conditions stressantes de fortes températures, de fortes salinités et de faibles disponibilités en oxygène dissous les otolithes des poissons incrémentaient en vatérite. Or, du fait des forts marnages, les marais salés où les juvéniles s'alimentent ne sont accessibles que dans 43% des marées (Laffaille 2000). Les grandes surfaces d'estran présentes en baie du Mont Saint-Michel sont lors de ces grandes marées exposées au soleil et asséchées durant la journée (les marées hautes ayant lieu en début de journée et en fin d'après midi). Les juvéniles de bars sont alors exposés de manière involontaire aux balancements des marées et soumis à ces contraintes de réchauffements des eaux du mascaret et dissolution des cristaux de sels issus de l'évaporation des eaux relictuelles de ressuyage lors du jusant. Ainsi les paramètres extrêmement contraignant mais viables des conditions des claires aquacoles ne sont pas si éloignés des réalités en tout cas dans l'exemple de la baie du Mont saint-Michel.

Grâce aux études cristallographiques des otolithes de bars soumis à de forts stress, le lien entre fréquentations de la zone intertidale et l'apparition des sillons est très fortement suspecté. La production de vatérite lors de ces périodes de stress est un révélateur de la fréquentation de la zone intertidale. Les animaux qui colonisent le marais depuis peu de jours présentent peu ou pas de sillons, et plus les individus fréquentent le marais, plus les sillons sont nombreux. Le nombre de sillons est plus important également dans les zones à fort marnage comme en baie du Mont Saint-Michel.

#### 4.2. Histoires de vie et colonisation intertidale.

Les différences de stratégies de colonisation des nourriceries par les juvéniles de poissons soulèvent un certain nombre de questionnements. Ainsi les reproductions plus tardives en manche ouest induisent une arrivée plus tardive des juvéniles dans ces zones privilégiées d'alimentation. Mais les durées de colonisations ne sont pas plus longues pour autant (cf. chapitre 1). On peut alors se demander si l'effectivité de la fonction de nourricerie est de moindre qualité. Il n'est pas suffisant de prouver qu'un site peut accueillir de fortes densités de juvéniles pour conclure de la forte fonction de nourricerie de ces espaces. Beck et al. (2001) ont fortement insisté sur les liens qui unissent ces zones de nourriceries avec les zones fréquentées à l'âge adulte. Il est nécessaire de mettre en évidence de la même manière que dans cette étude les liens qui unissent les zones de frai – même si elles restent à identifier – et les habitats colonisés par les subadultes qui quittent ces zones de nourriceries estuariennes.

En tout état de cause, pour les juvéniles capturés dans les marais salés leur cycle se décompose en trois grandes étapes. La première est une période comprise entre l'éclosion et la résorption de la vésicule vitelline. Cette période dure en moyenne deux semaines (12-17 jours). Durant cette durée, les poissons sont en migration depuis les zones de frai et les eaux côtières.

Une période intermédiaire emmène ensuite les juvéniles vers les zones de nourricerie. Elle complète la migration marine ou hauturière. Cette période de transition présente de fortes variations entre les individus. Certains spécimens vont mettre 38 jours alors que d'autres vont mettre 126 jours. On peut s'interroger sur la proximité entre zone de frai et la nourricerie d'installation mais aussi sur le choix d'installation. On pourrait même pousser l'hypothèse plus loin en imaginant une non installation de certains individus. L'analyse de l'histoire de vie d'un des individus a montré que malgré une installation tardive, la croissance observée chez cet individu était loin d'être inférieure bien au contraire. Ainsi un contingent pourrait fréquenter à long terme les zones côtières sans jamais effectuer de colonisation des zones supposées de nourricerie.

Pour les individus présents dans les marais salés leur arrivée s'inscrit dans les otolithes par une première marque de stress (premier sillon) qui semble due au stress engendré par la fréquentation des zones intertidales. Une fois la première strie de stress marquée, les individus sont présents aux alentours des zones estuariennes ou tout au moins intertidales. L'utilisation

à proprement parler de la nurserie semble alors effective et pérenne puisque les individus présentent des sillons jusqu'à leur capture.

## 5. Conclusion

Avec les activités humaines qui contribuent à fragmenter les habitats côtiers, il est nécessaire de comprendre les liens et les connexions (connectivité) qui existent entre les estuaires et les zones adjacentes. La connectivité ne dépend pas exclusivement de la distance entre les taches (patches) mais surtout par la présence de corridors ou d'aire de transition et de repos (stepping stones) composés d'habitat naturel et de la capacité des poissons de se mouvoir librement sans subir des traitements qui pourraient être au détriment de leur capacité reproductrice ou de survie. Des liens entre des zones de frai situées au large et les zones de nurseries ont été noués grâce à l'étude des histoires de vie individuelles des juvéniles de bars européens de la façade ouest de la France.

De nombreuses études ont montré la capacité de production de jeunes poissons des complexes estuariens mais il reste encore à faire le lien entre les stocks exploités et les nurseries littorales, voire un certains nombres d'habitats préférentiels. La disparition de certains habitats préférentiels peut induire une diminution du renouvellement des stocks exploités par une réduction du recrutement (Gillanders 2005). C'est alors de manière plus globale (à l'échelle des métapopulations) qu'il faudra gérer les populations de poissons côtiers et les liens qui existent entre les espèces et leurs habitats privilégiés, en espérant qu'à cette échelle, certains écosystèmes gérés de manière durable pallieront les trop faibles apports de sites trop déstructurés, et notamment les zones estuariennes qui jouent un rôle clé de nurserie.

## 6. Remerciements

Cette étude a été possible grâce à la collaboration avec le Centre Commun d'Analyse de l'Université de La Rochelle de la collaboration des personnels du Centre de Recherche sur les Ecosystèmes Marins et Aquacoles de l'Houmeau. Nous tenons à remercier Philippe PINEAU du CREMA et Sylvain ROCHETEAU pour son travail précis et méticuleux dans le cadre de son stage de Master.

# **Conclusion générale et perspectives.**

## **Conclusion générale et perspectives.**

Nous nous proposons dans cette partie conclusive de tirer quelques enseignements des travaux présentés dans les tomes 1 & 2. Cette partie s'organisera autour de la synthèse des thèmes liés à l'étude des assemblages des peuplements piscicoles estuariens d'une part, et d'autre part, à la caractérisation de la fonction de nourricerie des systèmes estuaires marais salés intertidaux de la façade ouest de la France. Une partie finale s'intéressera à la mise en perspective de tels travaux et à leur viabilité dans les programmes de recherches mis en œuvre aujourd'hui.

### **1. Etude des complexes estuaires – marais salés intertidaux de la façade ouest de la France.**

Les populations piscicoles des complexes estuaires - marais salés de la façade ouest de l'Europe font l'objet de suivis qui ont été très peu coordonnées ces dernières années.

Des études spécifiques ou de peuplements sont effectuées par des groupes de chercheurs ou de gestionnaires. En effet, de nombreuses équipes s'intéressent soit à des populations soumises à une activité de pêche intensive (*ie Engraulis encrasicolus, Solea solea, etc.*) soit à un certains nombres d'espèces d'intérêts écologiques ou patrimoniales majeures dont les populations déclinent du fait des activités anthropiques (*Alosa alosa, Alosa fallax, Anguilla anguilla, Petromyzon marinus, Salmo salar, Salmo trutta, etc.*) ou ont quasiment disparu (*Acipenser sturio*).

En parallèle de ces deux grands types de programme de recherche, un certains nombre d'expertise sont effectuées dans les zones estuariennes afin d'effectuer, en conformité avec les législations nationales ou européennes, des états des lieux avant travaux (terminal méthanier de Donges est dans l'estuaire de la Loire, pont de Normandie dans l'estuaire de la Seine, *etc.*). Ces expertises ont généralement lieu dans le cadre de l'aménagement des zones tidales empiétant sur les vasières des grands estuaires ou de poldérisation de zones considérées comme insalubres ou peu productives (*e.g.* marais salés littoraux).

Dans le cadre des travaux présentés dans les chapitres précédents, nous avons tenté de lier les études spécifiques de certains sites (première description des peuplements en baie de Saint-Brieuc et en baie de l'Aiguillon) et issues d'expertises (Etat 2003 des lieux des nourriceries ligériennes) qui ont été traités simultanément. Cette mise en commun a permis de

mettre en évidence la complexité des systèmes mais aussi des financements liés à ces études essentielles mais généralement peu valorisées sur le plan théorique.

### 1.1. Objectifs de ce travail.

Les objectifs d'utilisation de ces deux sources de données ont justement été un des paris de ce travail. Ainsi nous avons extrait de ces inventaires classiques de nouvelles manières d'interpréter et d'appréhender l'étude des communautés de poissons au travers d'une approche fonctionnelle. Nous avons tenté de répondre à un certain nombre de questions :

- i) Quels sont les services rendus par ces espaces aux diverses espèces ?
- ii) Quels peuvent être les paramètres biotiques ou abiotiques qui structurent la colonisation des zones estuariennes contraignantes par des espèces dulçaquicoles et sténohalines marines ?
- iii) Tous les complexes (*ie* petits et grands, méso ou macrotidaux, sauvages ou anthropisés, *etc.*) jouent-ils les mêmes rôles vis-à-vis des populations piscicoles côtiers ?
- iv) Et enfin, les espèces présentent-elles les mêmes réponses comportementales et certains traits de vie sont-ils favorisés par les modifications des complexes estuariens ?

C'est cette approche originale de l'étude des populations de poissons au travers de ces interrogations qui nous a amené à nous focaliser sur la fonction de nourricerie. Du fait de l'importance de ces zones pour le recrutement et le renouvellement des stocks côtiers mais aussi du fait de la rareté des études approfondies et multispécifiques.

### 1.2. Mise en perspective du travail de thèse.

Afin de clarifier la notion de nourricerie, qui est dans la plupart des cas, imputée aux zones estuariennes par convention ou du fait de la présence de grande densité de juvéniles, nous avons initié un protocole de caractérisation de la fonction de nourricerie des complexes estuariens – marais salés intertidaux de la façade ouest de la France.

Ce travail a fait suite aux divers travaux initiés précédemment. Ainsi des travaux tels que ce de Mouny (1998) sur le suprabenthos, de Riou (1999) sur les poissons plats de l'estuaire de la Seine ou de Laffaille (2000) sur les peuplements de poissons de la baie du Mont Saint-Michel ont mis en lumière certaines limites quant à la notion de nourricerie et au rôle de nourricerie de tels systèmes. Ces trois auteurs définissent une zone de nourricerie exclusivement du fait des fortes densités de juvéniles. Le dernier auteur ajoute à cette notion quantitative la fonction alimentaire (qualitative) caractérisée par les régimes trophiques des jeunes qui leur permet une croissance et une survie différentielle.

En parallèle de ces travaux effectués en Manche, d'autres auteurs limités par cette notion floue ont proposé une définition plus exhaustive. Ainsi Beck *et al.* (2001) ont défini quatre critères déjà évoqué à de nombreuses reprises dans ce travail (grandes densités, pérennité de la fréquentation, alimentation de proies produites *in situ*, migration vers les sites fréquentés à l'âge adulte). C'est à partir de leurs réflexions que ce travail de recherche s'est engagé en tentant de répondre à ces quatre critères *via* l'utilisation de méthodologies de traçage d'une part des individus et d'autre part de la matière.

### *1.1.1. Etude des peuplements*

Il a donc été nécessaire de caractériser le rôle de nourricerie des systèmes estuariens en effectuant d'une part des inventaires et d'autre part de comprendre comment les zones estuariennes jouaient un rôle de nourricerie pour un certain nombre d'espèces. C'est cette approche fonctionnelle de ces écosystèmes qui a été initiée au travers d'une approche par guildes écologiques décrites par Elie *et al.* (1990).

Dans le cadre de la description des peuplements nous nous sommes très vite heurtés à la notion même de guildes écologiques qui du fait des inventaires multi sites diachroniques et synchroniques nous ont très rapidement montré leurs limites. D'autres guildes disponibles dans la littérature ont également été étudiées, sans résultat probant.

Les guildes trophiques ne possèdent pas de déclinaisons lorsque les régimes alimentaires évoluent entre les diverses cohortes. Les guildes reproductrices sont incomplètes du fait de la méconnaissance des périodes de reproductions ou du cycle biologique de certaines espèces comme l'éperlan (*O. eperlanus*) qui présentent des histoires de vie très complexes avec de multiples migrations entre les eaux côtières et les eaux de transition. Quant aux guildes généralement utilisées (Elliott & Dewailly, 2002). Les guildes écologiques

sont mêmes remises en cause par leurs auteurs et certaines espèces sont affectées à différentes guildes selon les auteurs.

C'est dans ce contexte de manque d'outils et de besoin de compréhension des fonctionnalités estuariennes que nous avons été amené à développer les guildes colonisatrices (Parlier *et al.* 2006), basées non plus sur des présences absences ou sur les comportements admis, mais sur une réalité de colonisation dépendant de la structure de l'écosystème étudié et des pressions qu'il peut subir (*e.g.* mesure de gestion trop orienté vers l'ornithofaune migratrice ou hivernante). Elles restent cependant encore peu finalisées et doivent faire l'objet de travaux complémentaires, notamment en prenant en compte des traits d'histoire de vie (quantifiable) afin de mettre en évidence des stratégies alternatives chez certaines espèces.

### 1.1.2. Etude spécifique du bar européen

En parallèle de la description de la structure, de la dynamique et de l'évolution des assemblages de poissons issus des inventaires effectués dans divers complexes estuariens de la façade ouest de la France (Manche et océan Atlantique), nous nous sommes focalisés sur le rôle joué par ces systèmes vis-à-vis du bars européens.

Confrontant nos résultats préliminaires (Parlier 2002a, 2002b) à une méthodologie d'investigation plus robuste et étendue à divers sites situés le long d'un gradient latitudinal, nous avons pu analyser des poissons prélevés dans le cadre d'autres études (Duhamel CSLHN, Guibert CREOCEAN) ou de campagnes océanographiques (Desaunay IFREMER). Les analyses des rapports isotopiques ont été effectuées en collaboration de personnels formés et aguerris dans le domaine (Richard CNRS-IFREMER), tout comme pour la sclérochronologie (LECOMTE-FINIGER CNRS-EPHE). La partie microchimie est le résultat d'une collaboration au sein de l'université de La Rochelle avec le centre commun d'analyse (CCA). Grâce à ces partenariats, l'analyse multi échelle a pu être menée à son terme. Il s'agissait très clairement d'identifier des traits de vie, des régimes alimentaires à l'échelle individuelle afin de comprendre les mécanismes de structuration de population se manifestant non seulement aux échelles locales de chaque nourricerie, mais également à l'échelle régionale de l'ouest de la France.

Les résultats synthétisés dans ce travail ont permis la :

- Mise en évidence de cinétique de colonisation différentielle entre les individus et les sites (durée, intensité),



- Mise en évidence des performances de croissance différentielle suivant le gradient latitudinal et les caractéristiques des systèmes analysés,
- Mise en évidence de la plasticité de comportement de colonisation des bars suivant le contexte métaécosystémique (marnage, anthropisation, taille, connectivité, *etc.*),
- Mise en évidence de la colonisation de la baie de l'Aiguillon par les juvéniles de bars
- Mise en évidence de l'utilisation de la matière produite *in situ* pour la croissance par traçage isotopique du carbone et de l'azote,
- Mise en évidence de l'impact des activités de gestion sur les régimes alimentaire des juvéniles de bars,
- Mise en évidence de la fréquentation pérenne de quatre nourriceries littorales par les bars,
- Mise en évidence de la possibilité de discrimination de quatre nourriceries littorales par microchimie des otolithes,
- Mise en évidence d'histoires de vie variées et de stratégies de colonisation alternative (?) des complexes estuaires marais salés intertidaux.

Ainsi, la caractérisation de la fonction de nourricerie pour les juvéniles de bars européens a permis de répondre à un certain nombre d'interrogations quant au cycle biologique de cette espèce. Un travail de DEA issu des données des bars adultes capturés sur les frayères de l'île de HOUAT (Nord du golf de Gascogne) a d'ores et déjà posé les jalons de la mise en évidence des liens entre nourriceries côtières (mais peut être pas estuariennes, voire non littorales) et stocks côtiers. Mais des analyses complémentaires sont encore nécessaires pour finaliser ce travail.

## 2. Perspective de travaux et conseils de gestion

### 2.1. Pérennité de telles études.

Tout au long de ce travail – tantôt d'expertise et tantôt de recherche – il est apparu un important besoin de compétences et de travaux relatifs à la compréhension des mécanismes de structuration et d'évolution des peuplements piscicoles des eaux côtières dites de transition (sensu DCE). Les travaux d'inventaires restent très largement insuffisants à l'échelle nationale et même internationale, pour pouvoir instruire les demandes d'aménagement des complexes estuariens dans une démarche de développement durable. Avec l'avènement des thématiques de biologie moléculaire et de modélisation et la réduction du nombre d'années de thèse, les échantillonnages de terrain séduisent de moins en moins de chercheurs, d'étudiant

ou de politiques hésitant à investir des sommes conséquentes dans des travaux entièrement dépendant des aléas climatiques.

Ainsi, il est tout à fait légitime de s'interroger sur la pérennité de telles études. Les moyens mis en œuvre aujourd'hui dans le cadre de la description et du suivi des populations de poissons dans les estuaires se réduisent de manière substantielle. Un des seuls programmes de suivis des populations est piloté par le *Cemagref* dans le contexte de la directive cadre européenne sur l'eau, avec un objectif de définition d'un indicateur simple. Mais hormis dans le cadre des GIS Seine et du GIP Loire, les données ainsi récoltées voire les échantillons eux-mêmes ne font pas l'objet d'étude approfondies. On peut alors se questionner sur la valorisation scientifique de tels chantiers et du coup se demander si les organismes de recherche se désengageant de tels programmes la systématisation de la réalisation de ces travaux de suivis et de description (biomonitoring) par des bureaux d'études privés.

## *2.2. Poursuite de travaux et perspectives.*

Dans le cadre des mes travaux engagés d'une part sur les peuplements de poissons, et d'autre part sur la caractérisation de la fonction de nourricerie, les pistes ne manquent pas. Cependant, il me paraît à la lumière des conclusions listées ci avant de se focaliser sur quelques objectifs primordiaux.

Tout d'abord, la notion de guildes. Bien que régulièrement utilisées et abondamment citées, les guildes ne permettent pas aujourd'hui une description rigoureuse du rôle, de la fonction ou de la colonisation des complexes estuariens. Il apparaît comme urgent et indispensable de mettre ces notions à plat tant au niveau européen que mondial afin de faire émerger de nouveaux concepts qui manquent cruellement en océanologie côtière.

Ensuite, les travaux initiés sur les banques de signatures chimiques doivent être poursuivis sous peine de perte des informations existantes. De gros travaux d'investigation pourraient permettre de cartographier au moins pour le bar le rôle de systèmes (suivant une typologie liée à la taille ou à l'anthropisation) estuariens pour conclure sur la contribution relative de ces systèmes au recrutement côtier.

Il est également essentiel de poursuivre les travaux sur les traits de vie qui permettent de comprendre les stratégies alternatives de colonisation des marais salés et estuariens par les poissons « transients », « settlers » suivant les définitions proposées dans le cadre de ce

travail. La colonisation des estuaires à des fins trophiques est elle obligatoire ? Quels sont les coûts pour les différentes populations d'une disparition des nourriceries littorales ?

Dans le même esprit, des chalutages au large des grandes baies à l'aide de petites mailles nous permettrons de capturer des juvéniles de bars ainsi de valider une des hypothèses issues de ce travail qui tend à indiquer de certaines jeunes individus transitent voire résident en dehors des systèmes tidaux, présentant alors une stratégie alternative et fréquentant alors des « nourriceries au large » indiquant la présence de contingents *i*) estuarien et *ii*) du large.

Enfin le développement de la microchimie par ablation laser semble inéluctable de fait la double analyse, permettant de traiter à la fois la dimension spatiale (signature) et la dimension temporelle (incrément).

## Littérature citée.

- Able, K. W. (2005). "A re-examination of fish estuarine dependence: Evidence for connectivity between estuarine and ocean habitats." Estuarine, Coastal and Shelf Science **64**(1): 5-17.
- Akin, S., E. Buhan, et al. (2005). "Fish assemblage structure of Koycegiz Lagoon-Estuary, Turkey: Spatial and temporal distribution patterns in relation to environmental variation." Estuarine, Coastal and Shelf Science **64**(4): 671-684.
- Almeida, P. R. (2003). "Feeding ecology of *Liza ramada* (Risso, 1810) (Pisces, Mugilidae) in a south-western estuary of Portugal." Estuarine, Coastal and Shelf Science **57**(1-2): 313-323.
- Amara, R. (2003). De la dynamique larvaire des poissons plats au fonctionnement des écosystèmes côtiers: Pour une meilleure compréhension du déterminisme du recrutement des poissons., Université de la Côte d'Opale: 116 p.
- Amara, R. et C. Paul (2003). "Seasonal patterns in the fish and epibenthic crustaceans community of an intertidal zone with particular reference to the population dynamics of plaice and brown shrimp." Estuarine, Coastal and Shelf Science **56**(3-4): 807-818.
- Aprahamian, M. W. et C. D. Barr (1985). "The growth, abundance and diet of 0-group sea bass, *Dicentrarchus labrax*, from the severn estuary." J. Mar. Biol. Ass. U.K. **65**: 169-180 pp.
- Araujo, F. G. et M. C. Costa de Azevedo (2001). "Assemblages of Southeast-South Brazilian Coastal Systems Based on the Distribution of Fishes." Estuarine, Coastal and Shelf Science **52**(6): 729-738 pp.
- Bagliniere, J.-L. et H. Le Louarn (1987). "Caractéristiques scalimétriques des principales espèces de poissons d'eau douce." Bull. Fr. Pêche Piscic. **306**: 1-39.
- Bagliniere, J.-L., C. Leclerc, et al. (1986). "Comparaison entre l'âge et la croissance déterminée par scalimétrie et otolithométrie chez la truite de mer (*Salmo trutta*)." Bull. Fr. Pêche Piscic.(301): 56-66.
- Baillon, N. (1991). Otolithométrie : revue et problèmes. Tissus durs et âges des vertébrés, Colloque National, Bondy, France, 4-6 mars 1991. Orstom/INRA: 21-52.
- Barnabé, G. (1976). Contribution à la connaissance de la biologie du loup *Dicentrarchus labrax* (L.) (Poisson Serranidae) de la région de Sète. Montpellier., Université des Sciences et Techniques du Languedoc,: 426.
- Bath, G. E., S. R. Thorrold, et al. (2000). "Strontium and barium uptake in aragonitic otoliths of marine fish." Geochimica et Cosmochimica Acta **64**(10): 1705-1714.
- Beaudouin, C. P., W. M. Tonn, et al. (1999). "Individual specialization and trophic adaptability of northern pike (*Esox lucius*): an isotope and dietary analysis." Oecologia **120**: 386-396.
- Beck, M. W., K. L. J. Heck, et al. (2001). "The Identification, Conservation, and Management of Estuarine and Marine Nurseries for Fish and Invertebrates." Bioscience **51**(8): 633-641.
- Bergahn, R., K. Ludemann, et al. (1995). "Differences in individual growth of newly settled 0-group Plaice (*Pleuronectes platessa*) in the intertidal of neighbouring Wadden Sea areas." Netherlands Journal of Sea Research **8**: 94-107.
- Bertignac, M. (1987). L'exploitation du bar (*Dicentrarchus labrax*) dans le Morbras (Bretagne sud). ENSA Rennes: 235.
- Bertin, L. (1958). Ecailles et sclérifications dermiques. Traité de zoologie, Agnathes et poissons : anatomie, éthologie, systématique. P. P. Grasse, Masson et Cie. **Tom III**: 924.
- Bilton, H. T. (1984). "Variations in scales sampled from different bdy areas of sockeye salmon yearling (*Onchorhynchus nerka*)." Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.(1297): 11.

- Bockelmann, A.-C. et R. Neuhaus (1999). "Competitive exclusion of *Elymus athericus* from a high-stress habitat in a European salt marsh." Journal of Ecology **87**(3): 503-513.
- Boesch, D. F. et R. E. Turner (1984). "Dependence of fishery species on salt marshes: the role of food and refuge." Estuaries **7**: 460-468.
- Bonnot-Courtois, C. et A. Dreau (2002). Cartographie morpho-sédimentaire de l'estran de la baie de Saint-Brieuc., Laboratoire de Géomorphologie et environnement littoral - DIREN Bretagne: 25.
- Bouchard, V., F. Digaire, et al. (1995). "Progression des marais salés à l'ouest du Mont-Saint-Michel entre 1984 et 1994." Mappemonde **4**: 28-34.
- Boulineau-Coatanea, F. (1968). "Etude anatomique et descriptive des otolithes (sagitta) du bar (Morone labrax) (*Poissons, Téléostéens, Perciformes, Serranidae*)." Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle 2ème série(Tome 40, N°3): 474-484.
- Boulineau-Coatanea, F. (1969). Contribution à l'étude du bar *Dicentrarchus labrax* (Linné). Paris, Université de Paris, Faculté des Sciences.: 121.
- Bragigand, V., C. Amiard-Triquet, et al. (2006). "Influence of biological and ecological factors on bioaccumulation of polybrominated diphenyl ethers in aquatic food webs." Science of the total environment in press corrected proof.
- Brouwer, S. L. et M. H. Griffiths (2004). "Age and growth of *Argyrozona argyrozona* (Pisces: Sparidae) in a marine protected area: an evaluation of methods based on whole otoliths, sectioned otoliths and mark-recapture." Fisheries Research **67**(1): 1-12.
- Brown, S., R. Cox, et al. (2003). "An overview of the "European Salt Marsh Modelling" project and a decision support system." Continental Shelf Research **23**: 1617-1634.
- C.A.R.E. (2000). Manual on generalized age determination procedures for groundfish. C. R. E. C. o. A. R. E. P. C. G. A. Technicals, Pacific States Marine Fisheries Commission: 42p.
- Cabana, G. et J. B. Rasmussen (1994). "Modelling food chain structure and contaminant bioaccumulation using stable nitrogen isotopes." Nature **372**: 263-257.
- Campana, S. E. (1999). "Chemistry and composition of fish otoliths: pathways, mechanisms and applications." Marine Ecology Progress Series **188**: 263-297.
- Campana, S. E. (2001). "Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods." Journal of Fish Biology **59**(2): 197-242.
- Campana, S. E. et J. M. Casselman (1993). "Stock discrimination using otolith shape analysis." Canadian Journal of Fisheries & Aquatic Sciences **50**(5): 1062-1083.
- Campana, S. E. et J. D. Neilson (1985a). "Microstructure of fish otoliths." Can. J. Fish. Aquat. Sci. **42**: 1014-1032.
- Campana, S. E. et J. D. Neilson (1985b). "Microstructure of fish otoliths." Can. J. Fish. Aquat. Sci. **42**: 1014-1032.
- Campana, S. E. et S. R. Thorrold (2001). "Otoliths, increments, and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations?" Can. J. Fish. Aquat. Sci. **58**(1): 30-38.
- Campana, S. E., S. R. Thorrold, et al. (1987). "Comparison of accuracy, precision, and sensitivity in elemental assays of fish otoliths using the electron microprobe, proton-induced X-ray emission, and laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry." Can. J. Fish. Aquat. Sci. **54**: 2068-2079.
- Carlander, K. D. (1982). "Standard intercepts for calculating lengths from scale." Trans. Amer. Fish. Soc.(111): 332-336.
- Castelnaud, G., E. Rochard, et al. (2000). Surveillance halieutique de l'estuaire de la Gironde: Suivi des captures 1998 Etude de la faune circulante 1999. CEMAGREF, CEMAGREF.
- Cattrijsse, A., E. S. Makwaia, et al. (1994). "Nekton communities of an intertidal creek of a European estuarine brackish marsh." Marine Ecology Progress Series **109**: 195-208.

- Charnov, E. L. et J. F. Gillooly (2004). "Size and temperature in the Evolution of Fish Life Histories." Integr. Comp. Biol. **44**: 494-497.
- Charnov, E. L., T. F. Turer, et al. (2001). "Reproductive constraints and the evolution of life histories with indeterminate growth." Proc. Nat. Acad. Sci. **98**(16): 9460-9464.
- Christensen, V. et D. Pauly (1998). "Changes in Models of Aquatic Ecosystems Approaching Carrying Capacity." Ecological Applications **8**(1 Supplement: Ecosystem Management for Sustainable Marine Fisheries): S104-S109.
- Claridge, P. N., I. C. Potter, et al. (1986). "Seasonal changes in movements, abundance, size composition and diversity of the fish fauna of the Severn estuary." Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom **66**: 229-258.
- Conover, D. O. et S. B. Munch (2002). "Sustaining Fisheries Yield Over Evolutionary Time Scales." Science **297**: 94-96.
- Craig, J. F. (1985). "Ageing in fish." Can. J. of Zoology **63**(1): 1-8.
- Créach, V., M. T. Schricke, et al. (1997). "Stable Isotopes and Gut Analyses to Determine Feeding Relationships in Saltmarsh Macroconsumers." Estuarine, Coastal and Shelf Science **44**(5): 599-611.
- Daan, S. et J. M. Tinbergen (1981). Adaptation of life histories. Behavioural ecology: an evolutionary approach. J. R. K. a. N. B. Davis. Oxford, Blackwell Science: 311-333.
- Daget, J. et J. C. Le Guen (1975). Les critères d'âge des poissons. Problèmes d'Ecologie: la démographie des populations de vertébrés. Paris, Lamotte et Bourlière, Masson Cie: 245.
- Dame, R. F. et D. M. Allen (1996). "Between estuaries and the sea." Journal of Experimental Marine Biology and Ecology **200**(1-2): 169-185.
- Dame, R. F., D. L. Childers, et al. (1992). "A geohydrologic continuum theory for the spatial and temporal of marsh-estuarine ecosystems." Netherlands Journal of Sea Research **30**: 63-72.
- Dauvin J.-C. (Coord.) (2002). Gestion intégrée des zones côtières: outils et perspectives pour la préservation du patrimoine naturel.
- Daverat, F., K. E. Limburg, et al. (2006). "Phenotypic plasticity of habitat use by three temperate eel species, *Anguilla anguilla*, *A. japonica* and *A. rastrata*." Mar. Ecol. Prog. Ser. **308**: 231-241.
- De Niro, M. J. et S. Epstein (1978). "Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals." Geochimica et Cosmochimica Acta **42**: 495-506.
- De Niro, M. J. et S. Epstein (1981). "Influence of fish diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals." Geochimica et Cosmochimica Acta **45**: 341-351.
- De Pontual, H., F. Lagardere, et al. (2003). "Influence of ontogenetic and environmental changes in the otolith microchemistry of juvenile sole (*Solea solea*)." Journal of Sea Research **50**(2-3): 199-211.
- Desaunay, Y., J. B. Perodou, et al. (1980). Etude des nurseries du littoral de Loire-Atlantique., Rapport ISTPM - OREAM: 66.
- Duchemin, F. (2001). Etude de la dynamique des communautés végétales d'un marais salés naturel en baie du Mont Saint-Michel (Réalisation d'une carte géoréférencée), Université de Caen: 10 p.
- Dufour, E. (1999). Implications paléoenvironnementales et paléoalimentaires des abondances isotopiques en carbone et en azote des poissons téléostéens. Paris, Univ. Marie Curie.: 198.
- Dufour, E. et D. Gerdeaux (2001). "Apports des isotopes stables ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ,  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ,  $^{36}\text{S}/^{34}\text{S}$ ,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) aux études écologiques sur les poissons." Cybiurn **25**(4): 269-382.
- Duhamel, S., G. De Roton, et al. (2002). Etat actuel de la ressource halieutique dans l'estuaire de la Seine. THEME IV Halieutique: populations, peuplements et habitats. P. S. Aval. CSLHN Le Havre, ECOBIO UMR 6553 Université de Rennes 1: 65 p.

- Duhamel, S., S. Mayot, et al. (2004). The fish community of the Seine Estuary : spatio-temporal structure, and typology of habitats for nursery management. ECSCA 38th Symposium, Changes in land uses: consequences on estuaries and coastal zones., Rouen, France.
- Edmonds, J. S., M. J. Moran, et al. (1989). "Trace elements analysis of fish sagittae as an aid to stock identification pink snapper (*Chrysophrys auratus*) in Western Australian Waters." Can. J. Fish. Aquat. Sci. **46**(50-54).
- Elie, P., E. Feunteun, et al. (1990). "The inshore brackish water domain on the french Atlantic coast: Ecological functions for the exploited species-impact of physical development." Bulletin d'Ecologie **21**(3): 33-38.
- Elliott, M. et Dewailly (1995). "The structure and components of European estuarine fish assemblages." Netherlands Journal of Aquatic Ecology **29**: 397-417.
- Elliott, M. et Hemingway (2002). Fishes in estuaries. London.
- Everson, I. (1980). "Méthodes de détermination de l'âge chez les poissons antarctiques." Cybiurn **3e série**(11): 41-59.
- Farrell, J. et S. E. Campana (1996). "Regulation of calcium and strontium deposition on the otolith of tilapia *Oreochromis niloticus*." Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: Molecular & Integrative Physiology **115A**: 103-109.
- Feunteun, E. (1994). Le peuplement piscicole du marais littoral endigué de Bourgneuf-Machecoul (France, Loire-Atlantique). Approche méthodologique pour une analyse quantitative de la distribution spatiale du peuplement piscicole et de la dynamique de certaines de ces populations. . Université de Rennes/Cemagref. doctorat: 236.
- Feunteun, E., A. Acou, et al. (1998). "Spatial distribution of an eel population (*A. anguilla*) in a small coastal catchment of Northern Brittany (France). Consequences of hydraulic works." Bull. Fr. Pêche Piscic. **349**: 129-139.
- Feunteun, E., D. Ombredane, et al. (2001). Ecologie des poissons des hydrosystèmes continentaux. Atlas des poissons d'eau douce de France. P. Keith et J. Allardi, Patrimoines naturels. MNHN. **47**: 387.
- Feunteun, E., C. Rigaud, et al. (1999). "Les peuplements piscicoles des marais littoraux endigués atlantiques : un patrimoine à gérer ? Le cas du marais de Bourgneuf-Machecoul. Fish communities of Atlantic littoral reclaimed marshes : a heritage to be managed ?" Bulletin français de pêche et pisciculture n°352: 63-79.
- Field, S. G., K. R. Clarke, et al. (1982). "A practical strategy for analyzing multispecies distribution patterns." Marine Ecology Progress Series **8**: 37-52.
- Forman, R. T. T. (1981). Interaction among landscape elements: a core of landscape ecology. Perspectives in landscape ecology. S. P. Tjallingii et A. A. De Veer. Veldhoven, The Netherlands: 35-48.
- Freytag, C. (1980). "Lenght, age and growth of *Notothenia rosii marmorata* (Fisher 1885), in the west antarctic waters." Arch. Fish. Wiss.(30): 39-66.
- Fristch, M. (2006). Traits biologiques et exploitation du bar commun (*Dicentrarchus labrax* L.) dans les pêcheries françaises de la Manche et du Golfe de Gascogne. Faculté des sciences de Brest. Brest, Université de Bretagne Occidentale. **Docteur**: 314.
- Fritsch, M. (2001). Le bar commun *Dicentrarchus labrax* en Atlantique Nord : modélisations à finalité halieutique. IFREMER, Centre de Brest, DRV / Ressources Halieutiques. Brest, Institut universitaire européen de la mer: 30 p.
- Fritsch, M., B. Guinand, et al. (2002a). Différenciation des stocks halieutiques du bar commun *Dicentrarchus labrax* (L.) en Manche et dans le golfe de Gascogne. Le premier colloque du défi golfe de Gascogne, BREST (France).

- Fritsch, M. et Y. Morizur (2002). Analyse spatiale de la répartition hivernale du bar basée sur les captures des chalutiers pélagiques en Manche et dans le golfe de Gascogne. Le premier colloque du défi golfe de Gascogne, BREST (France).
- Fritsch, M., J.-C. Poulard, et al. (2002b). Le bar commun en Atlantique Nord : Quelles évolutions ? Le premier colloque du défi golfe de Gascogne, BREST (France).
- Froese, R. et D. Pauly. (2006). "Fishbase." Froese R & Pauly D Editor Retrieved 02/2006, 2006.
- Gascuel, D. et A. Legault (1989). "Inventaire des poissons de la baie de l'Aiguillon *In* Rosoux, R. et Tournebize, T. La baie de l'Aiguillon, un site de grand intérêt écologique à protéger. Dossier d'instruction sur le projet de mise en place d'une Réserve naturelle dans la partie vendéenne de la baie de l'Aiguillon." PNR du Marais Poitevin val de Sèvre et Vendée, DRAE pays de Loire.: 32 p. + annexes et bibliographie.
- Gauldie, R. W. (1990a). "Phase differences between check ring locations in the orange roughly otolith." Can. J. Fish. Aquat. Sci. **47**: 760-765.
- Gauldie, R. W. (1990b). "Vaterite otoliths in opah and two species of sunfish." Acta Zoologica (Stockh) **71**: 193-199.
- Gauldie, R. W. (1993). "Polymorphic crystalline structure of fish otoliths." J. Morph. **218**: 1-28.
- Gauldie, R. W., A. Kellermann, et al. (1993). "On the evolution of the crystalline structure of catfish otoliths." Cybium **17**: 299-326.
- Geffen, A. J. (1983). "The disposition of otolith rings in atlantic salmon, *Salmo salar* L., embryos." J. Fish. Biol. **23**: 467-474.
- Gerdeaux, D. (1968). Ecologie du gardon (*Rutilus rutilus* L.) et du sandre (*Lucioperca lucioperca* L.) dans le lac de Créteil de 1977 à 1982. Etude de la ligulose du gardon. Thèse de Doctorat ès science. PARIS VI, Fac. Sci.: 161.
- Gillanders, B. M. (2002a). "Connectivity between juvenile and adult fish populations: do adult remain near their recruitment estuaries ?" Marine Ecology Progress Series **240**: 215-223.
- Gillanders, B. M. (2002b). "Temporal and spatial variability in elemental composition of otoliths: implications for determining stock identity and connectivity for populations." Can. J. Fish. Aquat. Sci. **59**: 669-679.
- Gillanders, B. M. (2005). "Using elemental chemistry of fish otoliths to determine connectivity between estuarine and coastal habitats." Estuarine, Coastal and Shelf Science **64**: 47-57.
- Gillanders, B. M. et M. J. Kingsford (2000). "Elemental fingerprint of otolith of fish may distinguish estuarine 'nursery' habitats." Marine Ecology Progress Series **201**: 273-286.
- Gillanders, B. M. et M. J. Kingsford (2003). "Spatial variation in elemental composition of three species of fish (Family Sparidae)." Estuarine, Coastal and Shelf Science **57**: 1049-1064.
- Gillanders, B. M., P. Sanchez-Jerez, et al. (2001a). "Trace elements in otolith of the two-banded bream from a coastal region in the south-west Mediterranean: are there differences among locations." Journal of Fish Biology **59**: 350-363.
- Gillanders, B. M., P. Sanchez-Jerez, et al. (2001b). "Trace elements in otoliths of the two-banded bream from a coastal region in the south-west Mediterranean: are there differences among locations?" Journal of Fish Biology **59**(2): 350-363.
- Gilliers, C., R. Amara, et al. (2004a). "Comparison of growth and condition indices of juvenile flatfish in different coastal nursery grounds." Environmental Biology of Fishes **71**(2): 189-198.
- Gilliers, C., T. Meziane, et al. (2004b). "Comparison of growth rates, morphometric and lipid indices to assess the habitat quality of juvenile sole (*Solea solea* L.) on different nursery grounds." Mar. Ecol. Prog. Ser.



- Gosline, W. A. (1966). "The limits of the fish family if Serranidae with notes on other lower percoids." Proc. Calif. Acad. Sci. **33**: 91-111.
- Gross, M. R. (1996). "Alternative reproductive strategies and tactics: diversity within sexes." Tree **11**(2): 92-97.
- Haines, E. B. et C. L. Montagne (1979). "Food sources of estuarine invertebrates analyzed using  $^{13}\text{C}/^{14}\text{C}$  ratios." Ecology **60**: 48-56.
- Halstead, B. W., P. S. Auerbach, et al. (1990). A colour of dangerous marine animals. Ipswich, England, W.S. Cowell Ltd.
- Harder, E. (1975). Anatomy of fishes. Stuttgart, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.
- Harrington, R. R., B. P. Kennedy, et al. (1998). " $^{15}\text{N}$  enrichment in agricultural catchments : field patterns and applications to tracking Atlantic salmon (*Salmo salar*)." Chemical Geology **147**: 281-294.
- Hasler, A. D. (1974). Coupling of land and water systems. New York, SpringerVerlag.
- Heath, M. R. (1992). "Field investigations of the early life stages of marine fish." Adv. Mar. Biol.
- Hesslein, R. H., K. A. Hallard, et al. (1993). "Replacement of sulfur, carbon and nitrogen in tissue as indicators of trophic level and fish migration in the lower McKenzie River Basin, Canada." Can. J. Fish. Aquat. Sci. **48**: 2258-2265.
- Hile, R. (1970). "Body-scale relation and calculation of growth in fishes." Trans. Amer. Fish. Soc.(3): 468-474.
- Hobson, K. A. et H. E. Welch (1995). "Cannibalism and trophic structure in a high arctic lake: insights from stable isotope analysis." Can. J. Fish. Aquat. Sci. **52**: 1195-1201.
- Huang, W.-B. et T.-S. Chiu (1997). "Daily increments in Otoliths and Growth Equation of Black Porgy, *Acanthopagrus schlegeli*, larvae." Acta Zoologica Taiwanica **8**(5): 121-131.
- Iles, T. D. et M. Sinclair (1982). "Atlantic herring: stock discreteness and abundance." Science **215**: 627-633.
- Jarvis, R. S., H. F. Klodowski, et al. (1978). "New Method of Quantifying Scale Shape and an Application to Stock Identification in Walleye (*Stizostedion vitreum vitreum*)." Transactions of the American Fisheries Society **107**: 528-534.
- Jaureguizar, A. J., R. Menni, et al. (2003). "Fish assemblage and environmental patterns in the Rio de la Plata estuary." Estuarine, Coastal and Shelf Science **56**(5-6): 921-933.
- Jearld, A. (1983). Age determination. Fisheries techniques. Blackburn, Nielsen L. Ed.: 324.
- Johnson, G. D. (1984). Development and Relationships. Ontogeny and Systematics of Fishes. M. G. H. [Ed], Spec. Publ. No. 1. Am. Soc. Ichthyol. Herpet. Allen Press, Lawrence, KANSAS US: 464-498.
- Jones, C. (1986). "Determining age of larval fish with otolith increment technique." Fish. Bull. **84**: 91-103.
- Keith, P. et J. C. Allardi (2001). Atlas des poissons d'eau douce de France, Patrimoines Naturels.
- Kelley, D. F. (1988). "The importance of estuaries for sea-bass, *Dicentrarchus labrax* (L.)." Journal of Fish Biology **33** (Supplement A): 25-33.
- Kipling, C. (1962). "The use of the scale of trout (*Salmo trutta* L.) for the back calculation of growth." J. Cons. Int. Explor. Mer. **XXVII**(3): 304-315.
- Kiriluk, R. M., R. Servos, et al. (1995). "Using ratios of stable nitrogen and carbon isotopes to characterize the biomagnification of D.D.E., Mirex and P.C.B. in a lake Ontario pelagic food web." Can. J. Fish. Aquat. Sci. **52**: 2660-2674.
- Kline, T. C. J. (1999). "Temporal and spatial variability of  $^{13}\text{C}/^{14}\text{C}$  and  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  in pelagic biota of Prince William Sound, Alaska." Can. J. Fish. Aquat. Sci. **56**(Suppl. 1): 94-117.

- Kneib, R. T. (1995). "Behaviour separates potential and realized effects of decapod crustaceans in salt marsh communities." Journal of Experimental Marine Biology and Ecology **193**(1-2): 239-256.
- Kneib, R. T. (1997a). "Early life stages of resident nekton in intertidal marshes,." Estuaries **20**: 214-230.
- Kneib, R. T. (1997b). "The role of tidal marshes in the ecology of estuarine nekton." Oceanography and Marine Biology: an annual review **35**: 163-220.
- Koutsogiannopoulou, V. et J. G. Wilson (2004). The fish assemblage of the intertidal salt marsh creeks in north bull island, Dublin bay: Seasonal and tidal changes in composition, distribution and abundance. ECSA 38th Symposium, Changes in land uses: consequences on estuaries and coastal zones, ROUEN.
- Kurata, K., H. Minami, et al. (2001). "Stable isotope analysis food sources for salt marsh snails." Marine Ecology and Progress Series **223**: 167-177.
- Laffaille, P. (2000). Relations entre l'ichtyofaune et les marais salés macrotidaux: l'exemple de la baie du Mont Saint-Michel. UMR 6553, Ecobio, Université de Rennes 1. RENNES, Université de Rennes 1: 202.
- Laffaille, P., S. e. b. Brosse, et al. (1998). "Role of fish communities in particulate organic matter fluxes between salt marshes and coastal marine waters in the Mont Saint-Michel Bay." Hydrobiologia **373-374**(0): 121-133.
- Laffaille, P., E. Feunteun, et al. (2002). "Can Thin-lipped Mullet Directly Exploit the Primary and Detritic Production of European Macrotidal Salt Marshes?" Estuarine, Coastal and Shelf Science **54**(4): 729-736.
- Laffaille, P., E. Feunteun, et al. (1999). "Feeding competition between two goby species, *Pomatoschistus lozanoi* (de Buen) and *P. minutus* (Pallas), in a macrotidal saltmarsh." Comptes Rendus de l'Academie des Sciences - Series III - Sciences de la Vie **322**(10): 897-906.
- Laffaille, P., E. Feunteun, et al. (2000a). "Composition of Fish Communities in a European Macrotidal Salt Marsh (the Mont Saint-Michel Bay, France)." Estuarine, Coastal and Shelf Science **51**(4): 429-438.
- Laffaille, P., J.-C. Lefeuvre, et al. (2000b). "Impact of sheep grazing on juvenile sea bass, *Dicentrarchus labrax* L., in tidal salt marshes." Biological Conservation **96**(3): 271-277.
- Laffaille, P., J.-C. Lefeuvre, et al. (2001a). "Feeding ecology of 0-group sea Bass, *Dicentrarchus labrax*, in salt marshes of Mont Saint-Michel bay (France)." Estuaries **24**(1): 116-125.
- Laffaille, P., J.-C. Lefeuvre, et al. (2001b). "Feeding ecology of 0-group sea bass *Dicentrarchus labrax* in salt marshes of Mont Saint-Michel Bay (France)." Estuaries **24**: 116-125.
- Laffaille, P., J.-C. Lefeuvre, et al. (2001c). "are young sea bass, *Dicentrarchus labrax* L. (Teleostei: Pisces), adapted to mussel cultures ?" J. Mar. Biol. Ass. U.K. **81**: 363-364.
- Laffaille, P., J.-C. Lefeuvre, et al. (2001d). "Are young sea bass, *Dicentrarchus labrax* L., (Teleostei: Pisces), adapted to mussel cultures ?" J. Mar. Biol. Ass. U.K. **81**: 363-364.
- Laffaille, P., J. Pétilion, et al. (2005). "Does the invasive plant *Elytrigia spp.* modify fish diet in tidal salt marshes ?" Estuarine and Coastal Shelf Sciences **65**(4): 739-746.
- Laffaille, P., L. Thieulle, et al. (2000c). "Composition du peuplement piscicole d'un petit estuaire anthropisé (Le Couesnon, France)." Bull. Fr. Pêche Piscic. **358**: 18.
- Larsonneur, C. (1989). La baie du Mont Saint-Michel et l'insularité du Mont. Le Mont Saint-Michel. C. Bordas. QUETEL.
- Le Breton, B. (2005). Rôle des Mugilidae dans les réseaux trophiques des schorres herbues de la baie de l'Aiguillon, Charente Maritime. Université de La Rochelle, CNRS, IFREMER.

- Rapport de stage de Master recherche 2ème année La Rochelle, Laboratoire de Biologie et d'Environnement Marins.: 55.
- Le Pape, O., F. Chauvet, et al. (2003a). "Relationship between interannual variations of the river plume and the extent of nursery grounds for the common sole (*Solea solea*, L.) in Vilaine Bay. Effects on recruitment variability." Journal of Sea Research **50**(2-3): 177-185.
- Le Pape, O., F. Chauvet, et al. (2003b). "Quantitative description of habitat suitability for the juvenile common sole (*Solea solea*, L.) in the Bay of Biscay (France) and the contribution of different habitats to the adult population." Journal of Sea Research **50**(2-3): 139-149.
- Le Pape, O., J. Morin, et al. (2000). Nursery grounds in the coastal zone of the eastern channel: Typology and management measures. IFREMER: 60 p.
- Lecomte-Finiger, R. (1992). "Growth history and age at recruitment of European glass eels *A. anguilla* as revealed by otolith microstructure." Mar. Biol.(114): 205-210.
- Lefeuvre, B. (2001). Etude de l'impact du pâturage par des bovins sur les prés salés de l'Anse d'Yffiniac., Université de Bretagne Occidentale: 94.
- Lefeuvre, J.-C., V. Bouchard, et al. (2000). "European salt marshes diversity and functioning: The case study of the Mont Saint-Michel bay, France." Wetlands Ecology and Management **8**(2-3): 147-161.
- Lefeuvre, J.-C., P. Laffaille, et al. (1999). "Do fish communities function as biotic vectors of organic matter between salt marshes and marine coastal waters?" Aquatic Ecology **33**(3): 293-299.
- Lefeuvre, J.-C., P. Laffaille, et al. (2003). "Biodiversity in salt marshes: from patrimonial value to ecosystem functioning. The case study of the Mont-Saint-Michel bay." Comptes Rendus Biologies **326**(Supplement 1): 125-131.
- Lepage, M., J. Lobry, et al. (2004). Structure des assemblages ichthyologiques dans les milieux de transition de type estuarien. C. à l. c. d. l. é. é. à. p. d. c. d. l. Gironde, CEMAGREF (Bordeaux) - Ministère de l'écologie et du développement durable: 93.
- Lidicker, W. Z. (1975). The role of dispersal in the demography of small mammals. Small Mammals: Their Productivity and Population Dynamics. K. P. F. B. Golley, and L. Ryszkowski (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.: 103-128.
- Lippitsch, E. (1990). "Scale morphology and squamation patterns in cichlids (teleostei, perciformes) : A comparative study." J. Fish. Biol. **37**: 265-291.
- Loire estuaire, m. d. b. (2000). Modélisation prospective de la Loire estuarienne TRANCHE N°2. Cahiers indicateur. ANNEXES : FICHES THEMATIQUES. S. générale, Agence de l'Eau Loire-Bretagne, Association Communautaire de l'Estuaire de la Loire, Communauté Européenne, Communauté Européenne, Port Autonome Nantes-Saint-Nazaire, Voies Navigables de France: 38.
- Loizeau, V., A. Abarnou, et al. (2001). "A model of PCB Bioaccumulation in the Sea Bass Food Web from the Seine estuary (Eastern English Channel)." Marine Pollution Bulletin **43**(7-12): 242-255.
- Lychakov, D. V. et Y. T. Rebane (2005). "Fish otolith mass asymmetry: morphometry and influence on acoustic functionality." Hearing Research **201**(1+2): 55-69.
- Mac Arthur, R. H. et E. O. Wilson (1967). Island Biogeography. Princeton N.J., Preinceton Univ. Press.
- Magnan, P. et G. J. Fitzgerald (1983). "Age scalaire et otolithique de l'omble des fontaines (*Salvenius fontinalis*) : comparaison et interprétation des faux annuli." Naturaliste can. (Rev. Ecol. Syst.) **110**: 149-154.
- Maillet, G. L. et D. M. Checkley (1991). "Strom-related variation in the growth rate of otoliths of larval Atlantic menhaden *Brevoortia tyrannus* : a time series analysis of biological and physical variables and implications for larval growth and mortality." Mar. Ecol. Prog. Ser. **79**: 1-16.

- Maitland, P. S. (1972). "Key to British freshwater fishes." Freshwater Biological Association Scientific Publication(N°27).
- Marchand, J. (1981a). "Les vasières de la Basse-Loire: leur rôle de nourricerie pour l'ichtyofaune. Compétition trophique interspécifique." L'écologie et l'environnement de la Loire: 187-240.
- Marchand, J. (1981b). Les vasières de la Basse-Loire: leur rôle de nourricerie pour l'ichtyofaune. Compétition trophique interspécifique. l'écologie et l'environnement de La Loire. A. Ed.: 187-240 pp.
- Marchand, J. et P. Elie (1983a). Contribution à l'étude des peuplements benthiques de l'estuaire de la Loire. Examens particuliers de la dynamique de la faune benthique, la dynamique de la biomasse microphytobenthiques. Rapport CSEEL: 159.
- Marchand, J. et P. Elie (1983b). Contribution à l'étude des ressources benthodémersales de l'estuaire de la Loire: biologie et écologie des principales espèces. Rapport CSEEL: 159.
- Marchand, J. et O. Schaan (1994a). Cartographie des peuplements benthiques de l'estuaire de la Loire de Mindin à Cordemais: BILAN 1994. Université de Nantes, Université de Nantes - ISOMER: 43 p. + annexes.
- Marchand, J. et O. Schaan (1994b). Cartographie des peuplements benthiques de l'estuaire de la Loire de Mindin à Cordemais: BILAN 1994. ISOMER: 43.
- Marchand, J. et O. Schaan (1995). Etat 1994 du rôle de nourricerie de l'estuaire de la Loire: De Mindin à Cordemais. ISOMER: 66.
- Marshall, S. L. et S. S. Parker (1982). "Pattern identification in the microstructure of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) otoliths." Can. J. Fish. Aquat. Sci. **39**: 542-547.
- Martino, E. J. et K. W. Able (2003). "Fish assemblages across the marine to low salinity transition zone of a temperate estuary." Estuarine, Coastal and Shelf Science **56**(5-6): 969-987.
- Maynard Smith, J. (1982). Evolution and the Theory of games.
- McCully, H. H. (1962). "The relationship of the Percidae and the Centrarchidae to the Serranidae as shown by the anatomy of their scales." Am. Zool. **2**: 247.
- McIlwain, J. L., M. R. Claereboudt, et al. (2005). "Spatial variation in age and growth of the kingfish (*Scomberomorus commerson*) in the coastal waters of the Sultanate of Oman." 73(3): 283-298.
- McLusky, D. S. (1989). The estuarine ecosystem. New York, Chapman & Hall.
- Menesson-Boisneau, C. (1990). Migration, répartition, reproduction et caractéristiques biologiques des aloses (*Alosa sp.*) dans le bassin de la Loire. Thèse de Doctorat ès sciences., Université de Rennes 1: 106.
- Methven, D. A., R. L. Haedrich, et al. (2001). "The Fish Assemblage of a Newfoundland Estuary: Diel, Monthly and Annual Variation." Estuarine, Coastal and Shelf Science **52**(6): 669-687.
- Meunier, F. et E. Joyeux (2003). Plan de gestion 2004-2008: Réserves naturelles de la Baie de l'Aiguillon. ONCFS-LPO: 165p.
- Meunier, F. J. (1987). "Structure et minéralisation des écailles de quelques osteoglossidae (osteichthyens, téléostéens)." Ann. Sci. Nat. Zool. **13ème série, Vol. 6**: 111-124.
- Minagawa, M. et A. Wada (1984). "Stepwise enrichment  $\delta^{15}\text{N}$  along food chain : further evidence and the relation between  $\delta^{15}\text{N}$  and animal age." Geochimica et Cosmochimica Acta **48**: 1135-1140.
- Minier, C., G. Caltot, et al. (2000). "An investigation of the effects of intersex fish in seine-maritime and sussex regions." Analisis **28**: 801-806.
- Morales'Nin, B. (1985a). "Características de los otolitos cristalinos de *Genypterus capensis*." Investigación pesquera **49**: 379-386.

- Morales'Nin, B. (1985b). "Influence of environmental factors on microstructure of otoliths of 3 demersal fish species caught off Namibia." S. Afr. J. Mar. Sci. **5**: 255-285.
- Morales'Nin, B. (1986). "Chemical composition of the otoliths of the sea bass (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758) (Pisces, Serranidae)." Cybium **10**(2): 115-120.
- Morales'Nin, B. (1987). Ultrastructure of the organic and inorganic constituents of the otoliths of the sea bass. Age and Growth of fish. R. C. Summerfelt et G. E. Hall. Ames, IOWA, Iowa State University Press: 331-343.
- Morales-Nin, B. (2000). "Review of the growth regulation processes of otolith daily increment formation." Fisheries Research **46**(1-3): 53-67.
- Morley, S. A., M. Belchier, et al. (2005). "Daily otolith increment validation in larval mackerel icefish, *Champscephalus gunnari*." Fisheries Research **75**(1-3): 200-203.
- Mouny, P. (1998). Structure spatio-temporelle du zooplacton et du suprabenthos de l'estuaire de la Seine; Dynamique et rôle des principales espèces dans la chaîne trophique pélagique. Muséum Nationale d'Histoire Naturelle, Laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins et de Malacologie. Paris, Muséum National d'Histoire Naturelle: 30 p.
- Moyle, P. P. et J. J. Cech (1982). An introduction in ichthyology.
- Mulligan, T. J., F. D. Martin, et al. (1987). "A method of stock identification based on the elemental composition of striped bass *Morone saxatilis* otoliths." Journal of Experimental Marine Biology and Ecology **114**: 241-248.
- Nelva-Pasqual, A. (1985). Biogéographie, démographie et écologie de *Chondrostoma nasus nasus* (L. 1758) (hotu, poisson, téléostéen, cyprinidé). Thèse d'Etat UER Sciences de la Nature. Univ. Lyon 1, Lyon 1: 349.
- Nolf, D. et G. L. Stringer (1996). "Cretaceous fish otoliths - a synthesis of the North American Record." Mesozoic Fishes - Systematics and Paleocology: 433-459.
- North, A. W., M. J. White, et al. (1980). "Age determination of antarctic fishes." Cybium **3e série**(8): 7-11.
- Odum, E. P. (1968a). "Energy flow in ecosystems: a historical review." American Zoology **8**: 11-18.
- Odum, E. P. (1968b). A research challenge; evaluating the productivity of coastal and estuarine water. Proceedings of the second sea grant conference, University of Rhodes Island.
- Odum, E. P. et E. J. Heald (1975). The detritus based food web of an estuarine mangrove community. Estuarine research. L. E. Cronin, Volume 1.
- Ombredane, D. et J.-L. Bagliniere (1992). Les écailles et leurs utilisations en écologie halieutique. Tissus durs et âges des vertébrés, Colloque National, Bondy, France, 4-6 mars 1991. Orstom/INRA: 151-192.
- Ottaway, E. M. (1978). "Rhythmic growth activity in fish scales." J. Fish. Biol. **12**: 615-623.
- Ottaway, E. M. et K. Simkiss (1977). "Instantaneous growth rates of fish scales and their use in studies of fish population." J. Zool. (Lond.) **181**: 407-419.
- Oustin, D. (2004). Etude et cartographie de la végétation des marais de l'Anse d'Yffiniac., Université de Rennes 1: 63.
- Palumbi, S. R. (1994). "Genetic divergence, reproductive isolation, and marine speciation." Ann. Rev. Ecol. Syst. **25**: 547-572.
- Pannella, G. (1980). Growth patterns in fish sagittae. Skeletal growth of aquatic organisms. D. C. Rhoads et R. A. Lutz. (Eds), Plenum press: 560.
- Parker, G. A. (1984). Evolutionary Stable Strategies. Behaviour ecology. J. R. Krebs et N. B. Davies. Sinauer: 30-61.
- Parlier, E. (2002). Dépendance des espèces piscicoles côtières à la fonction de nourricerie des systèmes estuariers - marais salés intertidaux. Mise en place de méthodes et premiers résultats en baie du Mont Saint-Michel. DEA Environnement : Milieux, Techniques et Sociétés. UMR

- Ecobio 6553, Muséum National d'Histoire Naturelle, Institut National d'Agronomie Paris Grignon, Université Paris VII Denis Diderot: 56 p.
- Parlier, E., F. Albert, et al. (2006). "Impact of vegetation structure dynamics and usage on the nursery function of West European tidal salt-marshes." Submitted in Cahier de Biologie Marine. **47**(1): 47-62.
- Parlier, E., F. Albert, et al. (submitted). "The "herbus" of Mont Saint-Michel Bay and the "mizottes" of Aiguillon Bay: Impact of human disturbance on the nursery function of tidal marshes." Submitted in Cahier de Biologie Marine.: 17.
- Parlier, E., S. Duhamel, et al. (2004a). Comparison of the littoral nurseries of Sea-Bass (*Dicentrarchus labrax*) of western France along a latitudinal gradient. ECSA 38th Symposium, Changes in land uses: consequences on estuaries and coastal zones, Rouen, France.
- Parlier, E. et E. Feunteun (2004). Les nourriceries ligériennes : De Donges au banc de Pipy. Etat 2003. F. 2727-ULR-CNRS, Laboratoire de Biologie et Environnement Marins: 69.
- Parlier, E. et E. Feunteun (2005). Contribution à l'étude de la structuration du peuplement piscicole des marais salés macrotidaux de l'Anse d'Yffiniac (réserve naturelle de la baie de Saint-Brieuc): Analyse multi-échelle., Parlier, E. & Feunteun (Coord.).
- Parlier, E., J. Pétilion, et al. (2004b). Perturbation de la fonction de nourricerie des marais salés littoraux par l'invasion biologique par le chiendent (*Elytrigia* spp.). Journées d'écologie marine de la SFE, Nantes, France.
- Pawson, M. G. (1995). Biogeographical identification of English Channel fish and shellfish stocks. LOWESOFT, Ministry of agriculture, fisheries and food directorate of fisheries research: 72.
- Pawson, M. G. et G. D. Pickett (1987). THE BASS (*Dicentrarchus labrax*) and management of its fishery in England and Wales. LABORATORY LEAFLET No. 59. LOWESTOFT, MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD DIRECTORATE OF FISHERIES RESEARCH: 37.
- Pawson, M. G., G. D. Pickett, et al. (2005). "The role of technical measures in the recovery of the UK sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fishery 1980-2002." Fisheries Research **76**(1): 91-105.
- Peterson, B. J. et B. Fry (1987). "Stable isotopes in ecosystem studies." Ann. Rev. Ecol. Syst. **18**: 293-320.
- Pétilion, J., F. Ysnel, et al. (2005). "Are the salt marsh invasions by the grass *Elymus athericus* a threat for two dominant halophytic wolf spiders ?" The Journal of Arachnology **33**: 236-242.
- Phillips, D. L., S. D. Newstone, et al. (2005). "Combining sources in stable isotope mixing models: alternative methods." Oecologia **144**: 520-527.
- Pickett, G. D., D. F. Kelley, et al. (2004). "The patterns of recruitment of sea bass, *Dicentrarchus labrax* L. from nursery areas in England and Wales and implications for fisheries management." Fisheries Research **68**(1-3): 329-342.
- Piferrer, F., M. Blazquez, et al. (2005). "Genetic, endocrine, and environmental components of sex determination and differentiation in the European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.)." Genral and Comparative Endocrinology **142**: 102-110.
- Piktich, E. K. et R. L. Demory (1988). "Assessment of scales as a means of aging dover sole." Trans. Amer. Fish. Soc. **117**: 345-349.
- Plounevez, S. et G. Champalbert (2000). "Diet, feeding behaviour and trophic activity of the anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.) in the Gulf of Lions (Mediterranean Sea)." Oceanologica Acta **23**(2): 175-192.
- Ponsero, A., J. Vidal, et al. (2004). Plan de gestion de la réserve naturelle de la baie de Saint-Brieuc 2004-2008. Volume A: 98.

- Quéro, J.-C. et J.-J. Vayne (1997a). Les poissons de mer des pêches françaises. Paris, Delachaux & Niestlé.
- Quéro, J.-C. et J.-J. Vayne (1997b). Les poissons de mer des pêches françaises. Paris.
- Quéro, J.-C. et J.-J. Vayne (1997c). Les poissons de mer des pêches françaises, Les encyclopédies du Naturaliste (Delachaux & Niestlé).
- Quignard, J. P. et M. Authem (1981). "Structure de la population de *Liza ramada* (poissons, Mugilidés) des côtes languedociennes de Carnon au Rhône. Age et croissance de ce poisson." Cybiurn(5): 49-63.
- Radkte, R. et J. M. Dean (1982). "Increment formation in the otoliths of embryos larvae and juveniles of the mummichog *Fundulus heteroclitus*." Fish. Bull. U.S. **80**: 201-215.
- Ray, G. C. (2005). "Connectivities of estuarine fishes to the coastal realm." Estuarine, Coastal and Shelf Science **64**(1): 18-32.
- Retière, C. (1979). Contribution à l'étude des peuplements benthiques du golfe normano-breton. Thèse de Doctorat, Université de Rennes 1.
- Richard, P. (2000). Etude des potentialités conchylicoles du Pertuis breton : Mise en évidence de l'utilisation des différentes sources de matière organique par traçage isotopique naturel. R. f. d. c. n.-à. l. D. D. d. l. A. e. d. l. F. d. Cahrente-Maritime. L'Houmeau, CREMA-L'Houmeau rapport interne: 40p.
- Richards, R. A. et C. Esteves (1997). "Use of Scale Morphology for Discriminating Wild Stocks of Atlantic Striped Bass." Transactions of the American Fisheries Society **126**(6): 919-925.
- Ricker, W. E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish population. OTTAWA.
- Riou, P. (1999a). Etude des nourriceries côtières et estuariennes de sole *Solea solea* et de plie *Pleuronectes platessa* en Manche Est. Importance écologique de l'estuaire de Seine. UFR Sciences de la Vie. CAEN, Université de CAEN/Basse Normandie: 119.
- Riou, P. (1999b). Etudes des nourriceries côtières et estuariennes de sole *Solea solea* et de plie *Pleuronectes platessa* en Manche Est. Importance écologique de l'estuaire de Seine. Physiologie, Biologie des organismes, populations, interactions. CAEN, Université de Caen - Basse Normandie: 119.
- Robinet, T. et E. Feunteun (2002). "Sublethal Effects of Exposure to Chemical Compounds: A Cause for the Decline in Atlantic Eels ?" Ecotoxicology **11**: 265-277.
- Rollin, S. (1993). Rapport de stage de Maîtrise Sciences et techniques "aménagement et mise en valeur des régions", Université de Rennes 1: 151.
- Rooker, J. R., J. Landry, A. M., et al. (2004). "Assessment of a shell bank and associated substrates as nursery habitat of postsettlement red snapper." Estuarine, Coastal and Shelf Science **59**(4): 653-661.
- Saillant, E., A. Fostier, et al. (2003). "Saline preferendum for the European sea bass, *Dicentrarchus labrax*, larvae and juveniles: effect of salinity on early development and sex determination." Journal of Experimental Marine Biology and Ecology **287**(1): 103-117.
- Sanchez-Jerez, P., B. M. Gillanders, et al. (2002). "Spatial variability of trace elements in fish otoliths: comparison with dietary items and habitat constituents in seagrass meadows." Journal of Fish Biology **61**(3): 801-821.
- Sauriau, P. G. (1990). Etude scientifique des causes et caractère de la mortalité du mullet dans l'estuaire de la Loire. Synthèse bibliographique, bilan des mortalités 1989. Report., Nantes, University of Nantes: 153.
- Schaan, O. et J. Marchand (1994). Cartographie des peuplements benthiques de l'estuaire de la Loire de Mindin à Cordemais. Etat 1994. UNIVALOIRE/PANSN: 43.
- Secor, D. H. (1999). "Specifying divergent migrations in the concept of stock: the contingent hypothesis." Fisheries Research **43**(1-3): 13-34.

- Secor, D. H. (2002). "Estuarine dependency and life history evolution in temperate sea basses." Fisheries Science **68**(Suppl. 1): 178-181.
- Secor, D. H., J. M. Dean, et al. (1991). Manual for otolith removal and preparation for microstructural examination. Darmouth Nova Scotia Canada, Bedford institute of oceanography.
- Secor, D. H., A. Henderson-Arzapalo, et al. (1995). "Can otolith microchemistry chart patterns of migration and habitat utilization in anadromous fishes?" Journal of Experimental Marine Biology and Ecology **192**(1): 15-33.
- Secor, D. H. et E. D. Houde (1998). "Use of larval stocking in restoration of Chesapeake Bay striped bass." ICES Journal of Marine Science **55**(2): 228-229.
- Secor, H. et J. R. Rooker (2005). "Connectivity in the life histories of fishes that use estuaries." Estuarine, Coastal and Shelf Science **64**(1): 1-3.
- Simkiss, K. (1974). Calcium metabolism of fish relation to ageing. The ageing of fish. T. B. Bagenal. Surrey England, Old Working: 1-12.
- Sire, J. Y. (1985). "Fibres d'ancrage et couche limitante externe de la surface des écailles du Cichlidae *Hemichromis bimaculatus* (Téléostéen, Perciforme) : données ultrastructures." Ann. Sci. Nat. Zool. 13ème série(7): 163-180.
- Sire, J. Y. et F. J. Gauldie (1983). "Fine structure of developing scales in the Cichlid *Hemichromis bimaculatus* (Pisces, Teleostei, Perciformes)." Acta Zoologica (Stockh) **64**(1): 1-8.
- Sire, J. Y. et F. J. Meunier (1981). "Structure et minéralisation de l'écaille d'*Hemochromis bimaculatus* (Téléostéens, Perciforme, Cichlidé)." Arch. Zool. Exp. Gén. **122**: 133-150.
- Smith, M. K. (1992). "Regional differences in otolith morphology of deep slope red snapper *Etilus carbunculus*." Can. J. Fish. Aquat. Sci. **54**: 795-804.
- Sobrino, I., F. Baldo, et al. (2005). "The effect of estuarine fisheries on juvenile fish observed within the Guadalquivir Estuary (SW Spain)." Fisheries Research **76**(2): 229-242.
- Sogard, S. M. et K. W. Able (1991). "A comparison of eelgrass, sea lettuce macroalgae, and marsh creeks as habitats for epibenthic fishes and decapods." Estuarine, Coastal and Shelf Science **33**: 501-519.
- Sparre, P. et S. C. Venema (1998). Introduction to tropical fish stock assessment. Rome, Rev. 2.
- Stearns, S. C. (1992). The evolution of life histories. New York, Oxford university press.
- Swain, A., B. B. Parrish, et al. (1980). Tagging salmon smolt in european rivers with special references to recaptures off west greenland in 1972 and earlier years. 176, Rapp. P.-V. Reun. Ciém: 93-113.
- Taylor, D. S., G. R. Poulakis, et al. (1998). "Estuarine reconnection of an impounded mangrove salt marsh in the Indian River Lagoon, Florida: short-term changes in fish fauna." Mangroves and Salt Marshes **2**(1): 29-36.
- Teal, J. et M. Teal (1962). "Energy flow in the salt marsh ecosystem of Georgia." Ecology **43**: 614-624.
- Tesch (1971). Age and growth. Fish production in fresh water, Blackwell Scientific Publication Oxford. **2ème édition**: 98-130.
- Thom, R. M., R. Zeigler, et al. (2002). "Floristic development patterns in a restored Elk river estuarine marsh, Grays harbour, Washington." Restoration ecology **10**(3): 487-496.
- Thorrold, S. R., S. E. Campana, et al. (1997). "Factors determining delta13C and delta18O fractionation in aragonitic otoliths of marine fish." Geochimica et Cosmochimica Acta **61**: 2909-2919.
- Tresher, R. E., P. L. Colin, et al. (1989). "Planktonic duration, distribution and population structure of Western and Central Pacific damselfishes (Pomacentridae)." Copeia **2**: 420-434.



- Tserpes, G. et N. Tsimenides (2001). "Age, growth and mortality of *Serranus cabrilla* (Linnaeus, 1758) on the Cretan shelf." Fisheries Research **51**(1): 27-34.
- Tsukamoto, K. et J. Aoyama (1998). "Evolution of freshwater eels of the genus *Anguilla*: a probable scenario." Env. Biol. Fish. **52**: 139-148.
- Tudela, S., I. Palomera, et al. (2002). "Feeding of anchovy *Engraulis encrasicolus* larvae in the north-west Mediterranean." Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom **82**(2): 349-350.
- Underwood, A. J. (1992). "Beyond BACI : the detection of environmental impacts on populations in the real, but variable, world." Journal of Experimental Marine Biology and Ecology **161**: 145-178.
- Valéry, L. (2001). Progression d'*Elytrigia atherica* dans un marais salé: incidence sur les flux de matière organique. ECOBIO UMR 6553. Rennes, Université de Rennes 1, Muséum National d'Histoire Naturelle: 38.
- Valéry, L., V. Bouchard, et al. (2004). "Impact of the invasive native species *Elymus athericus* on carbon pools in a salt marsh." Wetlands **24**(2): 268-276.
- Vander Zanden, M. J., M. Hulshof, et al. (1998). "Application of stable isotope techniques to trophic studies of age-0 smallmouth bass." Trans. Amer. Fish. Soc. **127**: 729-739.
- Via, S. et R. Lande (1985). "Genotype-environment interaction and the evolution of phenotypic plasticity." Evolution **39**(3): 505-522.
- Waldman, J. R. (1986). Systematics of *Morone* (Pisces: Moronidae), with notes on the lower percoids, City University of New-York, New-York.
- Walton, C. J. (1983). "Growth parameters for typical anadromous and dwarf stocks of alewives, *Alosa pseudoharengus* (Pisces Clupeidae)." Env. Biol. Fish.(9): 277-287.
- Weatherley, A. H. et S. C. Rogers (1978). Some aspects of age and growth. Ecology of fresh water and production. S. H. Gerking. Oxford, Blackwell Scientific Publication.
- Weinstein, M. P., L. S. Y., et al. (2000). "The role of Tidal Salt Marsh as an Energy Source for Marine Transient and resident Finfishes: A Stable Isotope Approach." Transactions of the American Fisheries Society **129**: 797-810.
- Whitfield, A. K., A. W. Paterson, et al. (1994). "A comparison of ichthyofaunas in two permanently open eastern Cape estuaries." South African Journal of Marine Sciences **29**: 175-185.
- Willie, S. N., J. W. H. Lam, et al. (2001). "On-line removal of Ca, Na and Mg from iminodiacetate resin for the determination of trace elements in seawater and fish otoliths by flow injection ICP-MS." Analytica Chimica Acta **447**(1-2): 143-152.
- Winemiller, K. O. et K. A. Rose (1992). "Patterns of life-history diversification in North-American fishes : implications for population regulation." Can. J. Fish. Aquat. Sci. **49**(10): 2196-2218.
- Yoneda, M., T. Sakai, et al. (2002). "Age and growth of the lizardfish *Saurida* sp. L. in the East China Sea using otolith ring marks." Fisheries Research **55**(1-3): 231-238.

# Annexes :

## Annexe 1 : Description de la phylogénie du bar européen :

Le bar européen (*Dicentrarchus labrax* L.) est un poisson téléostéen marin à gonochorisme différencié de la famille des Moronidae (étroitement lié aux hermaphrodites de la famille Serranidae). Beaucoup de mâles juvéniles possèdent des oocytes intra testiculaires, suggérant une certaine flexibilité sexuelle (Piferrer et al. 2005). Le bar commun appelé aussi bar européen, ou loup, appartient à l'ordre des Perciformes.

Les caractéristiques morpho-anatomiques du bar ont été décrites de manière précise par de nombreux auteurs tels que Boulineau-Coatanea (1969), Barnabé (1976) ou Bertignac (1987). L'aire totale de distribution du bar va, pour l'Atlantique Nord, de 30° N (côtes du Maroc), à 60° N (Mer d'Irlande, Mer du Nord et Baltique). Le bar européen a fait partie de divers groupes polyphylétique ou de genres proches ou de groupes très proches au fur et à mesure des analyses (*ie* génétique, etc.).



Figure 55 : Bar de 5Kg5 capturé le 24 juin 2005. (Photo benoît PONCELET).

Un bilan historique a été effectué par Secor (2002). Je vous propose de faire ici une synthèse de ces recherches. Le bar a changé de genre (*Morone* pour *Dicentrarchus*) et aujourd'hui encore son genre reste sujet à polémique, puisque certains auteurs emploient par

nostalgie ou par méconnaissance les deux genres. Sur la base de leurs critères anatomiques et de leur histoire de vie (notamment leur cycle de vie dans leurs premières années). Johnson (1984) a regroupé dans la famille des Moronidae les genres *Morone*, *Dicentrarchus*, *Lateolabrax* et *Sinoperca*. Avant cette proposition, ces genres étaient regroupés dans un groupe polyphylétique nommé Percichthyidae (Gosline 1966). *Lateolabrax* et *Sinoperca* ne furent ensuite plus inclus dans la famille des Moronidae, mais Waldman (1986) démontra que *Lateolabrax*, *Morone* et *Perca* (Percidae) présentaient de véritables affinités taxonomiques malgré leur appartenance à des groupes disparates. Ces similitudes comprenaient les processus de croissances épioccipitales et les dispositifs de croissances des écailles et des os préoperculaires.

Une étude effectuée très tôt sur le même sujet avaient proposée que les Familles des Moronidae, Lateolabracidae et Percidae formaient un groupe monophylétique (McCully 1962). Ensuite les analyses génétiques démontrèrent ce caractère monophylétique. Suggérant une phylogénie commune des bars (sea basses). Une similitude aux groupes des anguilles (Anguillidae) a été établie malgré des séparations géographiques (Atlantique et Océan Pacifique). Mais cette énigme scientifique fut résolue grâce aux traçages moléculaires réalisés sur des échantillons du Crétacé montrant que ces groupes étaient présents il y a 30 millions d'années dans la mer de Téthys alors fermée (Tsukamoto et Aoyama 1998). Une explication similaire a été proposée par Nolf & Stringer (1996) décrivant le comportement migratoire des bars appartenant à ce groupe monophylétique (au travers des otolithes fossiles).

Les trois bars (*Dicentrarchus labrax* a.k.a. *Morone labrax*, *Morone saxatilis*, *Lateolabrax japonicus*) appartiennent au même groupe monophylétique, d'autant que leur lignée a été suffisamment longue pour justifier leur migration de proche en proche dans les eaux peu profondes ainsi que leur distribution pan hémisphérique actuelle (Secor 2002).

**Annexe 2 : Curriculum vitae.****Emmanuel P. PARLIER** (28 ans)

Ingénieur écologue DCE  
 Cemagref  
 Ecosystèmes estuariens et poissons migrateurs amphihalins  
 50 Avenue de Verdun 33612 CESTAS  
 FRANCE  
 Tél: 05 57 89 09 91  
 Fax: 05 57 89 08 01  
 Courriel : [emmanuel.parlier@bordeaux.cemagref.fr](mailto:emmanuel.parlier@bordeaux.cemagref.fr)

**COMPETENCES:**

*Echantillonnages des communautés piscicoles estuariennes et côtières, recrutement, performance de croissance, dynamique de population, structuration des peuplements, guildes colonisatrices et écologiques, comparaisons inter-systèmes, microstructure des otolithes, M.E.B., traits d'histoire de vie, microchimie des otolithes, ICP-MS, ICP-OES, contenus stomacaux et régimes alimentaires, ratios isotopiques naturels, marquage vital, capture-recapture, impacts anthropiques, conseils d'aménagements et de gestion.*

**PARCOURS UNIVERSITAIRE**

**2006-07 Postdoctorat en écologie estuarienne.** Cemagref de Bordeaux. Equipe Ecosystèmes estuariens et poissons migrateurs amphihalins. Création d'un indice multimétrique de la qualité des masses d'eau à partir de la composante piscicole. Groupe de travail européen "poisson dans les eaux de transition" dans le cadre du GIG-NEA.

**2002-06 Doctorat d'océanologie biologique et environnement marins.** Centre de Recherche sur les Ecosystèmes Littoraux Anthropisés (CRELA) UMR 6217 IFREMER / CNRS / Université de La Rochelle. Directeur de Thèse : Pr. Eric FEUNTEUN. (*Soutenance automne 2006*).

*Thèse : Contribution à l'étude de la dépendance des espèces piscicoles côtières à la fonction de nourricerie des complexes estuaires – marais salés intertidaux de la façade ouest de la France. Le cas de l'estuaire de la Seine et de l'estuaire de la Loire, et des baies du Mont Saint-Michel, de Saint-Brieuc et de l'Aiguillon.*

**2002 D.E.A.: Environnement, Milieux, Techniques et Sociétés.** Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris). *Magna cum laude*. Encadrement : Pr. Eric Feunteun. Sujet: *Etude de la fonction de nourricerie des complexes estuaires – marais salés intertidaux : Développement de méthodes et premiers résultats en baie du Mont Saint-Michel.*

**2001 Maîtrise de Biologie des Ecosystèmes et des Populations.** Université de Rennes 1. *Cum laude*.

**2000 Licence de Biologie des Organismes.** Université de Rennes 1. *Cum laude*.

**1999 D.E.U.G. de Science de la Vie.** Université Catholique de l'Ouest. Guingamp.

## ACTIVITES DE RECHERCHE

### Thématiques

Etude des communautés de poissons côtiers et estuariens (différentes échelles de temps et d'espace) le long d'un gradient latitudinal (façade ouest de la France).

Dynamique de population, abondance et diversité, performance de croissance.

Etudes de régimes alimentaires de jeunes de l'année (*Morone labrax*) et d'adultes d'espèces résidentes (*Pomatoschistus minutus*).

Traçage de l'origine de la matière organique (terrestre vs marine) des proies et des muscles par l'analyse des ratios isotopiques naturels.

Reconstruction de l'histoire de vie individuelle de juvéniles de poissons à partir de la microstructure des otolithes.

Identification de l'origine de juvéniles de poissons par signatures microchimiques des otolithes.

Impacts des activités humaines sur les écosystèmes côtiers.

### Compétences

- Echantillonnages de poissons dans divers milieux (verveux, trémails, chaluts, pêche électrique)
- Bio monitoring (suivis et phénologie)
- Identification et taxonomies
- Dynamique de population, C.P.U.E.
- Ratios isotopiques naturels
- M.E.B., microstructure des otolithes
- ICP-MS & ICP-OES
- Ageage et performance de croissance
- Analyses multivariées
- Gestion intégrée de la zone côtière
- Management de ressources humaines et de projets, conseils de gestion
- Vulgarisation et diffusion des résultats et des connaissances

## EXPERIENCE DE RECHERCHE

- 2004-06 Expert scientifique** de l'Université de la Rochelle dans le cadre du groupe « poisson » (piloté par le *Cemagref*) du Groupe de travail national « DCE- eaux côtières et de transition » du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (M.E.D.D.).
- 2004 Opérateur autonome en M.E.B. (Microscopie Electronique à Balayage).** Centre Commun d'Analyse, Université de La Rochelle.
- 2003-04 Collaborateur scientifique.** Pêches électriques, inventaires piscicoles en Seine (estuaire). Programme Seine aval.
- 2004 Collaborateur scientifique.** Etude de la communauté benthique de la baie de l'Aiguillon. Collaborations U.E.
- 2004 Chargé de mission scientifique.** Etude de la fonction de nourricerie de l'estuaire de la Loire. Chalutage. Etat 2003 avant travaux. Port autonome de Nantes – Saint-Nazaire & CREOCEAN S.A.
- 2002 Opérateur terrain. FISHPASS S.A.R.L.** Pêches électriques, identifications et mesures de poissons d'eau douce.

- 2001 Stagiaire:** Université de Rennes 1 UMR6553 CNRS: Dynamique de population de *Anguilla anguilla* dans un petit fleuve côtier (Frémur 22). Utilisation de passes à poissons pour estimer la structure démographique.
- 2000 Stagiaire:** Coûts énergétiques de la reproduction, implications évolutives chez *Vipera aspis*. C.E.B.C. UPR 1934.
- 1999 Stagiaire:** Centre d'Etude Biologique de Chizé (C.E.B.C. CNRS UPR 1934). Dynamique de population de *Vipera aspis*. Marquage et recapture (tag). Domaine vital et stratégie de reproduction.

## ENSEIGNEMENTS

- 2002-06 Vacataire.** Université de La Rochelle. Département de Biologie (150 h). Ecologie des poissons (migration, reproduction et comportement de prédation, gestion des pêcheries, dynamique de population, relations entre les organismes, biologie et physiologie des vertébrés marins, gestion des zones humides et écologie récifale.
- 2002-06 Responsable de l'encadrement de stagiaires :** 30 par an (Licence, Maîtrise, DEA, DESS) échantillonnages, pêches électriques, arts dormants et traînants, identification de jeunes poissons, dynamiques de populations. Rédaction de rapports et de publications scientifiques. Soutenances.
- 2005 Organisateur et responsable du stage national de biologie subaquatique de Bréhat (22).** FFESSM Commission Environnement et biologie subaquatique.
- 2004 Intervenant I.F.B.S.** Stage national de biologie subaquatique de Trébeuden (22). FFESSM.

## PUBLICATIONS

- Parlier E.,** 2002. Reconstitution De L'histoire De Vie Des Poissons : *Apports De L'otolithométrie, De La Microchimie Et De L'isotopie Aux Relations Espaces - Espèces.*, DEA Environnement : Milieux, Techniques et Sociétés. Muséum National d'Histoire Naturelle, UMR Ecobio 6553, pp. 30 p.
- Parlier E.,** 2002. Dépendance Des Espèces Piscicoles Côtières À La Fonction De Nourricerie Des Systèmes Estuaires - Marais Salés Intertidaux. *Mise En Place De Méthodes Et Premiers Résultats En Baie Du Mont Saint-Michel*, DEA Environnement : Milieux, Techniques et Sociétés. Muséum National d'Histoire Naturelle, UMR Ecobio 6553, pp. 56 p.
- Parlier E.,** P. Laffaille, J. Pétilion, L. Valéry, F. Ysnel, A. Radureau, E. Feunteun, J.-C. Lefeuvre, 2005. Does the invasive plant *Elymus athericus* modify fish diet in tidal salt marshes ? *Estuarine Coastal and Shelf Science* **65**, 739-746 pp.
- Parlier E.,** Albert F., Cuzange P., Don J. & Feunteun E. 2006. The "herbus" of Mont Saint-Michel Bay and the "mizottes" of Aiguillon Bay: Impact vegetation structure disturbance on the nursery function of tidal marshes. *Cahier de biologie marine*. **47 (spécial issue)** : 47-62 pp.

- Bragigand V., Amiard-Triquet C., El Hourch M., **Parlier E.** & Boury P. 2006. Influence of biological and ecological factors on bioaccumulation of polybrominated diphenyl ethers in aquatic food webs. *Science of the total environment*. **In press corrected proof**
- Parlier E.**, Robert M., Bordes M., Duhamel S. & Feunteun E. **submitted in Journal of fish biology**. Discrimination of four Seabass (*Dicentrarchus labrax* L. a.k.a. *Morone labrax*) estuarine nurseries by otolith chemical analysis.
- Parlier E. & Brulay, F. in preparation**. La Loire, biodiversité cachée et gestion intégrée des zones estuariennes. Approche pluridisciplinaire et regards croisés. (Nature Science, Société).
- Parlier E.**, Lebreton B., Richard P., Feunteun E. **in preparation**. Studies of the nursery function of the protected areas of the Aiguillon Bay (France). Implication of saltmarshes' management on the nursery function for young-of-the-year Seabass (*Dicentrarchus labrax* L. a.k.a. *Morone labrax*). *A gut analysis and isotope ratios approach*.
- Parlier E.**, Bordes M., Lecomte-Finiger R. & Feunteun E. **in preparation**. Rebuilding of life history of young of the year sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) by S.E.M. imagery. *Links between spawning areas and coastal nurseries*.

#### **PRESENTATIONS AUX CONGRES ET COLLOQUES SCIENTIFIQUES**

- 2006 Parlier E., Lepage M., Girardin M., Boet P. & G. Bertrand**. Development of a fish based index for transitional water in France. 41<sup>th</sup> ECSA Symposium. Venice (Italia).
- 2005 Parlier E.** La baie de l'Aiguillon : Biodiversité cachée et gestion intégrée. Réunion annuelle du conseil scientifique de la réserve naturelle (RNBDA). 1 décembre 2005. *La Rochelle France*.
- Parlier E.**, Robert, M. & Feunteun, E. Rebuilding of life history of fish by atomic analysis (ICP-MS/ICP-OES). Discrimination of four coastal nurseries of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) from the western coast of France. SPECTRATOM 2005, 6 - 8 Avril 2005. *Pau, France*.
- 2004 Parlier E.**, Robert M., Feunteun E. otolith's fingerprints of four nurseries of Seabass (*Dicentrarchus labrax* L.) of the French West coast. Research sites PEVS/INSU Mont Saint-Michel Bay and its drainage basin, Brouage mudflats, 3 - 4 novembre 2004, *La Rochelle*.
- Duhamel S., Mayot S., Lefrançois T., Gouneau N., **Parlier E.**, Feunteun E. The fish community of the Seine Estuary : spatio-temporal structure, and typology of habitats for nursery management. 38<sup>th</sup> Symposium ECSA, September 2004, *Rouen, France*.
- Parlier E.** How to quantify which part of a fished stock of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) used one specific nursery during the first two years ? Methodology processes. Workshop Coastal ecology, 4-6 Octobre 2004, *Saint-Malo. France. Oral and poster presentation*.

**Parlier E.**, Duhamel S., Feunteun E. Comparison of the littoral nurseries of Sea-Bass (*Dicentrarchus labrax*) of western France along a latitudinal gradient. 38<sup>th</sup> Symposium ECSA, September 2004, Rouen, *France*.

**Parlier E.**, Pétilion J., Laffaille P., Ysnel F., Feunteun E. Disturbance of the nursery function of coastal saltmarshes induces by biological invasion by *Elytrigia sp.* Marine ecology meeting of the French Society of Ecology. May 2004, *Nantes. France*.

Pétilion J., **Parlier E.**, Laffaille P. Does the invasive species *Elytrigia atherica* modified nursery capacity and functions of saltmarshes of the Mont St-Michel Bay ? Functional ecology meeting. March 2004, *Rennes. France*.

**Parlier E.** (2004) How to quantify which part of a fished stock of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) used one known nursery during the first two years ? Symposium of Ph.D student of 2<sup>nd</sup> year. University of La Rochelle. *La Rochelle. Poster presentation*.

### **RAPPORTS D'EXPERTISE, PRIX & FILMS**

**2005 Parlier E.** & Feunteun E. (coord.). Structuration of the fish community of a macrotidal saltmarsh : the study case of the Anse of Yffiniac (protected areas of the Saint-Brieuc Bay). Multiscales analysis. (*comparison with the Mont Saint-Michel Bay and the Aiguillon Bay*).

**Parlier E. 1<sup>er</sup> prix du projet de l'innovation** du Conseil Régional Poitou-Charentes (Doctoriales 2005).

**2004** Duhamel S. Gouneau N., Lefrançois T., Mayot S., Perrot Y. **Parlier E.** & Feunteun E., 2004. Programme Seine Aval. L'estuaire dulçaquicole : distribution longitudinale de l'ichtyofaune et comparaison de différents types d'habitats. L'éperlan d'Europe : Synthèse des connaissances, croissance et reproduction dans l'estuaire de la Seine. Rapport final année 2003. : 55p.

Schwartz T., **Parlier E.**, Feunteun E. & Ysnel F. 2004. Study of benthic communities of the Rance river by scubasampling methods. Report for the local committee of politics and users of the Rance river (Comité Opérationnel des Elus et Usagers de la Rance (C.O.E.U.R.)). Expert's report. 11 p.

**Parlier E.** & Feunteun E. The Ligériennes nurseries : from Donges to Banc De Pipy. Situation for 2003. Laboratory of marine biology and environment. FRE 2727-ULR-CNRS. Expert's report (CREOCEAN-LBEM), Independant Harbour of Nantes / Saint-Nazaire (PANSN). 69 p + annexes.

**2004 Parlier E.** Patrimoine et Techniques d'inventaires en écologie sous-marine. 5'02. et Rencontre avec quelques cnidaires du littoral 9'04. Festival du film du très court métrage de vulgarisation scientifique de l'ADocs

**2003 Parlier E.**, Herlory O., Auguet J.-C., Leguerrier D. La vie c'est Trop-Phique 8'47. Prix du public et Prix du jury du Festival du film du très court métrage de vulgarisation scientifique de l'ADocs..



**AUTRE**

<b>Langues</b>	Français (langue maternelle). Anglais (maîtrise usuelle de l'anglais courant). Espagnol (scolaire).
<b>Logiciels</b>	Pack Office, Arcview, Studio Pinnacle v8, Photoshop v7, Minitab, Excelstat, Statboxpro, Endnote, Dreamweaver, Frontpage.
<b>Certificats</b>	Permis B. Permis côtier, Permis hauturier. Certificat de Radiotéléphoniste Restreint (maritime et fluvial).
<b>Associatif</b>	Membre de l'association de coopération décentralisée Côtes d'Armor-Agadez : Niger (depuis 1992). Président de l'association PECTEN_MARINE (association pour la promotion des activités subaquatiques et de l'écologie marine) depuis 2003.
<b>Plongée</b>	Divemaster (P.A.D.I.) vêtement sec, épave, nuit, profonde, photographie & vidéo sous-marine spéléo et plongée solo. Plongée archéologique CRESS (fouilles âge du bronze). Niveau 3 FFESSM (3* C.M.A.S.), Initiateur Fédéral de Biologie Subaquatique.
<b>Sports</b>	Badminton, long-board, roller, cerf-volant.
<b>Pays visités</b>	Angleterre (dont Jersey et Guernesey), Espagne, Algérie, Maroc, Niger (décembre 2005).

## Résumé

---

Les populations de poissons côtiers colonisent de manière plus ou moins fréquentes et à diverses écophases les complexes estuariens. Les marais salés constituent un des nombreux éléments de ces mosaïques d'écosystèmes soumis aux régimes tidaux. Dans ce travail de thèse deux niveaux d'intégration de l'utilisation fonctionnelle des complexes estuariens sont appréhendés.

Le premier constitue une approche descriptive de la composition des assemblages piscicoles au travers de l'analyse des guildes écologiques (Elie et al. 1990), et débouche sur la définition et la validation de guildes colonisatrices (Parlier et al. 2006). Elles sont définies puis critiquées au travers de l'étude des populations de poissons présentes dans quatre complexes estuariens – marais salés intertidaux de la façade ouest de la France : baie du Mont Saint-Michel, baie de Saint-Brieuc, estuaire de la Loire et Baie de l'Aiguillon.

Le second niveau s'attèle, quant à lui, à la caractérisation de la fonction de nourricerie au travers de la définition proposée par Beck *et al.* (2001). Un ensemble de méthodologies issues du traçage de la matière (études des contenus stomacaux et rapports isotopiques) et des individus (sclérochronologie et microchimie des otolithes) est mis en œuvre afin de valider, point par point, le rôle effectif de cinq continums estuariens-marais salés de la façade ouest de la France pour les juvéniles de bar européen (*Dicentrarchus labrax*) : Estuaire de la Seine et de la Loire, baies du Mont Saint-Michel, de Saint-Brieuc et de l'Aiguillon.

**Mots clés :** poisson, *Dicentrarchus labrax*, peuplement, nourricerie, performance de croissance, marais salés, Loire, Seine, baie de l'Aiguillon, baie de Saint-Brieuc, baie du Mont Saint-Michel, otolithe, sclérochronologie, microchimie, Sr:Ca, rapports isotopiques.