LES PEUPLEMENTS PISCICOLES DES MARAIS LITTORaux ENDIGUÉS ATLANTIQUES : UN PATRIMOINE À GÉRER ? LE CAS DU MARAIS DE BOURGNEUF-MACHECOUL (LOIRE-ATLANTIQUE, FRANCE).

E. FEUNTEUN (1), C. RIGAUD (2), P. ELIE (2) et J.C. LEFEUVRE (1)

(1) Laboratoire d'Évolution des Systèmes Naturels et Modifiés, MNHN-Université de Rennes 1, Avenue du Général Leclerc, 35042 Rennes Cedex, France.

(2) CEMAGREF, Unité Ressources Aquatiques Continentales, 50 avenue de Verdun, 33612 Cestas Cedex, France.

Reçu le 24 juin 1998

Accepté le 05 octobre 1998

Received 24 June, 1998

Accepted 05 October, 1998

RÉSUMÉ

Le Nord du marais breton recouvre une surface de 16 000 ha gagnée sur la baie de Bourgneuf à partir du 11^{ème} siècle. Il est parcouru par un réseau de fossés de 3 200 km connectés à des bassins d'origine salicole ou drainant des parcelles agricoles. La surface en eau ainsi obtenue s'établit à plus de 1 700 ha. Entre 1987 et 1989, 46 espèces de poissons ont été inventoriées mais la structure du peuplement est très différente dans le marais saumâtre et dans le marais dulcicole. La partie saumâtre sert de nursery ou d'habitat permanent à 26 espèces d'origine marine et perpétue, de manière relictuelle, les fonctions originelles jouées par la baie de Bourgneuf. 11 espèces sont présentes en hiver dans les bassins aquacoles où la biomasse moyenne s'établit à 310 kg/ha largement dominée par les anguilles. Le peuplement en eau douce est composé de 21 espèces et la biomasse moyenne s'établit à 315 kg/ha. Toutefois, d'importantes variations spatiales sont observées, les espèces se distribuant en fonction de la qualité et de l'accessibilité des habitats. Au cours de la période d'étude, la richesse du peuplement et sa biomasse ont chuté significativement. A l'origine, le peuplement était dominé par l'anguille (*Anguilla anguilla*) mais l'espèce a progressivement été remplacée par le poisson-chat (*Ictalurus melas*). Les causes naturelles et humaines de ces variations sont présentées et discutées.

Mots-clés : Poisson, peuplement, marais littoraux, anguille, nursery, abondance, gestion.

FISH COMMUNITIES OF ATLANTIC LITTORAL RECLAIMED MARSHES : A HERITAGE TO BE MANAGED ? THE CASE OF BOURGNEUF-MACHECOUL MARSH (WESTERN FRANCE).

ABSTRACT

The north of the Breton marsh extends over 16,000 ha reclaimed on the bay of Bourgneuf since the 11th century. It comprises 3,200 km of ditches which either are connected to former salt pans or drain cultures. The corresponding water surface is of

1,700 ha. Between 1987 and 1989, 46 fish species were censused but the structure of the fish community depended upon the salinity which is controlled by sluice gates. The brackish part serves as nursery and/or permanent habitat for 26 marine species, therefore conserving the original functions of the saltmarshes. A total of 11 fish species were present during winter in extensive aquaculture pans where the average biomass was 310 kg/ha largely dominated by eels. In freshwater parts, 21 species were listed and the average biomass was 315 kg/ha. Important variations were observed, the presence of fish species depending on quality and accessibility of habitats. During the study, the richness, the abundance of the community decreased significantly. The fish community was first dominated by eel (*Anguilla anguilla*) which decreased and was progressively replaced by brown bullhead (*Ictalurus melas*). The natural and human causes of such spatio temporal variations are listed and discussed.

Key-words : Fish, community, littoral marshes, eel, nursery, abundance, management.

1. INTRODUCTION

Les marais littoraux de l'Ouest de la France recouvrent environ 200 000 ha de terrains gagnés sur les estrans depuis le VII^{ème} siècle de notre ère (CLÉMENT, 1991). Selon les régions et les époques, ces travaux furent réalisés principalement pour créer des surfaces de production **salicole** (présence d'un réseau hydraulique arborescent alimentant des salines) ou **agricole** (réseau plus ou moins dense et ordonné, maillé ou arborescent, drainant des parcelles agricoles). Depuis le 19^{ème} siècle, le déclin de la saliculture s'est traduit par la mise en eau douce progressive de 40 % des territoires initialement gérés en eau salée. Il en résulte une diversité des paysages qui s'observe tant à l'échelle inter régionale qu'intra régionale. Toutefois, ces milieux variés possèdent tous un réseau hydraulique dense : 200 m de canaux par ha de marais à Bourgneuf, soit plus de 3 000 km au total (FEUNTEUN *et al.*, 1992 ; FEUNTEUN et MARION, 1994), ratio légèrement plus faible (130 m/ha) dans le marais de Moëze Brouage (GIRAUD, 1985). Si l'on extrapole ces résultats, les marais de l'Ouest de la France pourraient être drainés par quelques 20 000 km de fossés représentant un plan d'eau d'environ 10 000 ha.

Malgré l'importance de ce réseau hydraulique, les fossés et canaux de ces marais endigués n'ont fait l'objet que de rares approches ichtyologiques (MAILLARD, 1972 ; MARCHAND et RIGAUD, 1984 ; PENVERN, 1986). Une recherche informatique sur la base de données ASFA, croisant les mots-clés tels que « marais endigués, canaux, peuplement piscicole,... » n'a débouché sur aucune publication. Cette carence de recherche est d'ailleurs signalée à plus vaste échelle par la FAO (REDDING et MIDLEN, 1991), qui déplore la méconnaissance des ressources piscicoles, souvent importantes, des canaux de drainage et d'irrigation agricole à travers le monde.

Dans le marais de Bourgneuf des données ichtyologiques ont été collectées de 1987 à 1989 par le CEMAGREF de Bordeaux et l'Université de Rennes 1 à l'occasion d'une recherche financée par le Ministère de l'Environnement et axée sur l'analyse de l'impact de la colonie de hérons cendrés sur le peuplement piscicole du marais de Bourgneuf (FEUNTEUN et MARION, 1994). Dans ses chapitres concernant l'ichtyologie, cette étude a recensé 46 espèces et a estimé que la biomasse piscicole moyenne représentait plus de 300 kg/ha d'eau. Par ailleurs, l'importance de l'exploitation traditionnelle du stock d'anguilles a été mise en évidence. Enfin, l'importante variabilité spatiale et temporelle de la composition et de l'importance (densités, biomasses) des peuplements piscicoles a été révélée. Ainsi, par exemple, selon les fossés échantillonnés les biomasses estimées étaient comprises entre 0 et 2 120 kg de poissons par hectare (FEUNTEUN, 1994).

Devant l'intérêt potentiel tant scientifique qu'économique de ces résultats, le CEMAGREF de Bordeaux et l'Université de Rennes 1 ont pu poursuivre leur analyse entre 1990 et 1992 dans le cadre d'une étude soutenue par la Région, les Départements Vendée et Loire-Atlantique et les Ministères de l'Agriculture et de l'Environnement (RIGAUD et FEUNTEUN, 1992). Celle-ci visait à préciser les possibilités et les modalités de valorisation piscicole des divers types de surface en eau présents dans le marais (réseau de canaux, anciens plans d'eau, parcelles agricoles endiguées et alimentées en eau par pompage).

Nous regroupons dans cet article, une synthèse des principaux résultats concernant les réseaux de fossés aussi bien de la partie salée que de la partie dulcicole du marais. Les résultats sur cette dernière zone ont déjà fait l'objet d'une publication (FEUNTEUN *et al.*, 1992). Enfin cette démarche a donné lieu à une soutenance de thèse CEMAGREF/Université de Rennes 1 (FEUNTEUN, 1994).

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Site d'étude

Le Nord du Marais Breton représente une zone de 16 000 ha (Figure 1). Le site d'étude (marais de Bourgneuf-Machecoul, 3 655 ha au nord du Falleron) a été retenu parce qu'il comporte, dans un espace relativement réduit, l'ensemble des types de milieux répertoriés à l'échelle de l'ensemble du Marais Breton. On remarque en effet (i) une zone saumâtre de 960 ha, alimentée en eau de mer lors des marées de vives eaux grâce à la gestion des vannes du Collet ; (ii) une zone de 2 695 ha, gérée en eau douce par de multiples vannages (Fresne, Port la Roche, etc.).

2.2. Réseau et gestion hydraulique

2.2.1. Eau saumâtre

La partie saumâtre est entièrement d'origine salicole comme en témoigne l'omniprésence des ex-salines (Figure 2). Le réseau hydraulique s'organise de manière arborescente depuis les vannages de Millac et du Coef Barraud, où les profondeurs sont comprises entre 1,50 et 2 m, jusque dans les parties les plus éloignées du marais et les bassins ex-salicoles, les profondeurs atteignant 40 à 60 cm à ce niveau. La surface en fossés (hors Falleron) est de 30 ha soit une longueur totale de 137 km, et une largeur moyenne de 2,4 M. Les 363 bassins recouvrent une surface totale de 190 ha. La surface totale en eau s'établit donc à 223,5 ha, soit 23 % du marais saumâtre. L'eau est renouvelée par une série consécutive de chasses et de prises d'eau réalisées toutes les quinzaines, lors des marées de vives eaux, grâce aux manœuvres des vannages du Collet et de Millac. Les fluctuations de niveau sont alors brutales dans les fossés, elles peuvent ainsi varier de 2 m en quelques minutes au niveau de ces vannages. En amont du réseau, ces variations se font moins ressentir et dans les pièces d'eau elles peuvent être gérées de manière indépendante grâce à des bondes ou à des écluses piscicoles.

En hiver, les prises d'eau sont beaucoup plus irrégulières puisque la priorité est donnée aux évacuations d'eau douce excédentaire dans la partie dulçaquicole via le vannage du Fresne.

En période de gestion « estivale » la salinité oscille entre 15 et 20 pour mille. Toutefois, dans certaines zones mal renouvelées en eau de mer, la salinité peut atteindre 40 pour mille. A l'inverse, lorsque les précipitations sont importantes ou quand le marais saumâtre est parfois utilisé comme zone d'expansion des crues l'eau est pratiquement douce, à l'exception des pièces d'eau gérées de manière indépendante pour la pisciculture extensive ou l'aquaculture.

Figure 1

Relations entre la Loire et le marais de Bourgneuf-Machecoul. VC : vanne du Collet, VF : vanne du Fresne, VPR : vanne du Port la Roche.

Figure 1

Relations between river Loire and the reclaimed marsh of Bourgneuf Machecoul. VC : water gates of Collet, VF : water gates of Fresne, VPR : water gates of Port la Roche.

2.2.2. Eau douce

L'ouest de la partie dulçaquicole est d'origine salicole comme en témoigne la présence de nombreux bassins (Figure 3). A l'est on n'observe pas ces pièces d'eau, et l'analyse des relevés cadastraux du 19^{ème} indique que cette partie du marais n'a sans doute jamais été exploitée pour le sel. Le réseau hydraulique s'organise selon un maillage dont la densité moyenne est de près de 193 m de fossés de 2,9 m de large par hectare de marais, soit une surface de 151 ha pour l'ensemble de la zone d'étude. L'ensemble des 377 bassins de 3 610 m² en moyenne, recouvre 136 ha. Ainsi, en incluant les 8 ha de fossés du secteur poldérisé, le plan d'eau douce formé par l'ensemble des bassins et des fossés a une surface d'environ 287 ha soit 10,6 % de la zone d'étude gérée en eau douce.

La gestion des vannages vise à maintenir des côtes inférieures à 1,90 m NGF ancien en hiver de manière à limiter les périodes d'inondation des parcelles basses situées à l'arrière du marais, au pied du coteau. Il en résulte des variations brutales des niveaux

lorsque les vannes sont ouvertes pour évacuer les eaux excédentaires vers la mer. Par contre, en période estivale les débits des bassins versants alimentant le marais ne suffisent pas pour compenser les pertes occasionnées par les phénomènes d'évapotranspiration et d'infiltration, aussi le niveau d'eau a-t-il tendance à baisser, malgré le débit de soutien de 1 m³/s délivré par la station de pompage de la Pommeraie et dérivé de la Loire via le canal du Tenu (Figure 3).

Figure 2
Organisation arborescente du réseau d'étières de la partie saumâtre. V : vannages, Co : Collet, Mi : Millac, Fr : Fresne, Po : Polders, Gb : Gros Baron, Cb : Coef Barraud

Figure 2
Structure of the ditch network in the brackish part. V : watergates, Co : Collet, Mi : Millac, Fr : Fresne, Po : Polders, Gb : Gros Baron, Cb : Coef Barraud.

Figure 3

Délimitation des zones du marais dulçaquicole en fonction de la typologie du réseau hydraulique.

Figure 3

Identification of various zones in the freshwater marsh according to the hydraulic network.

2.3. Entretien des fossés

Les dépôts de vase étant de l'ordre de 6 cm/an, les hauteurs d'eau dans les fossés dépendent de la fréquence des curages et sont par conséquent très variables (moyenne et écarts types respectifs : 42 ± 42 cm pour une cote NGF de 1,90 m du plan d'eau douce ; 43 ± 42 cm pour la hauteur de vase). Le curage des fossés d'intérêt hydraulique collectif est réalisé à la pelle mécanique selon une fréquence de 5/7 ans environ. Il est à la charge des syndicats de marais. L'entretien des autres fossés est à la charge des propriétaires plus ou moins respectueux de cette obligation. Il semble d'ailleurs que les exploitants intéressés par les ressources aquatiques (pêche de l'anguille, grenouilles, rats musqués, etc.) figurent parmi ceux, de plus en plus rares, qui entretiennent encore régulièrement le marais. Ce type d'activité constituait il y a encore peu de temps un complément de salaire non négligeable pour beaucoup d'exploitants agricoles vivant dans le marais : jusqu'à 40 % du revenu de certaines exploitations (JÉGO, 1991).

Aujourd'hui la déprise agricole aidant, de plus en plus de parcelles du marais sont abandonnées ou sont louées par des fermiers habitant dans le bocage et n'exploitant pas les ressources aquatiques. Par conséquent l'entretien des fossés n'est plus réalisé que lorsque leur rôle de drains des parcelles agricoles et/ou de clôture commence à être défectueux. Cela se traduit par un morcellement de la qualité de l'entretien des fossés, par la remise en cause de la connectivité du réseau hydraulique et donc de la qualité de l'habitat piscicole décrit dans les chapitres suivants.

2.4. Techniques d'échantillonnage

2.4.1. En eau saumâtre

Afin de répondre aux questions posées dans le cadre de cette étude, le plan d'échantillonnage devait permettre d'aboutir à des données de plusieurs ordres.

- Des données sur les variations temporelles de la distribution et de la composition du peuplement.

Le peuplement étant *a priori* diversifié avec des individus de tailles très variables et à comportement pélagique ou benthique, 4 types d'engins ont été utilisés pour capturer toutes ces fractions du peuplement : bosselles (longueur 1 m, ouverture carrée de 40 à 60 cm de côté, un ou deux anchons) à mailles fines (1 mm) et à mailles grossières (4-5 mm) (poissons benthiques de toutes tailles et poissons pélagiques dans certaines stations), filets tramails (nappe centrale 30 mm et nappes externes, 15 mm nœud à nœud) pour les gros poissons pélagiques, filets coniques de type bongo (1,20 m de long, 60 cm de diamètre à l'ouverture, maille 1 mm) pour les poissons de petites tailles entraînés dans la lame d'eau lors des vidanges de marais.

- Des données quantitatives permettant d'estimer les stocks piscicoles.

Ces données ont été acquises à l'occasion de vidanges de marais piscicoles effectuées durant les hivers 1986, 1987 et 1988. Ces marais bénéficient d'un alevinage naturel pendant les périodes de prises d'eau grâce à un dispositif « anti retour » en forme d'entonnoir, localement appelé « bourgnon ». Ils sont vidés tous les 3 ans afin de les curer et de récolter les poissons (essentiellement des anguilles).

2.4.2. En eau douce

Les inventaires ont été réalisés suivant la méthode standardisée développée pour ce type de milieu stagnant (FEUNTEUN, 1994 ; LAMBERT *et al.*, 1994). Des pêches électriques (appareil de type « héron », courant continu 5-11 A et 250-350 V) ont été conduites dans 74 stations choisies au hasard dans le marais lors de 5 campagnes d'échantillonnage effectuées entre mai 1987 et septembre 1989. Les estimations d'abondance ont été obtenues après 2, 3 voire 4 passages consécutifs dans des stations isolées par des filets droits (3 mm nœud à nœud) distantes de 30 à 50 m. Les estimations d'effectifs sont obtenues selon la technique de CARLE et STRUB (1978).

3. RÉSULTATS

3.2. Partie saumâtre

3.2.1. Généralités

Au total, 28 espèces ont été répertoriées durant la période d'étude (Tableau I). Aucun poisson n'a été capturé par les filets maillants ce qui témoigne de la rareté, voire de l'absence, d'individus pélagiques de grande taille. Trois espèces observées se reproduisent en eau douce (potamotoques) le poisson-chat, la carpe et le saumon. Quatre espèces sont autochtones (elles passent toute leur vie dans le marais) : il s'agit de l'épinoche, du gobie *microps*, de l'athérine et du syngnathe (*rostellatus*). Les 21 autres espèces sont toutes d'origine marine (thalassotoques) et ne pourront pénétrer ou sortir du marais qu'à l'occasion des manœuvres de vannages. Selon leurs aptitudes à s'adapter aux conditions contraignantes de vie dans le marais, ces espèces coloniseront à des degrés divers le réseau hydraulique pour des périodes plus ou moins brèves.

Tableau I

Occurrences des espèces capturées dans les bosselles, les filets maillants et les bongos. Bos : bosselles ; Bon : bongos monolunette ; Mar : marais piscicoles, Fil : filets maillants. Espèces d'intérêt halieutique * dans le Golfe de Gascogne (ELIE *et al.*, 1990), ° dans le marais Breton (présenté étude). PL : postlarves - ; O+ : alevins de moins d'un an ; 1+ : poissons de moins de 2 ans ; >1+ : poissons de plus de 2 ans ; ? détermination de l'âge incertaine. Présence de l'espèce : +. Types : A, espèces apparaissant en automne ; S, espèces sédentaires ; P, espèces apparaissant au printemps ; C, espèces entraînées par les crues. Les espèces sont classées par ordre de densité et secondairement d'occurrence décroissante.

Table I

Occurrence of the species caught with traps (Bos), gill nets (Fil), dip nets (Bon) and by the fish pans (Mar). Commercial species * in the gulf of Gascogne (ELIE *et al.*, 1990), ° in the marsh of Bourgneuf. PL : post larvae, 0+, 1+, >1+ ages of fish, and ? uncertain age determination. +, presence of the species. Types : A, species occurring in autumn ; S, sedentary species ; P, species occurring at spring ; C, species drifted by floods. Species are listed in decreasing order of abundance and secondarily of occurrence.

	Espèce (Code)	Type	Bos	Bon	Mar	Fil	PL	O+	1+	>1+
Gobie (PMC)	<i>Pomatoschistus microps</i>	S	1	1	1	0	+	+	+	
Epinoche (EPI)	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	S	0,84	0,83	1	0	+	+	+	
Anguille (ANG)*° (subadulte civelle)	<i>Anguilla anguilla</i>	P	1	0,17	1	0	+	+	+	+
Mulets (MUG)*° (3 espèces)	<i>Chelon labrosus</i> , <i>Liza ramada</i> et <i>L. aurata</i>	P	0,34	1	0,80	0	+	+	+	+
Syngnathe (SYR)	<i>Syngnathus rostellatus</i>	S	0,31	0,33	0,80	0		?	?	?
Flet (PLF)°	<i>Platichthys flesus</i>	P	0,30	0,50	0,80	0	+	+	+	+
Bar (DIL)*	<i>Dicentrarchus labrax</i>	P	0,21	0,83	0,40	0	+	+	+	?
Athérine (ABO)	<i>Atherina boyeri</i>	S	0,19	0,50	1	0	+	+	+	+
Dorade (SPA)	<i>Sparus aurata</i>	P	0,04	0,17	0,40	0	+			
Gobie (PMN)	<i>Pomatoschistus minutus</i>	P	0,09	0,67	0	0		+	+	?
Gobie (APM)	<i>Aphia minuta</i>	P	0,06	0,50	0	0			+	?
Sole (SOV)*	<i>Solea vulgaris</i>	P	0,12	0	0,40	0		+	+	
Gobie (PPC)	<i>Pomatoschistus pictus</i>	P	0,16	0	0	0	+	+	+	
Merlan (MEM)*	<i>Merlangius merlangus</i>	A	0,11	0	0	0		+		
Motelle (CIM)	<i>Ciliata mustella</i>	A	0,10	0	0	0		?	?	
Poisson-chat (PCH)	<i>Ictalurus melas</i>	C	0,08	0	0	0		+	+	+
Tacaud (TLU)	<i>Trisopterus luscus</i>	A	0,05	0	0	0		+		
Carpe (CCO)	<i>Cyprinus carpio</i>	C	0,03	0	0	0			+	+
Gobie noir (GON)	<i>Gobius niger</i>	A	0,03	0	0	0			?	?
Lieu jaune (PLV)*	<i>Pollachius pollachius</i>	A	0,03	0	0	0			+	
Saumon (SAL)*	<i>Salmo salar</i>	A	0,01	0	0	0				+
Sprat (SPR)	<i>Sprattus sprattus</i>	P	0	0,83	0	0	+	+		
Hareng (CLH)*	<i>Clupea harengus</i>	P	0	0,67	0	0	+	+		
Plie (PLP)*	<i>Pleuronectes platessa</i>	P	0	0,17	0	0	+			
Sardine (SAR)*	<i>Sardina pilchardus</i>	P	0	0,17	0	0	+			
Anchois (ENG)	<i>Engraulis encrasicolus</i>	P	0	0,17	0	0	+			

3.2.2. Distribution spatio-temporelle

3.2.2.1. Espèces présentes au printemps

La baie de Bourgneuf a été repérée depuis longtemps comme une aire de nursery importante pour de nombreuses espèces marines (DESAUNAY *et al.*, 1981). Au printemps,

on observe ainsi de fortes densités de larves et d'alevins en mer, à proximité des vannages du marais de Bourgneuf où des quantités importantes de ces poissons sont entraînées lors des prises d'eau. Nous avons capturé des larves de 16 espèces (type P, Tableau I) de poissons durant les prises d'eau printanières. Les 4 clupéiformes (sprat, hareng, sardine et anchois) recensés et la plie se cantonnent dans la partie aval du réseau hydraulique, dans les zones profondes à proximité des vannes et sont évacuées vers la mer à la première vidange. Les 10 autres espèces colonisent activement l'ensemble du réseau hydraulique pour en exploiter les ressources trophiques pendant quelques semaines. Après cette période de croissance, les espèces sortent du marais dès le milieu de l'été pour le flet ou à l'apparition des premiers froids hivernaux pour les autres. Enfin l'anguille colonise activement l'ensemble du réseau hydraulique, y compris les salines, pour s'y établir plusieurs années jusqu'à la migration de retour vers la mer des Sargasses.

3.2.2.2. Espèces pénétrant en automne

6 espèces sont entraînées dans le marais uniquement pendant les tempêtes automnales, il s'agit surtout de jeunes gadidés de moins d'un an ou de moins de 2 ans, de gobies noirs à tous les stades et parfois même de jeunes salmonidés (capture d'un smolt de saumon de 29 cm !) (type A, Tableau I). Ces poissons se cantonnent dans les parties aval du réseau hydraulique et retournent en mer lors de la vidange suivant leur introduction fortuite.

3.2.2.3. Espèces entraînées avec les crues

Durant les périodes de fortes pluies, le marais saumâtre sert de zone d'expansion des crues. Il reçoit alors les eaux du marais dulçaquicole et certains des poissons qui s'y trouvent (type C, Tableau I). Le réseau hydraulique du marais saumâtre peut alors être entièrement colonisé par des espèces dulçaquicoles, comme les poissons-chats et les carpes, qui sont alors vouées à une mort certaine à plus ou moins brève échéance, dès les prises de marées suivant les crues.

3.2.2.4. Espèces sédentaires

Il s'agit des 4 espèces (type S, Tableau I) capables de boucler leur cycle biologique à l'intérieur du marais saumâtre. Elles sont euryèces et peuvent effectuer des déplacements entre les parties amont, les plus confinées, et aval du réseau hydraulique (profondeur et influence marine plus grandes).

3.2.2.5. Espèces présentes dans les plans d'eau en hiver

Les marais piscicoles étant vidangés tous les trois ans, le peuplement piscicole présent en hiver lors des vidanges est la résultante des alevinages naturels successifs (Figure 4). Seules les 11 espèces les plus euryèces peuvent survivre aux variations saisonnières extrêmes de température, de salinité et de taux d'oxygène dissous qui sévissent dans ces bassins.

3.2.3. Estimation des abondances.

Cette estimation n'a pu être réalisée que dans les bassins lors de leur vidange hivernale. Les effectifs sont dominés par les espèces sédentaires (gobies, épinoches et athérines), mais la biomasse totale, de près de 310 kg/ha, est largement dominée par l'anguille (236 kg/ha) (Figure 4).

	Station	PMC	EPI	ANG	ABO	MUG	PLF	SYR	DIL	SOV	SPA	Total 1	Total 2
Densité (nb/ha)	A	P	P	3 325	P	1 610	270	P	0	0	0	5 205	
	B	P	P	1 491	P	460	172	P	84	24	8	2 239	
	C	10 700	30 030	6 500	1 465	0	0	225	0	0	0	6 500	42 420
	D	32 700	1 660	389	3 930	476	203	0	79	27	23	1 603	38 290
	E	P	P	6 996	P	80	370	P	0	0	0	7 446	
	Moy	21 700	15 845	3 740	2 698	525	203	113	33	10	6,2	4 599	40 355
	Ecart T	15 556	20 061	2 944	1 743	644	137	159	45	14	10	2 580	2 920

	Station	PMC	EPI	ANG	ABO	MUG	PLF	SYR	DIL	SOV	SPA	Total 1	Total 2
Biomasse (Kg/ha)	A	P	P	287	P	52	45	P	0	0	0	384	
	B	P	P	173	P	60	34	P	1,5	1,5	1,6	271,6	
	C	2,8	19	136,5	1,1	0	0	0,04	0	0	0	136,5	22,94
	D	12,5	1,1	41	5,5	15	37	0	3	2	1,6	173,6	19,1
	E	P	P	560	P	1	16	P	0	0	0	577	
	Moy	7,7	10,1	240	3,3	26	26	0,02	0,9	0,7	0,64	309	21
	Ecart T	6,9	12,7	200	3,1	29	18	0,03	1,3	1	0,88	178	3

Figure 4

Abondance des espèces dans les bassins piscicoles. Total 1 : toutes les espèces, Total 2 : espèces de petite taille. Les codes d'espèces sont identifiés dans le tableau I.

Figure 4

Abundance of the species in the fish farm pans. Total 1 : all species ; total 2 : small species. The species codes are explained in table I.

4. LE PEUPLEMENT ICTHYOLOGIQUE DE LA PARTIE DULÇAQUICOLE

4.1. Généralités

Le peuplement comporte 21 espèces dont 2 sont amphihalines : il s'agit de l'anguille et de l'éperlan (Tableau II). Ces deux espèces doivent obligatoirement franchir les obstacles que constituent les vannages du Fresne et du Collet pour pouvoir coloniser ensuite le marais doux. Les 19 autres espèces sont dulçaquicoles, mais seules 11 d'entre elles se reproduisent dans le marais.

Le peuplement est dominé par les anguilles présentes dans 95 % des échantillons, les poissons-chats, les brèmes et les perches soleil, espèces présentes dans plus de 50 % des stations. Cette dominance du peuplement par ce groupe faunistique permet de comparer le marais à la zone des brèmes de la biotypologie des cours d'eau de VERNEAUX (1977), bien que de nombreuses différences soient observées par rapport à cette classification. La présence d'espèces caractéristiques de la zone à barbeaux (ablettes,

chevaines), ainsi que de la zone à truites (vairons, loches) témoigne des apports des petits bassins versants alimentant le marais. Les 2 espèces piscivores (sandres et perches) sont relativement rares : elles sont présentes dans moins de 25 % des stations. Enfin, on peut s'étonner de la quasi-absence du brochet alors que ce type de milieu est *a priori* favorable à cette espèce, comme en témoigne son abondance avant l'implantation du vannage du Fresne en 1957. La raréfaction de cette espèce est liée à l'assèchement des frayères causées par les variations brutales des niveaux d'eau (gestion des vannes, inadaptée à la reproduction).

La biomasse moyenne estimée est de 315 kg/ha d'eau (0 à 2 120 kg/ha). Six espèces représentent plus de 75 % des biomasses : le poisson-chat (170 kg/ha), l'anguille (47 kg/ha), la tanche (28 kg/ha), la carpe (24,9 kg/ha), la brème (18,2 kg/ha) et la perche soleil (12,9 kg/ha). Les poissons sont répartis d'une façon très hétérogène dans le marais comme en témoignent les forts écarts types.

Tableau II

Liste des espèces inventoriées. Occurrences (%). Biomasses et densités (moyenne des estimations dans les 74 prélèvements et écarts types entre parenthèses). Les espèces sont classées par ordre d'occurrence décroissante. Les occurrences (ni/N) ont été calculées sur l'ensemble des 74 échantillons prélevés entre 1987 et 1989. * : espèces dont la reproduction en marais est certaine.

Table II

List of sampled species. Occurrence (%), biomass and densities (average abundance estimates from the 74 samples and standard deviation in brackets). Species are listed in decreasing occurrence order. The occurrences (ni/N) were calculated from the 74 samples collected between 1987 and 1989. * : species for which breeding in the marsh has been observed.

Nom français	Nom latin	Occurrences (%)	Biomasses (Kg/ha)	Densités (Ind/ha)
Anguille (ANG)	<i>Anguilla anguilla</i>	95	47,2 (52,7)	1 572 (1 911)
Poisson chat (PCH)	<i>Ictalurus melas</i>	81	169,1 (288,9)	3 148 (4 382)
Perche soleil (PES)	<i>Lepomis gibbosus</i>	74	12,9 (22,5)	1 127 (2 513)
Tanche (TAN)	<i>Tinca tinca</i>	73	28,2 (51,4)	304 (507)
Epinoche (EPI)	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	70	1,6 (3,6)	2 611 (5 297)
Rotengle (ROT)	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	69	4,5 (13,8)	557 (1 106)
Brèmes (BRB)	<i>Blicca bjoerkra et</i>	59	18,2 (35,9)	1 084 (2 068)
(2 espèces)	<i>Abramis brama</i>			
Carpe (CCO)	<i>Cyprinus carpio</i>	51	24,9 (66,8)	257 (590)
Gardon (GAR)	<i>Rutilus rutilus</i>	30	2,9 (8)	102 (361)
Ablette (ABL)	<i>Alburnus alburnus</i>	24	0,2 (0,7)	132 (536)
Perche tanche (PER)	<i>Perca fluviatilis</i>	24	1,9 (6,9)	42 (102)
Chevaine (CHE)	<i>Leuciscus cephalus</i>	23	0,7 (2,4)	53 (152)
Sandre (SAN)	<i>Stizostedion lucioperca</i>	20	0,6 (2,2)	244 (989)
Epinochette (EPT)	<i>Pungitius pungitius</i>	19	0,07 (0,4)	138 (707)
Vairon (VAI)	<i>Phoxinus phoxinus</i>	11	0,07 (0,4)	20 (85)
Carassin (CAS)	<i>Carassius carassius</i>	11	2,2 (12,9)	41 (198)
Loche franche (LOF)	<i>Nemacheilus barbatulus</i>	8	0,03 (0,13)	24 (92)
Grémille (GRE)	<i>Gymnocephalus cernua</i>	3	0,03 (0,15)	3 (20)
Brochet (BRO)	<i>Esox lucius</i>	1	0,01 (0,1)	1 (11)
Eperlan (EPE)	<i>Osmerus eperlanus</i>	1	0,001 (0,001)	0,5 (4)

4.2. Typologie des peuplements et relations avec l'habitat.

A partir des données actuellement disponibles, il semble possible de distinguer 4 types de peuplements qui se répartissent dans des fossés présentant des caractéristiques écologiques variables.

a) **Les communautés à anguilles dominantes** se caractérisent par une faible richesse spécifique (moins de 4 espèces par station). Elles se trouvent dans les stations envasées, encombrées par la végétation aquatique et de faible profondeur. Il s'agit essentiellement des fossés peu entretenus, voire abandonnés.

b) **Les communautés à poissons-chats dominants** ont une richesse spécifique plus forte, de l'ordre de 6 espèces. Elles sont surtout présentes dans les stations très envasées, mais de toutes profondeurs et de tous recouvrements en végétation aquatique.

c) **Les communautés à rotengles** ont également une richesse spécifique moyenne de l'ordre de 6 espèces par station. Elles se retrouvent surtout dans les fossés relativement envasés, encombrés par la végétation aquatique et de profondeur moyenne.

d) **Les communautés à sandres** enfin, sont les plus riches avec 11 espèces en moyenne. Ce sont celles qui comportent les espèces d'eau courante comme le vairon ou le chevine. Ces communautés sont repérées dans les fossés les plus profonds, les moins envasés, et peu encombrés par la végétation aquatique. Il s'agit soit des canaux principaux bénéficiant d'un curage régulier par les syndicats de marais ou de fossés curés récemment par des exploitants ou propriétaires riverains.

Figure 5
Variations inter-campagnes de la richesse spécifique totale et moyenne du peuplement entre 1987 et 1989.

Figure 5
Changes in the specific richness of the community between 1987 and 1989.

Il apparaît donc que les espèces du marais dulçaquicole ne sont pas réparties de manière homogène. Les zones les plus profondes et les mieux curées, c'est à dire les canaux principaux, sont celles qui abritent la plus grande diversité et constituent de ce fait le réservoir d'espèces de l'ensemble du marais. Ces poissons diffusent plus ou moins bien dans le réseau hydraulique, jusqu'à ce qu'elles rencontrent une « barrière » de nature variable selon les espèces et les tailles. Les anguilles semblent ainsi pouvoir s'accommoder des zones les plus encombrées de végétation et les plus envasées. Les poissons-chats

quant à eux acceptent des envasements importants, mais semblent être rebutés par les forts encombrements végétaux. Les sandres et les perches enfin ne diffusent pas hors des secteurs les plus ouverts.

4.3. Variations inter annuelles

Entre 1987 et 1989, la qualité du peuplement de poissons de la zone d'étude s'est nettement dégradée : 21 espèces avaient été recensées en mai 1987 et seulement 14 en septembre 1989. Dans la même période, la richesse moyenne par station a chuté de 5 espèces (Figure 5). Cette évolution s'est accompagnée d'un net déséquilibre du peuplement en faveur du poisson-chat dont les biomasses sont passées de 107 à 357 kg/ha, soit 21 à 80 % de l'ichtyomasse totale (Figure 6).

	PCH	ANG	TAN	CCO	BRB	PES	ROT	PER	GAR	CHE	SAN	CAS	ABL	VAI	LOF	GRE	EPE	EPI	EPT	Total
Mai-87	107	72	50,40	67,80	55,20	26,90	10,10	7,88	5,44	1,39	3,05	0	1,02	0,34	0,10	0,10	0	1,10	0,02	504
Août-87	138	81	43,70	64,40	15,30	22,90	3,80	1,96	1,09	0,88	0,45	5,68	0,12	0,01	0,02	0,02	0	0,69	0,01	484
Juin-88	84	36,10	24,80	5,77	9,73	12	3,32	1,54	1,46	1,02	0,01	0	0,02	0,01	0,05	0,03	0	3,23	0,25	303
Juin-89	148	42,10	10,80	14	14,30	9,05	3,25	0,06	3,57	0,53	0,01	0,53	0,08	0	0	0	0	1,94	0,01	387
Sept-89	357	27,40	26,30	5,59	6,67	2,08	3,63	0	2,79	0	0,01	6,47	0,01	0	0	0	0	0,02	0	593

Figure 6

Evolution de la structure pondérale du peuplement ichthyologique entre mai 1987 et septembre 1989 d'après les moyennes des estimations de biomasses obtenues, en kg/ha, pour chaque espèce.

Figure 6

Evolution of the weight structure of the fish community between May 1987 and September 1989 (average biomass, in kg/ha for each species).

La biomasse totale apparente du peuplement est de 407 kg/ha au printemps 87 et reste stable en août 1987. En juillet 1988, cette biomasse chute pratiquement de moitié. Ce déclin concerne la quasi-totalité des espèces, mais surtout la carpe, la brème, la perche et le sandre qui ont pratiquement disparu. En juin 1989, la biomasse totale augmente de nouveau avec l'accroissement de la population de poissons-chats, alors que les autres espèces continuent à décliner. Ce phénomène se poursuit en septembre 1989 : avec 438 kg/ha en moyenne, la biomasse a dépassé son niveau initial, toujours à cause de l'accroissement de la biomasse de poissons-chats qui atteint désormais 357 kg/ha en moyenne.

Ces changements profonds de la structure et de l'abondance du peuplement sont intervenus alors que les paramètres structurants de l'habitat (envasement, hauteur d'eau, recouvrement végétal) sont restés stables. En revanche, des quantités massives de poissons ont été entraînées vers la partie saumâtre du marais, puis vers la baie de Bourgneuf, lors de l'évacuation des crues exceptionnelles de janvier - février 1988. Les populations ne semblent pas avoir ensuite pu retrouver leur niveau normal, la baisse de la qualité de l'eau en été 88, période de sécheresse notable n'étant sans doute pas étrangère à ce phénomène. En effet, un suivi réalisé par le SRAE de Nantes a montré que la qualité physico-chimique de l'eau a brutalement baissé pendant cette période estivale dans presque tout le marais. Les paramètres déclassants majeurs sont alors apparus être le taux d'oxygène dissous et les fortes concentrations de nitrites. Il est probable que cette dégradation de la qualité de l'eau apparaît bien en amont du marais. En années de pluviosité normale, les effluents sont dilués mais en temps de relative sécheresse, comme en 1988 et 1989, cette dilution devient insuffisante. Dans de telles conditions climatiques et hydrologiques, les vases relarguent des nutriments adsorbés, en particulier des phosphates. Tous ces facteurs doivent concourir peu ou prou à l'augmentation notable du développement végétal, en particulier des lentilles d'eau associées ou non avec *Azolla*, observée dans de très nombreux fossés.

Ces deux événements (fortes crues et évacuations massives, sécheresse estivale) sont donc très vraisemblablement à l'origine de la chute de la biomasse piscicole totale avec élimination des espèces les plus sensibles à l'anoxie (vairons, ablettes, sandres, etc.). En raison du maintien de conditions climatiques défavorables jusqu'en 1989, seules les espèces les plus adaptées ont pu se développer et continuer à exploiter la productivité du milieu. C'est sans doute ce qui explique la croissance fulgurante de la population de poissons-chats.

En revanche, on doit s'étonner de la diminution de l'anguille qui est également une espèce supportant bien des faibles taux d'oxygène. Le déclin de cette espèce est constaté dans l'ensemble de son aire de répartition (BRUSLÉ, 1989 et 1994 ; KEITH *et al.*, 1992 ; FONTENELLE *et al.*, 1997), sans qu'il soit possible de l'expliquer de manière simple puisque toute une série de facteurs anthropiques agit en synergie : exploitation par pêche non raisonnée, pollutions par métaux lourds et par pesticides, entrave aux migrations anadromes et catadromes (barrages, micro centrales, etc.). De plus, un ver nématode repéré pour la première fois en Europe en 1983, infeste désormais une grande proportion de la population et semble constituer une menace sérieuse pour l'espèce européenne (DE CHARLEROY *et al.*, 1990).

La population du marais de Bourgneuf n'échappe pas à cette évolution générale. La non prise en compte de la migration de colonisation de cette espèce, prise en compte en termes de manœuvres ou d'équipements spécifiques des ouvrages collectifs situés à l'entrée de cette zone de marais, ne fait que renforcer le phénomène dans un territoire pourtant idéalement placé au sein de l'aire de répartition de l'anguille européenne. Cette colonisation de la partie dulçaquicole ne peut avoir lieu qu'à de rares occasions, surtout en période d'évacuation des crues, juste avant la fermeture des portes à flot, lorsque les niveaux aval et amont des vannages s'équilibrent. Ce problème de blocage de la colonisation est surtout aigu au niveau du vannage du Fresne marquant la séparation entre la partie saumâtre et la partie dulçaquicole du marais : en 1988, on estime en effet que 240 kg/ha d'anguilles sont présents dans la première, contre seulement 36 kg/ha en eau douce.

5. CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Cette étude fournit les premières données sur l'ichtyofaune des marais de l'Ouest de la France. Avec 46 espèces et plus de 300 kg/ha en moyenne le peuplement apparaît globalement riche et abondant. De plus, il comporte de nombreuses espèces intéressantes

sur le plan halieutique, dont l'anguille qui est exploitée traditionnellement dans tout le marais. Toutefois, le peuplement est instable car soumis aux variations très brutales des conditions de milieu dues essentiellement à la gestion humaine.

La partie saumâtre sert de nursery à de nombreuses espèces d'origine marine comme le bar, les mulots ou le flet. Elle participe donc, dans une certaine mesure, à l'enrichissement halieutique de la baie de Bourgneuf (ELIE *et al.*, 1990) et perpétue, de manière relictuelle, les fonctions originelles jouées par les marais salés (FEUNTEUN et LAFFAILLE, 1997 ; LAFFAILLE *et al.* 1998).

Le peuplement de la partie dulçaquicole fonctionne de manière autonome puisque la plupart des espèces qui le composent se reproduisent sur place.

Le marais de Bourgneuf est entièrement d'origine humaine et la qualité de l'eau dépend totalement des actes de gestion mis en œuvre. Ainsi, les observations réalisées sur ce site d'étude au nord du Marais Breton ont-elles permises de révéler quelques problèmes de gestion de ces milieux :

- * la gestion des vannages ne permet pas un recrutement optimal des espèces d'origine marine, notamment des anguilles dans le marais doux ;

- * les niveaux d'eau fluctuent de manière beaucoup trop brutale pour favoriser la reproduction des espèces comme le brochet ou la carpe, frayant préférentiellement sur les prairies inondées et pour minimiser les évacuations massives d'espèces dulçaquicoles vers la Baie ;

- * le marais apparaît de plus en plus comme le révélateur des problèmes de gestion de l'eau dans les bassins versants en amont. La médiocre qualité des eaux admises dans le marais peut en effet se traduire que par des phases de dysfonctionnement de ce dernier, en particulier lors des épisodes de faible pluviométrie printanière et estivale, avec remise en cause de la présence des espèces piscicoles les plus exigeantes. Le développement massif des lentilles d'eau renforce encore ces phénomènes.

- * l'entretien par curage du réseau hydraulique se fait de moins en moins régulièrement et surtout de façon anarchique, chaque propriétaire pouvant à tout moment décider ou non de faire curer ses fossés. La connexité du réseau est par conséquent souvent mauvaise et ce dernier n'est pas intégralement accessible à toutes les espèces.

De manière plus générale, les marais de l'Ouest de la France possèdent un potentiel piscicole indéniable qui n'est pas considéré à sa juste valeur. Ce patrimoine apparaît fragilisé parce qu'il est méconnu de la plupart des gestionnaires de ces milieux. Il a longtemps été exploité (anguilles, grenouilles) de façon traditionnelle (pêche et élevage extensif, MASSÉ et RIGAUD, 1998), ce qui constituait un revenu d'appoint non négligeable pour les maraîchins. Ce revenu justifiait en particulier la prise en charge par les exploitants locaux des coûts engendrés par le nécessaire entretien du réseau hydraulique.

La non reconnaissance de cette activité économique, la non prise en compte du compartiment piscicole dans les politiques de gestion des marais, la spécialisation des formes d'exploitation agricoles ou aquacoles de certains marais littoraux, la remise en cause du maintien de nombreux exploitants vivant dans et du marais, sont autant de facteurs à l'origine de la situation mise en évidence dans cette première approche dans le Marais Breton.

Dans le contexte actuel de lutte contre la déprise agricole et de maintien de la biodiversité dans ces régions littorales, il semble intéressant et urgent de prendre en compte le patrimoine écologique et le potentiel halieutique que constituent les peuplements piscicoles des canaux et fossés des marais endigués atlantiques. Cette prise en compte doit apparaître à tous les niveaux :

(i) actions à moyen et long terme de reconquête d'une qualité d'eau satisfaisante en amont et en aval de ces zones de marais. Les activités littorales telles que la conchyliculture, la pêche et le tourisme ne pourraient que bénéficier d'une telle évolution ;

(ii) actions quotidiennes dans la gestion et l'aménagement des marais (gestion et équipement des vannes, zones aménagées de reproduction ou d'abris, cohérence globale dans les actions d'entretien du réseau) ;

(iii) soutien aux actions de recherche permettant d'optimiser à terme ces actes de gestion ou d'aménagement.

BIBLIOGRAPHIE

- BRUSLÉ J., 1989. L'anguille européenne, *Anguilla anguilla*, une espèce jugée commune jusqu'à la dernière décennie, mérite-t-elle d'acquiescer aujourd'hui le statut d'espèce menacée ? *Soc. Zool. Franç. Perpignan*, 114 (3), 6-73.
- BRUSLÉ J., 1994. L'anguille européenne *Anguilla anguilla*, un poisson sensible aux stress environnementaux et vulnérable à diverses atteintes pathogènes. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 335, 237-260.
- CARLE F.L., STRUB M.R., 1978. A new method for estimating population size from removal data. *Biometrics*, 34, 621-630.
- CLEMENT O., 1991. Typologie aquacole des marais salants de la côte atlantique. CEMAGREF Coll. « Etudes », 183 p. + annexes.
- DE CHARLEROY D., GRISEZ L., THOMAS K., BELPAIRE C., 1990. The life cycle of *Anguillicola crassus*. *Diseases of aquatic organisms*, 8, 77-94.
- DESAUNAY Y., PERODOU N., BEILLOIS D., 1981. Etude des nurseries à poissons du littoral de la Loire-Atlantique. Rapport ISTPM Nantes, 35 p. et annexes.
- ELIE P., FEUNTEUN E., RIGAUD C., 1990. The inshore brackish water domain of the french atlantic coast : ecological functions for the exploited species, impact of physical development. *Bull Ecol.*, 21 (3), 33-38.
- 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 et de la dynamique de certaines populations. Thèse de l'Université de Rennes I. 250 p.
- FEUNTEUN E., RIGAUD C., ELIE P., 1992. Le marais doux endigué de Bourgneuf - Machecoul : premiers éléments de connaissance du peuplement piscicole, relation ichtyofaune habitat, mise en évidence des problèmes majeurs de gestion. *Revue des Sciences de l'eau*, 5 (4), 509-527.
- FEUNTEUN E., MARION L., 1994. Impact of herons (*Ardea cinerea*) on fish communities : the case of the main European colony. *Hydrobiologia*, 279/280, 327-344.
- FEUNTEUN E., LAFFAILLE P., 1997. Les peuplements piscicoles de la Baie du Mont Saint-Michel. *Penn Ar Bed.*, 164, 50-56.
- FONTENELLE G., FEUNTEUN E., BRIAND C., 1997. French report in Moriarty and Dekker (eds), 1997. The management of the European eel. *Fisheries bulletin*, 5, 75-81.

- GIRAUD F., 1985. Approche du fonctionnement hydraulique du marais agricole de Moëze (Charente - Maritime). Action concertée « Marais de l'Ouest ». Rapport Muséum/Univ., Rennes 1, 57 p. et annexes.
- JEGO S., 1991. L'exploitation des ressources aquatiques en marais littoral endigué : exemple de la partie nord du marais breton-vendéen. DESS « Aménagements littoraux et activités maritimes » CEMAGREF Bordeaux - Univ., Montpellier, 75 p. + annexes.
- KEITH P., ALLARDI J., MOUTOU P., 1992. Livre rouge des espèces menacées de poissons d'eau douce de France et bilan des introductions. MNHN., Sec., Faune & Flore/CSP CEMAGREF Min., Environnement, 111 p + annexes.
- LAFFAILLE P., BAISEZ A., BROSSE S., FEUNTEUN E., LEFEUVRE J.C., 1998. Role of fish communities in organic matter fluxes between salt marshes and coastal marine waters in the Mont Saint-Michel bay. *Hydrobiologia*, 373/374, 121-133.
- LAMBERT P., FEUNTEUN E., RIGAUD C., 1994. Etude de l'anguille en marais d'eau douce. Première analyse des probabilités de captures. *Bull. Fr. Pêche et Piscic.*, 335, 111-122.
- MAILLARD Y., 1972. Poissons et problèmes piscicoles du bassin du Brivet. *Penn ar Bed*, 8 (71), 386-399.
- MARCHAND J., RIGAUD C., 1984. Etude de la faune circulante entre la Loire et les zones humides. Cas du marais de Lavau s/Loire. Rapport CSEEL/Univ., Nantes, 120 p.
- MASSÉ J., RIGAUD C., 1998. L'anguille et les marais littoraux. Colloque « Marais maritimes et aquaculture ». *Coll., Ifremer, actes de colloque*, 19, 141-154.
- PENVERN M., 1986. Caractérisation et répartition spatiotemporelle des peuplements ichtyologiques dans les canaux secondaires et tertiaires du marais de Moëze-Brouage. DEA Univ., Rennes/CEMAGREF Bordeaux, 57 p.
- REDDING T.A., MIDLEN A.B., 1991. Fish production in irrigation canals. A review. *FAO - Fisheries Technical Paper*, 95 p. + annexes.
- RIGAUD C., FEUNTEUN E., 1992. Contribution à la mise en valeur halieutique et aquacole des marais gérés en eau douce du littoral des Pays de Loire. Rapport MRT/Région Pays de Loire/Vendée et Loire-Atlantique/Cemagref, 44 p. + annexes.
- VERNEAUX J., 1977. Biotypologie de l'écosystème « eau courante ». *C R. Acad. Sci. Paris*, 284, 77-80.