



Groupement d'Intérêt Public pour la Réhabilitation de l'Etang de Berre

INVENTAIRE ICHTYOLOGIQUE DE L'ETANG DE BERRE

RAPPORT DE SECONDE PHASE

Contacts scientifiques et techniques :

- **GIS Posidonie** : Laurence Le Diréach et Patrick Bonhomme
- **DIMAR CNRS-Université de Marseille** : Yves Letourneur
Mireille Harmelin-Vivien, Fabien Morat
- **Aqua-Logiq** : Laurent Brosse
- **Vétérinaire consultant**: Patrick Girard
- **EA 4228 ECOMERS Université de Nice** : Pascaline Bodilis et
Patrice Francour





Inventaire ichtyologique de l'étang de Berre Rapport de seconde phase

Etude commandée par :

Groupement d'Intérêt Public pour la Réhabilitation de l'Etang de Berre (GIPREB)
Cours Mirabeau
13130 Berre - l'Etang
Tel : 04.42.74.15.51
www.etangdeberre.org – gipreb@gipreb.fr

Réalisation de l'étude :

GIS POSIDONIE, Groupement d'Intérêt Scientifique pour l'étude de l'environnement marin,
Parc scientifique & technologique de Luminy, Case 901,
13 288 MARSEILLE Cedex 9
Tél. : 04.91.82.91.35. Fax. : 04.91.41.12.65. e-mail : gis@com.univmed.fr

AQUALOGIQ, 527 rue ZAC petite Camargue ? 34 400 Lunel, laurent.brosse@aqua-logiq.fr

Patrick GIRARD, Vétérinaire, patagir@club-internet.fr
Pascaline Bodilis, pascaline.bodilis@unice.fr; Patrice Francour, patrice.francour@unice.fr

Responsables de l'étude :

Laurence LE DIREACH, Patrick BONHOMME, Yves LETOURNEUR, Mireille HARMELIN-VIVIEN

Participants :

Pascaline BODILIS, Patrick BONHOMME, Laurent BROSSE, Patrice FRANCOUR, Patrick GIRARD, Mireille HARMELIN-VIVIEN, Laurence LE DIREACH, Yves LETOURNEUR, Fabien MORAT, Etienne ROGEAU

Rédaction et traitement des données :

Laurence LE DIREACH, Laurent BROSSE, Patrick BONHOMME, Patrick GIRARD, Patrice FRANCOUR, Pascaline BODILIS, Adrien GOUJARD

Autres experts scientifiques consultés :

Jean-Pierre QUIGNARD, Patrick LOUISY

Crédits photographiques : Patrick BONHOMME, Maud COTTET, Laurent BROSSE

Dossier : 0804

Ce document doit être cité sous la forme suivante :

LE DIREACH L., BROSSE L., BONHOMME P., GIRARD P., BODILIS P., FRANCOUR P., 2010.
Inventaire ichtyologique de l'étang de Berre (Rapport de seconde phase). *Contrat GIPREB – GIS Posidonie*. GIS Posidonie publ : 1-153. p dont annexes





SOMMAIRE

1 INTRODUCTION	3
2 MÉTHODOLOGIE	4
2.1 Choix des stations de pêche expérimentale	4
2.2 Fréquence des campagnes de pêche expérimentale	5
2.3 Engins de pêche expérimentale et rôle des pêcheurs professionnels	6
2.4 Opérations de pose et de relève des engins de pêche	8
2.5 Paramètres abiotiques.....	9
2.6 Conservation des captures et précautions concernant le vivant.....	10
2.7 Identification et biométrie des captures	12
2.8 Examen vétérinaire	13
2.9 Saisie et archivage des données du suivi	14
2.10 Analyse des données de pêche	14
2.11 Définition des guildes et analyses de diversité spécifique.....	15
3 RÉSULTATS.....	18
3.1 Caractéristiques des captures	18
3.1.1 Liste des espèces capturées	18
3.1.2 Origine et traits de vie des espèces dominantes.....	18
3.1.3 Analyse globale des captures de la première année	19
3.1.4 Analyse globale des captures de la deuxième année	20
3.1.5 Régimes alimentaires dominants.....	20
3.1.6 Espèces dominantes en nombre et en biomasse	20
3.1.7 Cas particulier des gobies - expertise de Patrice Francour.....	23
3.2 Répartition spatiale des espèces échantillonnées	26
3.2.1 Analyse de la diversité spécifique par station (présence / absence)	26
3.2.2 Abondance moyenne par station.....	31
3.2.3 Biomasse moyenne par station	31
3.2.4 Composition du peuplement/paramètres abiotiques	32
3.2.5 Analyse fonctionnelle spatiale (composition spécifique des stations).....	32
3.3 Répartition temporelle des espèces échantillonnées	44
3.3.1 Analyse de la richesse spécifique par saison	44
3.3.2 Abondance moyenne par saison.....	47
3.3.3 Biomasse moyenne par saison	47
3.3.4 Composition spécifique et paramètres abiotiques	48
3.3.5 Structure des tailles de quelques espèces représentatives	48
3.3.6 Analyse de la diversité fonctionnelle par saison.....	52
Diversité fonctionnelle par saison, toutes stations confondues.....	52
Diversité fonctionnelle par station, et par saison.....	55
Conclusions sur les variations temporelles au sein des guildes fonctionnelles	62
3.4 Approche fonctionnelle générale.....	63
3.5 Expertise vétérinaire de Patrick Girard	67
3.5.1 Caractéristiques des échantillonnages	67
3.5.2 Codes pathologies.....	68
3.5.3 Microparasitisme externe.....	74
3.5.4 Parasitisme interne et lésions internes et branchiales	77



3.6	Effet des paramètres du milieu sur le peuplement recensé.....	79
3.6.1	Paramètres abiotiques mesurés (T°, S°/oo, Cdté, O2).....	79
3.6.2	Apports de la Durance (eau douce, rejets liquides)	88
3.6.3	Influence sur les captures	89
3.6.4	Variations saisonnières : rôle des paramètres physico-chimiques sur la santé des poissons	95
3.6.5	Conséquences sanitaires des variations des paramètres du milieu.....	104
4	ELEMENTS DE COMPARAISON DES RESULTATS AVEC ETUDES ANTERIEURES SUR L'ÉTANG DE BERRE ET AUTRES LAGUNES MEDITERRANEENNES	109
4.1	Comparaison de l'inventaire 2008-2010 à celui de 2006 réalisé dans l'étang de Berre pour la DCE 109	
4.2	Comparaison de l'inventaire 2008-2010 à d'autres résultats obtenus dans le cadre de la DCE dans d'autres lagunes.....	115
5	FICHES DE SYNTHÈSE POUR LES PRINCIPALES ESPECES RENCONTREES DANS L'ÉTANG DE BERRE	116
6	CONCLUSIONS	117
6.1	Conclusions générales sur le déroulement de l'étude	117
6.2	Conclusions sur l'ichtyofaune de l'étang de Berre.....	118
	BIBLIOGRAPHIE	124

Annexe 1. Récapitulatif des échantillonnages pour la surveillance sanitaire des poissons de l'étang de Berre.

Annexe 2. « Codes pathologie ».

Annexe 3. Profondeurs, durées et paramètres physico-chimiques des pêches.

Annexe 4 : Extrait des « observations zoologiques spéciales de la topographie zoologique des étangs de Caronte, de Labillon, de Berre et de Bolmon de Paul Gourret, 1907 ». Crustacés.

Annexe 5 : Quelques statistiques de pêche des années 1900 et 1950.

Annexe 6 : Fiches de synthèse des principales espèces rencontrées.

1 INTRODUCTION

Depuis 1966 et la mise en service de l'usine hydroélectrique de Saint-Chamas, l'étang de Berre reçoit des apports importants et irréguliers d'eau douce et de sédiments. La mise en évidence d'impacts non négligeables (modifications de la salinité, envasement important par apport de limons de la Durance) liés à ces rejets a conduit à la modification des conditions d'exploitation de l'usine, sous la pression de l'Union Européenne, notamment. Ces nouvelles conditions d'exploitations définissent des quotas annuels de déversement d'eau douce et de limons, une limitation des fluctuations saisonnières de salinité ainsi que des objectifs de maintien d'une salinité minimale tout au long de l'année pour conserver son statut marin à l'étang de Berre.

L'application de ces mesures s'est poursuivie à titre expérimental jusqu'au 31 août 2009. Un suivi du milieu a été mis en place avec pour objectif de fournir les éléments permettant de conclure sur l'efficacité des mesures mises en place. Ce suivi s'appuie sur plusieurs indicateurs biologiques parmi lesquels l'ichtyofaune, dans le cadre d'une expérimentation globale engagée pour une durée de quatre ans (jusqu'à fin août 2009) sur différents compartiments. L'objectif de la présente étude est de **dresser une liste des espèces de poissons rencontrées et de caractériser la variabilité spatiale et temporelle de la communauté ichthyologique (peuplements) en relation avec la qualité du milieu.**

Ce travail repose sur l'acquisition de données de captures obtenues par des campagnes de pêche saisonnières réalisées selon le protocole et avec le matériel utilisé lors des inventaires de 2006 pour le compte de la Directive Cadre européenne sur l'Eau. Le présent rapport fait la synthèse des résultats obtenus pendant les deux années de suivi lors de 8 campagnes de pêches expérimentales réalisées de juin 2008 à mars 2010 avec la même méthode de prélèvement. Il a également pour objet de mettre en regard les résultats de l'inventaire de la faune ichthyologique avec les résultats antérieurs et les grandes caractéristiques des autres lagunes méditerranéennes.

Afin de répondre à ces objectifs, le GIS Posidonie et l'UMR DIMAR (Centre d'Océanologie de Marseille) se sont associés au bureau d'étude Aqua-Logiq (Laurent Brosse), qui a réalisé une partie des derniers suivis ichthyologiques dans l'étang de Berre, en employant le protocole et le matériel tels que décrits dans le cahier des charges DCE (Lepage, Girardin & Bouju, 2008).

2 MÉTHODOLOGIE

Un protocole opérationnel précis a été défini pour une durée de 2 ans et validé avec le comité de suivi à la réunion du 24 avril 2008, afin de réaliser le recensement de l'ichtyofaune de l'étang de Berre et d'émettre un avis sur l'efficacité sur ce compartiment biologique, des mesures engagées dans l'étang de Berre de régulation des flux d'eau douce provenant du canal EDF. Ce protocole est basé sur la réalisation de pêches expérimentales en 6 stations disposées sur le pourtour de l'étang (Figure 1), à l'aide d'engins de capture standardisés, adaptés au milieu, et à maille suffisamment fine pour être le moins sélectif possible vis à vis des espèces de petite taille et des juvéniles. La méthodologie imposée dans le cadre de cet inventaire est celle employée pour la caractérisation ichtyologique des « eaux de transition » (estuaires et lagunes, indicateur poisson) dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), afin que ce suivi soit réalisé dans la continuité de l'étude DCE, que les données puissent abonder la base DCE et être comparées aux résultats de 2006. L'étude de 2006, pilotée par le Cemagref (Groupement de Bordeaux) pour le compte de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, a donné lieu à deux campagnes de pêche dans l'étang de Berre, en mai et en septembre. Les chercheurs du groupement disposent d'une autorisation de prélèvement d'échantillons en milieu marin. Une autorisation de pêche expérimentale a été spécialement obtenue auprès des autorités compétentes ainsi qu'une autorisation d'embarquement, obtenue auprès des Affaires Maritimes pour travailler avec les pêcheurs.

2.1 Choix des stations de pêche expérimentale

L'inventaire ichtyologique de l'étang de Berre est réalisé à partir de 6 stations de pêche expérimentales permettant de caractériser au mieux les divers milieux de l'étang. Parmi ces stations, quatre ont déjà été étudiées dans le cadre de la DCE (stations 1 à 4) ; deux nouvelles stations ont été ajoutées, la première située sur la côte est, proche du port de la Pointe (station 5), la seconde située à proximité du rejet de l'usine hydroélectrique de St Chamas (station 6) comme indiqué Figure 1. Les caractéristiques des stations d'échantillonnage sont présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Nom, profondeur et coordonnées géographiques des stations d'échantillonnage sélectionnées pour le suivi.

Zone	N°	Nom station	Profondeur	Coordonnées WGS84
Nord	P1	Poudrerie	1.30	43°33'246 N – 05°01'098 E
	P2	Ranquet	1.40	43°28'700 N – 05°00'031 E
	P6	Centrale EDF St Chamas	0.90	43°31'567 N – 05°03'480 E
Sud	P3	Martigues	1.60	42°24'448 N – 05°03'534 E
	P4	La Mède	1.40	43°24'046 N – 05°07'177 E
	P5	Pointe de Berre	1.50	43°27'501 N – 05°08'810 E

Outre les stations de pêche expérimentale, sont reportées sur la Figure 1 les stations de mesure en continu des paramètres physico-chimiques (EDF), les secteurs de suivi des moulières (en rouge) et des herbiers de zostère (en vert), ainsi que la présence de moulières naturelles et de filières de captage, qui sont des sources d'information sur le milieu et les habitats.

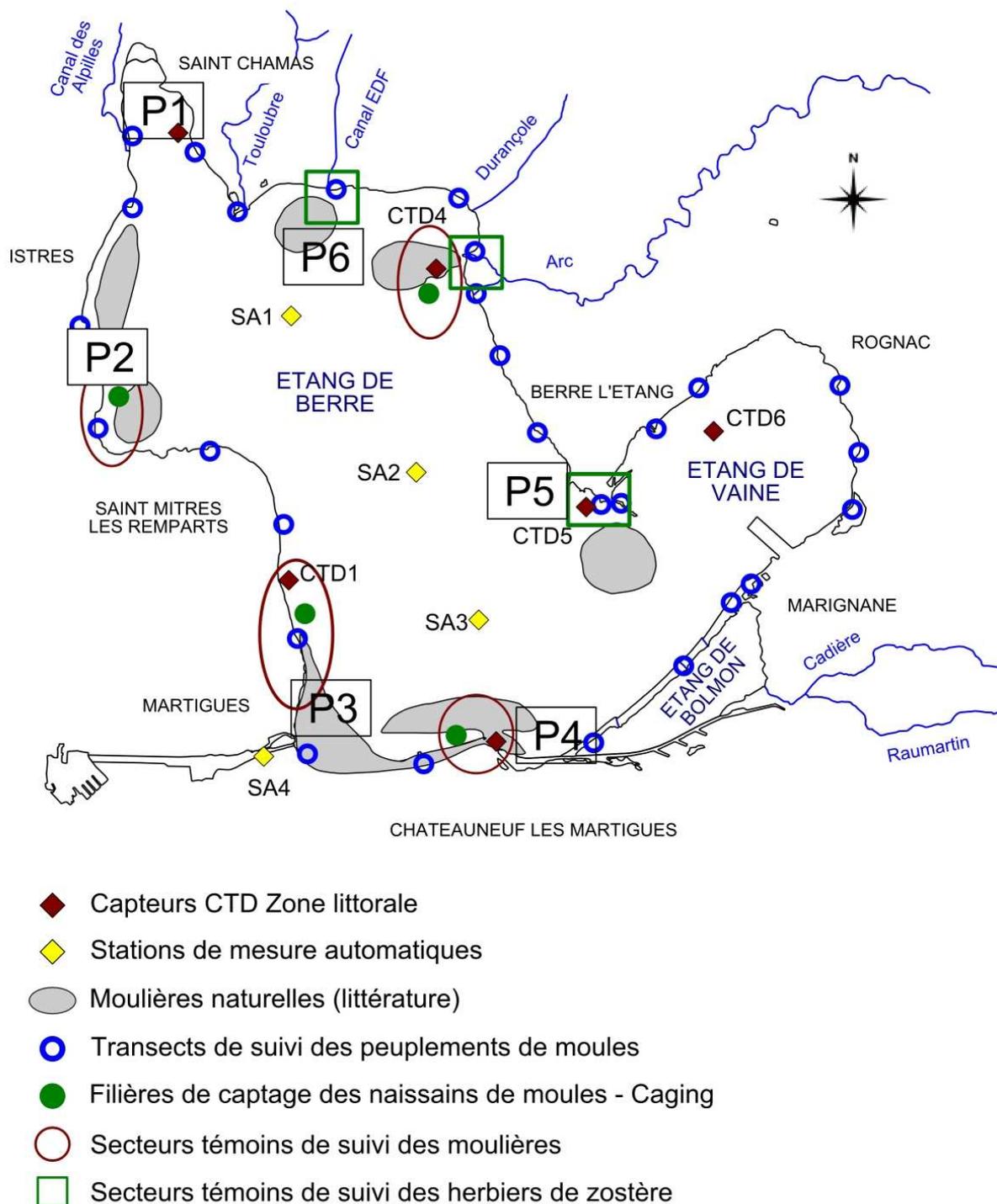


Figure 1 : Localisation des stations de pêche expérimentale (P1 à P6).

2.2 Fréquence des campagnes de pêche expérimentale

Les campagnes de pêche expérimentale sont réalisées à chaque saison, une fois par trimestre, soit quatre campagnes par an pendant deux ans (Tableau 2). La première année (phase 1) l'échantillonnage a débuté au printemps 2008. La dernière campagne (phase 2) a donc eu lieu en mars 2010, afin d'appréhender les fluctuations de la communauté ichthyologique tant en abondance qu'en composition spécifique sur deux cycles annuels complets. Les campagnes ont été réalisées aux mêmes périodes annuelles durant les deux phases du programme.

Tableau 2 : Numéros de campagnes, saisons et dates des échantillonnages effectués.

N°	Saison	Date
C1	Printemps	2-6 juin 2008
C2	Été	15-19 septembre 2008
C3	Automne	9-12 décembre 2008
C4	Hiver	9-13 mars 2009
C5	Printemps	8-12 juin 2009
C6	Été	14-18 septembre 2009
C7	Automne	7-10 décembre 2009
C8	Hiver	9-12 mars 2010

2.3 Engins de pêche expérimentale et rôle des pêcheurs professionnels

Les engins de pêche utilisés sont des filets de poste appelés « capéchades » à maille fine (6 mm, maille étirée) ne comprenant qu'une seule chambre, contrairement aux filets des pêcheurs, qui en comptent plusieurs. Les engins de pêche ont une longueur standardisée de 20 m pour la paradière et de 10 m pour la tour, la cape et 5 m pour les nasses (Figure 2). La hauteur de l'engin est adaptée à la profondeur de l'eau, elle n'excède pas 1,6 m, ce qui permet de le mettre en œuvre près du rivage, sur l'ensemble des stations d'étude choisies autour de l'étang de Berre.

Au cours de l'hiver 2008, 9 capéchades (6 + 3 de remplacement) ont été fabriquées et mises à disposition par le GIPREB. Les pêcheurs ont été chargés d'assurer leur entretien régulier au cours des semaines de pêche et à l'issue de chaque campagne.

Une semaine de trempage dans l'étang a été effectuée avant l'utilisation des engins de pêche afin qu'ils s'imprègnent de " l'odeur environnante " pour mieux se fondre dans le paysage, en perdant leur odeur « de neuf », qui peut détourner le poisson. Ce délai a été pris en compte avant le démarrage de la première campagne de pêche suite à la notification du marché.

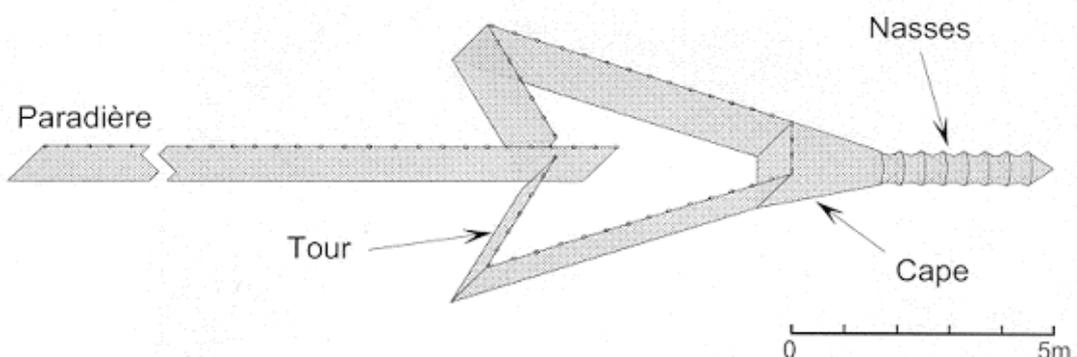


Figure 2 : Plan d'une capéchade à une chambre : engin de pêche expérimental utilisé dans le cadre de la DCE (d'après Lepage, Girardin & Bouju, 2008).

La mise en œuvre des capéchades (Figure 3) nécessite une technicité que seuls des pêcheurs expérimentés maîtrisent, notamment en raison des conditions parfois difficiles rencontrées dans l'étang de Berre (Vent d'ouest-Mistral et courants). Pour cette raison, la pose des filets au début de chaque campagne d'échantillonnage, le relevé de la poche et l'enlèvement des filets à la fin de chaque campagne ont été réalisés par l'équipe de terrain avec l'aide de pêcheurs professionnels travaillant depuis de nombreuses années autour de l'étang de Berre (exceptionnellement ils ont été relevés par l'équipe de terrain seule ou aidée par les membres du GIPREB).



Figure 3 : Mise en place d'une capéchade et vue de la capéchade une fois en place.

Les deux pêcheurs professionnels ont apporté leur connaissance du terrain lors de la mise en place des capéchades, afin de déterminer la meilleure orientation du filet sur chacun des 6 sites d'étude. Les pièges ont été mis en place le lundi matin de chaque semaine d'échantillonnage pour être retirés le vendredi matin, soit 96 heures de pêche. Les relèves ont eu lieu une fois par cycle de 24 h, le matin à heure fixe (dans la mesure du possible). Quatre pêches ont donc été effectuées par saison à chaque station, quand le temps le permettait. Les principales difficultés ont été posées par le vent fort, la température élevée de l'eau lors des missions de juin, car le poisson se détériore rapidement, et la présence de méduses en quantité lors des missions de septembre. Cependant, il ne s'est pas avéré nécessaire d'effectuer deux relèves par cycle de 24 h.

Chaque capéchade était maintenue en place sur le fond à l'aide de quatre ancres, dont le poids atteignait 50 kg dans les zones soumises à fort courant. La longueur et le diamètre du cordage (bout) entre chaque ancre et la capéchade ont été adaptés en fonction des spécificités de chaque zone de pêche sur les conseils des pêcheurs accompagnant l'équipe de terrain. En fonction des spécificités de chaque site et des conditions météorologiques, un lestage supplémentaire de la capéchade a parfois été mis en place, en certains points de la ralingue, afin d'éviter qu'elle ne soit soulevée par le vent, car cela réduit nettement son efficacité de pêche. Une partie du matériel de fixation et d'accastillage a été fournie par les deux pêcheurs professionnels. Le groupement a utilisé 1 à 1,5 journée de travail pour la préparation et l'organisation des missions pour chaque campagne de pêche.

Les pêcheurs professionnels ont été rétribués au prorata du nombre de jours de pêche selon un forfait journalier pour une prestation comprenant :

- la mise à disposition d'un pêcheur professionnel ;
- la mise à disposition d'une embarcation de pêche ;
- l'entretien et la réparation des engins de pêche endommagés ;
- le stockage des filets entre les différentes saisons de pêche.

En outre, à certaines campagnes durant les deux phases du suivi, les pêcheurs professionnels ont mis à disposition des scientifiques les captures de quelques-uns de leurs filets à plus grosse maille pour compléter l'inventaire. L'étude des captures de ces filets supplémentaires situés à proximité des stations d'échantillonnage habituelles a permis de compléter l'échantillonnage.

2.4 Opérations de pose et de relève des engins de pêche

Le protocole d'échantillonnage a été élaboré pour garantir la faisabilité et la reproductibilité des opérations dans le cadre d'un suivi pluriannuel en tenant compte, en particulier, de la distance entre stations et de la nécessité de réaliser le relevé des captures des 6 stations d'échantillonnage dans un laps de temps réduit, pour garantir l'homogénéité de l'échantillonnage. Le protocole DCE impliquant, dans la mesure du possible, de restituer vivants dans l'étang les poissons capturés, pesés et mesurés, en particulier les anguilles, qui ont une forte valeur écologique et marchande, cette contrainte supplémentaire s'est ajoutée à l'organisation logistique du travail de terrain. Ainsi, l'aide de deux pêcheurs professionnels et de leur embarcation pour manipuler les capéchades et l'utilisation d'un navire océanographique côtier : l'AntédonII, servant de plate-forme, pour les viviers et le tri, et de laboratoire de travail, ont permis de garantir les conditions requises dans le cadre du cahier des charges.

La relève des filets et les transferts sur l'Antédon ont été organisés de la manière suivante :

- la partie sud de l'étang de Berre (Stations 3, 4 et 5) a été échantillonnée par un scientifique avec Roger Rampaud, pêcheur basé à la Mède ;
- la partie nord de l'étang (Stations 1, 2 et 6) a été échantillonnée simultanément par un second scientifique avec Bernard Carlu, pêcheur basé à Saint Chamas ;
- l'AntédonII faisait route depuis le canal de Caronte en direction du nord de l'étang, les captures des stations 3 et 4 étaient transférées à bord de l'AntédonII à sa sortie du canal de Caronte pour être traitées par un autre scientifique resté à bord, qui les transvasait dans les viviers et commençait le tri ;
- les poissons de la station 5 étaient ensuite récupérés et transbordés sur l'AntédonII avant que le bateau ne fasse route vers le nord-ouest de l'étang ;
- les captures des stations nord (1, 2 et 6) étaient alors récupérées simultanément et ramenées à bord du navire AntédonII. Les deux scientifiques embarqués avec les pêcheurs rejoignaient le bord de l'AntédonII lors du transbordement ou plus tard après avoir récupéré leur véhicule laissé au port de départ, selon les conditions météorologiques.

Des adaptations de ce protocole ont été faites notamment lors des campagnes de septembre et décembre 2008, lorsque le vent était particulièrement fort et ne permettait pas de récupérer le filet de la station de Berre. Ce filet a alors été relevé grâce à l'embarcation du GIPREB en partant du port de Berre l'étang.

D'autres contretemps généralement liés à la servitude de passage du pont de Martigues (grève du port autonome, réparation du pont) ont de façon ponctuelle empêché l'AntédonII de se rendre dans l'étang et imposé le transport des captures par la route dans des glacières équipées de bulleurs ou que le pêcheur de la Mède fasse route jusqu'à l'entrée du canal où l'attendait l'AntédonII, derrière le pont.

Le vent fort durant les campagnes d'automne (C2) et d'hiver (C3 et C7) a imposé la perte d'une pêche sur les 4 prévues (démarrage un jour plus tard ou fin de la mission un jour plus tôt. Cependant, le protocole retenu a permis de travailler à toutes les saisons même par force 6 à 7 de Mistral, notamment en avançant de quelques heures le matin la levée des filets, avant que le vent ne soit trop fort.

Enfin, nous avons pu expérimenter une journée la réalisation à terre des opérations de tri, mesures et pesées, lors des campagnes de septembre et décembre 2008, en installant notre laboratoire de tri devant ou dans le laboratoire du GIPREB (table de travail, véhicule utilitaire transportant tout le matériel nécessaire) lorsque le vent était très fort et obligeait l'AntédonII à rentrer à Marseille.

La relève des filets consistait à récupérer les poissons présents dans les nasses du piège (Figure 4). Pour cela, le filet était relevé depuis la cape jusqu'à l'extrémité du piège. Les poissons étaient récupérés au fond de la dernière nasse, par une ouverture maintenue fermée par un lien, et transvasés à bord de l'embarcation du pêcheur dans des bacs remplis d'eau prélevée dans le milieu. Le piège était ensuite remis en place pour le cycle de pêche suivant.



Figure 4 : Récupération d'une pêche dans une poubelle avant transfert dans un bac équipé d'un bulleur et contenant de l'eau du site.

Lors de chaque relève, les engins de pêche ont été inspectés pour noter d'éventuels dégâts et réparer sur place, si possible. Nous n'avons pas eu de réparations importantes à faire, nécessitant un travail à terre, ni même le remplacement d'un engin par l'une des trois capéchades en réserve. Quelques accrocs ont été réparés par les pêcheurs. Les filets demeurent donc opérationnels pour de nouvelles campagnes de pêche.

Pour la pose des engins de pêche, la relève et le tri des captures, l'équipe sur le terrain était composée, lors des 5 journées de terrain de chaque campagne de pêche, de trois personnes. Cet effectif plus important que lors des campagnes de pêche DCE (2 personnes) permettait de traiter l'ensemble des 6 capéchades et 1 ou 2 filet de pêcheur dans une même journée même lors de captures abondantes (lors des pêches DCE, 2 à 4 engins de pêche étaient travaillés chaque jour). L'équipe de terrain était également épaulée par les scientifiques du COM et étudiants stagiaires, qui sont intervenus ponctuellement à bord de l'AntedonII, ainsi que par le personnel du navire, notamment aux campagnes de juin et septembre, lorsque les captures sont très abondantes.

Outre le transfert rapide des captures en viviers, le laboratoire en mer que constitue le N.O. AntedonII a permis d'optimiser les conditions d'échantillonnage en limitant les temps de transfert entre les engins calés dans les 6 stations et le site où étaient mesurés et pesés les poissons. Ceci diminuait de façon importante l'écart de temps entre le relevage du premier et du dernier filet de poste. Par ailleurs, le travail de tri débutait dès le transbordement des premiers échantillons de la partie sud de l'étang par un scientifique à bord de l'AntedonII, pendant que les deux autres accompagnaient les pêcheurs. De plus, le laboratoire de surface, se déplaçait dans l'étang et venait à la rencontre du petit bateau des pêcheurs, ce qui évitait d'installer un laboratoire de terrain à deux reprises à terre, dans le sud puis dans le nord de l'étang. Même quand l'AntedonII restait bloqué derrière le pont, dans le canal de Martigues, la plateforme de tri et de viviers qu'il offrait rendait le travail considérablement plus efficace et rapide.

2.5 Paramètres abiotiques

Lors de la pose, la position de chaque filet était relevée avec un DGPS (précision de 1 à 2 m) afin de pouvoir repositionner les engins de pêche aux mêmes emplacements, à chaque suivi. A chaque pose ou remise en pêche et à chaque relevé des captures, la date et l'heure (précision à la minute) et les conditions météorologiques ont été notées afin d'évaluer la durée exacte de calée et les conditions de pêche. La profondeur et les paramètres physico-chimique de l'eau (voir plus bas) ont également été mesurés lors de chaque visite.

Avant la relève de chaque filet (afin d'éviter la perturbation des mesures par la remise en suspension du sédiment), il était procédé à la mesure des paramètres physico-chimique de l'eau (température, salinité, conductivité, oxygène dissous (en % et en mg/L) au fond et en surface, à l'aide d'une sonde multiparamètre Hanna HI 9828. Afin de réduire les coûts d'équipement, les mesures sur chaque station ont été effectuées un jour sur deux, en alternance entre les 3 stations du nord et les 3 stations du sud. La sonde multi-paramètres de terrain Hanna, offrait une précision en adéquation avec les résultats attendus (température : $\pm 0,1$ ° C, salinité : ± 1 % de la lecture, oxygène dissous : $\pm 0,2$ mg/l), ainsi qu'une facilité d'utilisation et un encombrement réduit (bateau pêcheur). Dans le cas de profondeur importante ou d'anoxie constatée au fond, un profil fond-surface pour l'ensemble des paramètres était réalisé afin de déterminer l'importance (hauteur de la colonne d'eau concernée) de l'anoxie. Ces éléments ont été importants pour faciliter l'interprétation des données.

Les données mesurées par EDF en surface et au fond sur son réseau de stations ont été utilisées pour situer les campagnes d'échantillonnage dans le cycle annuel de variation des paramètres hydrologiques relevés (température, salinité, oxygène) (dans le cadre d'une convention de mise à disposition et d'utilisation des données).

2.6 Conservation des captures et précautions concernant le vivant

L'utilisation d'engins de poste permet de conserver un plus grand nombre de captures vivantes lorsque la poche est régulièrement relevée. Les individus de petite taille et les espèces pélagiques demeurent cependant très fragiles. Le protocole que nous avons suivi cherche néanmoins à limiter au maximum les mortalités et à sauvegarder en particulier les anguilles. Tous les poissons présentant une bonne vitalité ont été remis à l'eau après avoir été mesurés. Seuls les individus posant un problème d'identification où ayant un caractère exceptionnel (malformation, hybride, espèces inhabituelles, ...) ont été conservés et ramenés au laboratoire pour une étude plus approfondie. L'équipe qui intervenait sur le terrain s'est efforcée de mettre en œuvre tous les moyens possibles pour conserver les poissons vivants et limiter les prélèvements inutiles dans le respect du Code de l'Environnement et des recommandations de la Commission européenne en matière d'expérimentation scientifique comprenant l'anesthésie, le transport et la capture d'animaux non domestiques. Ces précautions ont été appliquées et expliquent le recours au navire océanographique AntédonII dans le cadre de cet inventaire.

La pêche de chaque capéchade était conservée, depuis le moment de prélèvement, dans un bac contenant un volume d'eau suffisant, pour conserver les poissons dans de bonnes conditions (voir précisions § 3.2). Puis les captures étaient transférées et traitées à bord de l'AntédonII afin de mesurer et peser les poissons rapidement. Les captures étaient traitées selon le protocole décrit dans le document DCE (Lepage et Girardin, 2006) : les poissons étaient identifiés, mesurés, pesés, éventuellement photographiés et la présence de parasites et toute remarque sur la qualité était soigneusement consignée.

Plusieurs mesures ont été mises en place afin de limiter le plus possible la mortalité au sein des espèces capturées :

- afin de respecter le cahier des charges DCE, les poissons ont au maximum été maintenus vivants lors des transferts par stockage dans des bacs oxygénés. Des bulleurs à piles ont été utilisés pour oxygéner l'eau des glacières utilisées à bord des bateaux de pêche ;
- les bacs se trouvant à bord de l'embarcation des pêcheurs contenaient un volume important d'eau du milieu naturel. Les crabes lorsqu'ils étaient abondants étaient séparés des poissons afin d'éviter qu'ils n'infligent des blessures aux poissons ;
- les bacs contenant les poissons ont été le plus rapidement possible transvasés dans des viviers de 150 l à bord de l'AntédonII, dont l'eau était constamment renouvelée par manche à eau et débordement contrôlé (Figure 5). L'AntédonII permettait d'optimiser les manipulations des poissons pesés, mesurés et les opérations d'anesthésie et de stockage dans des conditions favorisant la survie du maximum d'individus.





Figure 5 : Système de viviers mis en place sur l'Antédon II avec alimentation permanente en eau.

Les conditions de transport étant satisfaisantes, tous les individus, y compris les gros, ont été traités (identification, mesure de la taille et du poids) à bord de l'AntédonII puis remis à l'eau. Il faut préciser néanmoins que les espèces les plus sensibles telles que les petits pélagiques (sardines, anchois, athérines), étaient généralement déjà mortes dans les capéchades ou mourraient très rapidement quand l'eau était chaude (mission de juin et septembre). Les anguilles, les petits benthiques (gobies, blennies, crevettes) ainsi que les démersaux (muges, bogues) résistaient bien au transport dans ces conditions.

L'utilisation de faibles doses d'anesthésiant (solution d'eugénoïl à 95% - 2 ml d'huile essentielle de clou de girofle pour 5 ml d'éthanol diluée dans 10 litres d'eau, principe actif de l'huile de clou de girofle) a été limitée en raison de recommandations relatives au délai d'élimination nécessaire par les organismes (risque que le poisson soit repêché et consommé peu après la mission). Le but recherché était d'anesthésier les poissons, notamment les anguilles, afin de faciliter les manipulations, de limiter stress et mortalité durant la prise de données biométriques. La durée d'anesthésie était de quelques minutes, variable selon les espèces et les individus. Un bac de réveil était utilisé avant remise à l'eau.

2.7 Identification et biométrie des captures

Tous les poissons capturés ont été identifiés pour chacune des 6 stations, à l'aide de clés d'identification et d'ouvrages d'identification de référence pour le terrain (Louisy, FAO, Bauchot et Pras). Une attention particulière a été portée aux espèces très ressemblantes (Gobiidés, Soléidés, Athérinidés, Syngnathidés, etc.), qui demandent souvent un examen détaillé, surtout pour les juvéniles de petite taille. Pour ces espèces des échantillons ont été conservés dans de l'alcool et adressés à des spécialistes pour vérification de la détermination. Des clichés photographiques ont aussi été faits. L'identification a été portée jusqu'au niveau spécifique le plus souvent possible.



Figure 6 : Session de tri des captures vivantes par espèces ou groupes avant relevés biométriques et dénombrement.

Il n'est pas possible d'identifier les Gobiidés de petite taille au cours du tri sur le terrain, ce travail nécessite un examen à la loupe binoculaire. Durant la première phase, un échantillon de chaque station a donc été transmis à Patrice Francour et Pascaline Bodilis (EA 3156 Gestion de la biodiversité, Laboratoire ECOMERS-Nice, membre du Gis Posidonie), spécialistes des Gobiidés de Méditerranée nord-occidentale, pour identification. Un jour de travail d'identification était prévu par campagne. Bien que le nombre d'espèces présentes ait finalement été faible, ce travail s'est avéré bien plus long et délicat que prévu. A l'issue de la première phase, des échantillons des 4 premières campagnes ont permis de vérifier l'identification des gobies et de réaliser des mesures biométriques sur les gobies prélevés. Ce travail de détermination et de biométrie fait l'objet d'une synthèse dans un paragraphe particulier du présent rapport et n'a pas été poursuivi la deuxième année.

Les syngnathes et les athérines ont fait l'objet d'autres échantillonnages adressés à Jean-Pierre Quignard et Patrick Louisy pour vérifier l'identification des espèces.

Des échantillons de poissons plats ont également été prélevés et leur identification vérifiée auprès de Mireille Harmelin-Vivien, Yves Letourneur et Fabien Morat.

Conformément au document DCE, les poissons ont été mesurés à la fourche (et longueur standard, afin de permettre d'éventuelles comparaisons avec les travaux de référence) au millimètre près, et pesés individuellement au g près pour les individus de plus de 30 g. Pour un effectif supérieur à 30 individus par espèce dans une capéchade, un échantillon de 30 poissons de taille représentative des tailles de l'ensemble, a été mesuré. Les individus surnuméraires ont été comptés pour obtenir l'effectif global. En cas de très gros échantillon, un sous-échantillonnage a été réalisé pour estimer l'effectif total de l'échantillon. Le poids total de chaque espèce par échantillon a été noté.

Les poissons capturés à chaque station lors d'une journée de chaque campagne saisonnière ont été examinés, afin de déceler des traces externes de parasitoses ou de pathologies. Cette tâche a été réalisée par Patrick Girard, vétérinaire possédant une très bonne expérience dans le domaine de l'analyse et du diagnostic des pathologies et parasitoses externes.

2.8 Examen vétérinaire

Les captures des 6 stations ont été examinées par un vétérinaire spécialiste des poissons une fois par campagne. La recherche de **pathologies** et de **parasitoses externes** nécessitant de travailler sur du matériel frais, le vétérinaire s'est joint à l'équipe de terrain au cours d'une journée lors de chaque saison de pêche. La totalité des pêches ne pouvant être examinée, il réalisait un sous-échantillonnage des captures issues de chaque station. Des prélèvements de poissons de différentes espèces ont été effectués afin de constituer des échantillons représentatifs sur lesquels différents examens et analyses ont été réalisés. Autant que faire se pouvait, un minimum de 20 poissons a été examiné par secteur de pêche et par campagne.

Sur chaque poisson fraîchement pêché et préalablement sacrifié par surdosage d'anesthésique (lorsque nécessaire) ont été entreprises *in situ* les investigations sanitaires suivantes :

- l'identification de l'espèce ;
- des **mesures biométriques** : longueurs exprimées en millimètres : Lt longueur totale, Lf longueur à la fourche, Lst longueur standard et poids exprimé en grammes ;
- des **examens macroscopiques externes et internes** destinés à noter toute altération ou lésion éventuelle (selon la méthodologie « Code pathologie » ci-après) ;
- des **examens parasitologiques externes et internes** (œil nu, loupe binoculaire et/ou microscope) destinés à apprécier l'ambiance parasitaire globale :
 - **cutané-branchiale externe** : Crustacés, Myxosporidies, Monogènes et surtout Protozoaires qui, pour la plupart, sont des bio-indicateurs de la qualité du milieu ;
 - mais également une première **inspection interne** : Acanthocéphales, Cestodes, Nématodes.

Plusieurs prélèvements de muscle (anguilles) ou de poissons entiers ont également été réalisés et les échantillons constitués ont été conservés en congélation dans l'attente d'éventuelles analyses toxicologiques.

L'outil « **Codes pathologie** » est un bioindicateur pertinent à la fois de la qualité de l'eau et du milieu et de la qualité du peuplement et des populations en place (GIRARD, 1998 ; GIRARD & ELIE, 2007 ; KARR *et al.*, 1986), alors que le **microparasitisme** à *Trichodina* sp. est un bioindicateur pertinent, mais uniquement de la qualité de l'eau et du milieu (GIRARD, 1997 ; GIRARD, 1998). L'interprétation en termes de qualité de l'eau et du milieu repose sur deux bioindicateurs : les « Codes pathologie » et l'indice « *Trichodina* ».

GIRARD (1998) estime que la qualité de l'eau et/ou des habitats est altérée lorsque la prévalence (P%) des lésions externes et/ou du parasitisme externe à *Trichodina* sp. est supérieure à 5% conformément à la grille suivante (Tableau 2) calquée sur le modèle des grilles de qualité des Agences de l'eau :

Tableau 3 : Codes « pathologie » d'après Girard (1998)

P%	Qualité de l'eau et habitat	Classes Agence
0-1 % (= NS)	excellente	1 A
1-5 % (= faible)	bonne	1 B
5-20 % (= moyenne)	médiocre	2
20-35 % (= forte)	mauvaise	3
> 35 % (= très forte)	très mauvaise	HC

L'outil « Codes pathologie » vise en premier lieu à observer et à décrire les principales anomalies externes et les parasites externes des poissons visibles à l'œil nu, ainsi qu'à déterminer leur prévalence au sein d'une population.

En outre, cet outil :



En outre, cet outil :

- fournit des informations sanitaires de premier niveau car il permet de qualifier la santé des populations en décrivant et en quantifiant la sévérité ou l'importance des altérations tissulaires et/ou du parasitisme externes des poissons ;
- propose une orientation de diagnostic (type système-expert simplifié) en renseignant sur les étiologies possibles des différentes altérations constatées : ainsi, pour une anomalie donnée, une liste des principales causes possibles est proposée ;
- permet d'interpréter les données en termes de qualité de l'eau et du milieu, en proposant une estimation de la qualité basée sur les prévalences des altérations externes et/ou des parasites observés.

A ce titre, il est donc plus qu'un simple outil d'observation et de description, il apparaît également comme un instrument d'aide à la décision, notamment pour d'éventuelles études épidémiologiques complémentaires et une meilleure gestion des ressources halieutiques et des stocks naturels.

2.9 Saisie et archivage des données du suivi

Les données correspondant à chaque filet de pêche ont été consignées sur une fiche de terrain regroupant :

- les informations contextuelles (date, heure, point GPS) ;
 - les données hydrologiques (température, salinité, conductivité, oxygène)
 - les données biologiques (espèce, nombre, longueur standard, longueur à la fourche, biomasse).
- Les fiches de terrain ont été archivées par journée et par campagne.

Après vérification et validation des identifications et des mesures, les données de pêche ont été saisies à l'issue de chaque campagne au format Excel pour être regroupées dans une base globale. De plus, les données ont été saisies dans des fiches élaborées et fournies par le Cemagref dans le cadre de la DCE (accord d'utilisation de Lepage et Girardin), de façon à comparer les données avec les inventaires 2006 et à garder une cohérence par rapport aux inventaires ichtyologiques réalisés sur plusieurs lagunes méditerranéennes en 2006.

Laurence Le Diréach et Laurent Brosse en particulier, se sont assuré que toutes les fiches de pêche étaient complètes et qu'elles ne recélaient pas d'erreurs de saisie. Ces fiches, après vérification des données d'identification des gobies, ont été transmises au Cemagref pour être intégrées dans une base de donnée sous PostgreSQL, ayant la même structure que celle utilisée au niveau national pour compiler les données DCE des masses d'eau de transition. Une autorisation a également été demandée pour pouvoir utiliser cette base de données.

2.10 Analyse des données de pêche

L'analyse des données est ici conduite afin de répondre aux objectifs suivants, conformément au cahier des charges :

- établissement d'une liste faunistique des poissons de l'étang ;
- répartition spatiale et temporelle des espèces dans l'étang ;
- effet des paramètres de milieu sur la présence et l'abondance des diverses espèces dans chaque station (évolution/modification des peuplements en relation avec les modifications de certains paramètres environnementaux) ;
- effet des paramètres du milieu sur les différentes guildes fonctionnelles (écologique, trophique et position dans la masse d'eau) utilisées pour décrire le peuplement ichtyologique. Évolution, modification entre les différents groupes composant chacune des guildes tant au niveau temporel que spatial en fonction des fluctuations du milieu ;
- comparaison des résultats avec ceux des études ichtyologiques réalisées précédemment sur l'étang de Berre, incluant les résultats obtenus dans le suivi DCE ;
- comparaison des résultats avec ceux d'autres lagunes méditerranéennes.

Les répartitions spatiale et temporelle des espèces sont analysées à partir des valeurs de rendement (abondances et biomasses pêchées dans un filet ramenées à une durée standard de 24 h de pêche) et de la composition spécifique à chaque station et à chaque saison. L'analyse des résultats vise à définir

les différents traits écologiques au regard des paramètres abiotiques définissant la qualité des eaux de l'étang (O₂ dissous, salinité, température et turbidité) et du turbinage EDF.

Plusieurs échelles spatiales et temporelles sont utilisées (stations, groupes de stations par jour, saisons) en mettant en regard la composition spécifique (présence/absence des espèces, % d'occurrence, indice de diversité), l'abondance dans les captures, les rendements en abondance et en biomasse. Dans ce rapport de phase II, avec l'ensemble des données du suivi, l'analyse de la structure des tailles et des variations du peuplement ichthyologique en fonction du milieu et en particulier les fluctuations des paramètres abiotiques et les entrées marines sont abordées.

Une synthèse des observations portant sur l'état de santé des poissons prélevés, l'éventuelle présence de pathologies ou de parasites fait l'objet d'un chapitre rédigé par le vétérinaire du groupement, qui comprend des explications sur l'origine possible de ces pathologies et leur lien probable avec la qualité du milieu. Un diagnostic est porté sur la qualité des peuplements de poisson à partir d'indicateurs de leur état de santé.

Les données collectées dans le cadre de ce suivi sont comparées avec les données des dernières pêches expérimentales de 2006 et certaines données de la littérature, notamment celles collectées à Berre avant et après la mise en place de l'usine EDF (Synthèse bibliographique d'Aboussouan et Gerbal, 1994 ; Le Corre et Garcia, 1987 ; données DCE 2006). Des comparaisons sont également faites avec d'autres lagunes de la façade méditerranéenne notamment celles étudiées dans le cadre de la DCE.

2.11 Définition des guildes et analyses de diversité spécifique

L'étude des relations entre les communautés vivantes et leur environnement, à diverses échelles de temps et d'espace, permet de mieux appréhender le rôle des différents processus impliqués dans les fluctuations de la biodiversité et de la structure des communautés (nombre, type et abondance des espèces, relations entre espèces ...). Elle permet de hiérarchiser ces processus en fonction de leur importance. Ce type d'analyse est également utile pour caractériser le parallèle entre évolution des systèmes (sous diverses influences) et évolution des communautés vivantes, en précisant le rôle des modifications des systèmes dans l'évolution des communautés, et réciproquement. Les communautés biologiques sont, soit des groupes de populations délimités par des frontières géographiques, soit des groupes de populations vivant dans des systèmes ouverts. Les principales caractéristiques des communautés émergent des interactions entre différents processus hiérarchisés agissant à des échelles spatiales (local vs régional) et temporelles (phénomène de succession écologique, variations climatiques, influences anthropiques ...) multiples. Ces caractéristiques sont notamment influencées par l'environnement physique dans lequel se trouve une communauté ainsi que par les interactions entre les populations constitutives de la communauté.

Parmi les caractéristiques d'une communauté se trouvent des éléments comme le nombre d'espèces, le régime alimentaire, les stratégies de reproduction, certaines caractéristiques écologiques etc., soit la diversité de traits de vie des espèces composant cette communauté. L'étude et la classification de ces traits aboutit à la définition de guildes fonctionnelles. La définition de ces guildes (*i.e.* ensemble d'organismes utilisant une ressource de la même façon) permet de regrouper les espèces ayant les mêmes caractéristiques pour un trait biologique ou écologique particulier (alimentation, reproduction, tolérance à la salinité etc.) ce qui permet de dépasser le cadre de l'étude d'une espèce en particulier, pour se focaliser sur l'étude du fonctionnement de la communauté, et donc changer d'échelle avec, à la clef, la possibilité d'effectuer des comparaisons entre des communautés fréquentant des milieux similaires mais composées d'espèces différentes.

L'objectif principal de la présente étude étant de déterminer si les mesures de gestion des apports de la Durance mises en place ont un effet ou non sur le peuplement ichthyologique, l'approche de l'écologie fonctionnelle a été choisie en considérant les principales guildes pouvant le structurer. Cette approche est d'ailleurs utilisée afin de déterminer les facteurs de structuration des assemblages de poissons dans les estuaires européens de la façade atlantique. Ces travaux se déroulent dans le cadre de la Directive cadre Européenne sur l'Eau (DCE) avec pour objectifs, à terme, la mise en place d'un



indice poisson qui permettrait de déterminer si un estuaire est de bonne qualité biologique ou non par la seule étude de l'ichtyofaune. Des travaux similaires sont en cours, toujours dans le cadre de la DCE pour mettre en place un indice poisson (Agence de l'Eau) adapté aux lagunes méditerranéennes (Girardin *et al.*, 2009). Cet indice n'étant pas disponible au moment de l'étude, le diagnostic s'est appuyé sur les paramètres de base définissant le peuplement et l'analyse de la diversité et de l'équitabilité au sein des guildes fonctionnelles caractérisant les assemblages de poissons (communautés d'espèces) à différentes stations ou saisons. Ces deux indices ne sont pas spécialement adaptés aux milieux de transition mais ils permettent une approche objective dans l'analyse de la richesse spécifique.

L'étang de Berre fait partie des lagunes méditerranéennes étudiées en 2006 (printemps et automne) dans le cadre des inventaires de l'ichtyofaune réalisées pour la DCE. Ce sont les résultats obtenus au cours de ces travaux qui servent actuellement de base à l'ensemble des réflexions menées sur la mise en place d'un indice de qualité poisson spécifique aux lagunes. L'intérêt de l'approche fonctionnelle est de s'affranchir des limites liées à la répartition géographique des espèces à l'échelle méditerranéenne. Les caractéristiques des peuplements sont ainsi analysées au regard des principales caractéristiques hydro-géo-morphologiques des lagunes et des principaux impacts liés aux activités humaines. Afin que les résultats et analyses de la présente étude puissent être exploités plus tard dans le cadre de la DCE, il a été décidé pour le travail d'analyse sur les guildes fonctionnelles d'employer celles définies pour la DCE.

Chacune des espèces recensées dans l'ensemble des échantillons pour les quatre campagnes de la phase 1 se trouve classée dans une des catégories de chacune des trois guildes définies. Cette classification repose sur les connaissances concernant la biologie et l'écologie de chacune de ces espèces et l'avis des experts.

Tableau 4 : Catégories composant les différentes guildes fonctionnelles

Guildes fonctionnelles	Composition spécifique
Ecologiques	CA : migrateurs amphihalins ER : espèces autochtones FW : espèces dulçaquicoles MA : espèces marines présentes occasionnellement MJ : espèces marines utilisant l'étang au stade juvénile comme nourricerie MS : migrants marins saisonniers
Trophiques	V : herbivores Z : zooplanctonophages IB : prédateurs d'invertébrés benthiques IS : prédateurs d'invertébrés suprabenthiques F : piscivores O : omnivores
Distribution verticale	P : espèces pélagiques D : espèces démersales B : espèces benthiques

Une liste exhaustive des espèces capturées durant le suivi a été élaborée, en indiquant pour chaque espèce leur catégorie d'appartenance à chaque guildes (voir paragraphe suivant), comme leur origine (marine, eau douce, eau saumâtre), leur position dans la masse d'eau (guildes habitat : benthique, démersale, pélagique) ou leur préférence alimentaire (guildes trophique : piscivore, invertivore, détritivore, herbivore etc.). La répartition des espèces capturées au sein de ces différentes guildes est réalisée conformément aux listes établies par le Cemagref de Bordeaux dans le cadre de l'analyse des données DCE Masses d'Eau de Transition au niveau national. Les résultats sont analysés au niveau de chaque station pour chaque journée de pêche en calculant pour chacune des guildes fonctionnelles précitées les indices suivants :

- indice de diversité fonctionnelle de Shannon ;
- indice d'équitabilité de Pielou.



Dans le cadre de l'analyse des peuplements ichtyologiques, le calcul des indices de biodiversité de Shannon et d'équitabilité de Pielou permet d'évaluer de façon assez précise la diversité ichtyologique de chaque station en fonction de la répartition des individus par espèce.

Indice de Shannon :
$$H' = - \sum_{i=1}^{i=N} (p_i * \ln(p_i))$$

- N nombre de catégories à l'intérieur de la guildes étudiée ;
- ni : nombre d'individus de chaque catégorie de la guildes i dans l'échantillon N
- pi = ni/N : proportion relative de chaque catégorie de la guildes (CA, ER, MA)

H' varie entre 0 où la biodiversité est minimale et $H'_{max} = \ln(N)$ avec N le nombre total de catégories à l'intérieur de la guildes), qui correspond à la diversité maximale possible.

Indice d'équitabilité de Pielou : $E = H' / H'_{max}$

Cet indice est le rapport entre la diversité spécifique observée (H') et la diversité maximale lorsque la distribution de fréquence des espèces est complètement égale (H'_{max}). E varie entre 0 (peuplement comprenant des catégories dominantes) et 1 (très bon équilibre entre les catégories de la guildes étudiée).

Des comparaisons ont été effectuées sur la durée de chaque campagne pour chaque station mais également entre les stations et entre les campagnes, ainsi qu'entre années, au regard des fluctuations des conditions du milieu, pour déterminer s'il existe ou non des relations de cause à effet liées aux impacts des activités anthropiques, en plus des fluctuations naturelles.

Pour présenter les résultats 4 classes de diversité ont été définies dont les seuils correspondent aux fractions [0-25%],]25-50%],]50-75%],]75-100%] de la valeur de $H'_{max} = \ln(\text{nb total de modalités à l'intérieur d'une guildes, soit 6 et 3 selon les guildes})$, qui est de 1,79 pour les guildes écologiques et trophiques et de 1,1 pour la guildes de répartition verticale, ce qui explique les différences de seuils entre les guildes.

Seuils guildes écologique et trophique : [0 - 0,45] ;]0,45 - 0,9] ;]0,9 - 1,34] et]1,34 - 1,79]

Seuils guildes de répartition verticale : [0 - 0,28] ;]0,28 - 0,55] ;]0,55 - 0,83] et]0,83 - 1,10].



3 RÉSULTATS

3.1 Caractéristiques des captures

3.1.1 Liste des espèces capturées

L'analyse des captures des deux années d'échantillonnage comprenant une campagne à chaque saison fait apparaître une liste de 54 taxons en tenant compte des filets DCE et des filets de pêcheur (liste de l'ensemble des espèces rencontrées) dont 8 crustacés et 46 poissons (Tableau 4). Cette liste comprend l'anguille *Anguilla anguilla* ; 3 espèces d'athérines *Atherina boyeri*, *A. hepsetus* et *A. punctata* (un taxon *Atherina sp.* a été constitué pour les individus indéterminés au niveau de l'espèce) ; 6 Sparidés la bogue, *Boops boops* ; l'oblade *Oblada melanura* ; la saupe *Sarpa salpa*, les sars *Diplodus annularis*, *D. sargus*, la dorade *Sparus aurata* ; 1 Moronidés *Dicentrarchus labrax*. Parmi les petits pélagiques : 1 Engraulidé : l'anchois *Engraulis encrasicolus*, la sardine, *Sardina pilchardus* ; 2 poissons d'eau douce l'épinoche *Gasterosteus aculeatus* et la brème *Abramis brama* ; des Gobiidés, en abondance, famille largement dominée en nombre par *Pomatoschistus minutus* dont les individus sont de petite taille. Les gobies de moyenne et de plus grande taille sont en majorité des *Gobius niger*. quelques grands individus de *Gobius paganellus* sont aussi recensés. Un seul *Gobius paganellus* était présent dans les échantillons de Francour (la présence de larves de gobis a aussi été observée) ; 5 Mugilidés : *Mugil cephalus* et *Chelon labrosus*, *Liza aurata*, *Liza ramada* et *Liza saliens*, un taxon Mugilidés (regroupant les genres *Mugil*, *Chelon* et *Liza*) a été constitué en raison des difficultés d'identification des jeunes individus au stade spécifique ; 1 Mullidé le rouget *Mullus surmuletus* ; 1 Blennidé *Salaria pavo* ; 4 Soleidés *Solea aegyptiaca*, *Solea lascaris*, *Solea senegalensis*, *Solea solea* ; 1 Pleuronectidé *Platichthys flesus* ; 2 syngnathes *Syngnathus abaster* et *S. acus*.

Parmi les crustacés recensés dans les récoltes : le crabe vert *Carcinus maenas*, les crabes de petite taille *Rhithropanopeus harrisi* et *Pilumnus hirtellus* ; l'écrevisse *Procambarus clarkii* et 3 espèces de crevettes : striées *Palaemon serratus*, ponctuées *Palaemon longirostris* et grises *Crangon crangon*.

La liste des espèces capturées avec les filets des pêcheurs comprend en outre, la crevette *Aristeomorpha foliacea*, le sar *Diplodus vulgaris*, 2 Gobiidés : *Gobius cobitis*, *Gobius paganellus*, 1 Clupeidé *Sardinella aurita*, l'araignée *Maja squinado*, *Spicara smaris*, 1 Labridé *Symphodus cinereus*, 1 Thunnidé *Trachinotus ovatus*, 1 Carangidé *Trachurus trachurus*, 1 Gadidé *Trisopterus luscus*.

3.1.2 Origine et traits de vie des espèces dominantes

La majorité des espèces capturées (indépendamment du nombre d'individus par espèce) sont soit des espèces résidentes ou autochtones (27 % des taxons), notamment les petits benthiques, gobies, blennies, soit des espèces marines adventices effectuant des va et vient entre la mer et l'étang de Berre et présentes occasionnellement dans ce dernier (36 %) dont la saupe, la sardinelle, le sar. Une part non négligeable des espèces présentes sont des espèces marines utilisant l'étang de Berre comme une nurserie au stade juvénile (22 %) telles que dorades, loups et flets juvéniles. Les espèces restantes se répartissent parmi les espèces migratrices amphihalines (7 %), dont l'anguille, les espèces marines migrant saisonnièrement dans l'étang de Berre, telles que le loup, la dorade adultes (4 %) et les espèces d'eau douce (4 %) telles que la brème.

Les résultats du suivi indiquent qu'une majorité des espèces rencontrées sont résidentes du système, pour une grande partie de leur cycle biologique (résidents stricts) ou des espèces marines utilisant l'étang de Berre durant certaines phases de leur vie. Si les espèces marines sont plus nombreuses, leur contribution aux captures en nombre et en biomasse est négligeable par rapport aux espèces résidentes. Le migrateur amphihaline qu'est l'anguille est une espèce remarquable par son cycle de vie et son importance économique. L'étang de Berre a bénéficié durant la première phase étudiée d'une salinité l'été et l'automne exceptionnellement élevée (conséquence des années sèches), pour une large partie de sa superficie, pouvant avoir favorisé les espèces à sensibilité plutôt marine dans notre échantillonnage. Durant la deuxième année, des salinités plus basses ont été constatées en juin,

septembre et mars, mais la diversité spécifique n'a pas diminué pour autant et la liste des espèces rencontrées s'est enrichie de nouveaux taxons.

Les informations concernant la biologie et l'écologie des principales espèces de poissons rencontrées durant le suivi ont été rassemblées sous forme de fiches à la fin de ce rapport. La présence des crabes et des crevettes en abondance à toutes les campagnes nous incite à donner quelques éléments de leur écologie dans le paragraphe suivant.

En ce qui concerne les crustacés rencontrés, rappelons (Laubier, 1987) qu'il existe de nombreuses espèces de penaeidés totalement marines et sténothermes. Aucune espèce de cette famille n'est parvenue à s'adapter complètement au milieu lagunaire : reproduction et stade larvaire des Penaeidés se déroulent toujours dans le milieu marin. Les juvéniles de *Palaemon serratus* supportent mieux les eaux dessalées que les adultes. Dans le sud de la France, *Crangon crangon* est à la limite sud de sa répartition et disparaît de certains étangs camarguais au-dessus de 8-10°C (Crivelli, 1982). Cette espèce fait des migrations saisonnières vers les eaux dessalées au printemps et peut supporter des eaux dessalées (6‰) et des températures très basses (6°C) (Boddeke, 1976), ce que nous observons dans nos pêches expérimentales.

Le crabe enragé ou crabe vert (*Carcinus maenas*) est un décapode de la famille des Portunidés assez courant sur les estrans d'Europe occidentale à basse mer. Il possède une large répartition géographique initiale, depuis le nord de la Norvège et l'Islande jusqu'à la Mauritanie. Cette répartition géographique a été considérablement élargie en raison de son introduction en de nombreux endroits à travers le monde (Amérique du Nord et du Sud ; Australie et Afrique du sud), avec une nette tendance à devenir une espèce problématique (voir synthèse de Therriault *et al.*, 2008). *Carcinus maenas* peut vivre sur la plupart des substrats allant du rocher à la vase, aussi bien en milieu marin qu'en milieu estuarien, voire temporairement sursalé, comme dans certaines lagunes, en été. Il fréquente généralement des eaux côtières peu profondes mais il est possible de le retrouver jusqu'à 60 m de profondeur. Le crabe vert présente une résistance assez élevée vis à vis des variations des paramètres du milieu (salinité notamment) et de la pollution. *Carcinus maenas* est considéré comme un prédateur omnivore (proies vivantes ou mortes) essentiellement carnivore, il s'attaque à une grande variété de proies (cnidaires, annélides, crustacés, mollusques, échinodermes, poissons, etc.) et peut être à l'occasion charognard. Le crabe vert est un ennemi des conchyliculteurs en raison des dégâts qu'il commet sur les naissains de bivalves. Cette espèce joue donc, du fait de son abondance et de sa large répartition sur les côtes, un rôle considérable dans l'écologie des milieux littoraux.

La présence de ces crustacés dans l'étang fait l'objet d'observations de la part de Gourret (1907), que l'on trouvera en annexe.

3.1.3 Analyse globale des captures de la première année

Diversité moyenne

En moyenne 7.2 ± 2.7 espèces ont été observées par station, toutes campagnes de la phase 1 confondues.

Abondance moyenne – rendement moyen d'un filet DCE/24h

Sur les 86 pêches expérimentales effectuées avec les capéchades, le nombre moyen d'individus pêchés par filet est de $1\,177 \pm 2\,005$. Il est calculé à partir de l'analyse des captures des opérations de pêche réalisées aux différentes saisons, ramenée à 24h puisque tous les filets n'ont pas rigoureusement pêché le même temps. (Remarque : les temps de pêche étant équivalents, la correction sur l'abondance est minime mais doit être appliquée en toute rigueur).

Biomasse moyenne – rendement moyen d'un filet DCE/24h

La biomasse moyenne pêchée par filet est de $1\,388 \pm 2\,095$ g. Elle est calculée, de même, à partir de l'analyse des captures en 24h de l'ensemble des filets aux différentes saisons.

L'importance de l'écart-type témoigne de la variabilité de l'abondance et de la biomasse entre les opérations de pêches.

3.1.4 Analyse globale des captures de la deuxième année

Diversité moyenne

En moyenne 7.78 ± 3.8 espèces ont été observées par station, toutes campagnes de la phase 2 confondues, ce qui est donc très comparable à la première année.

Abondance moyenne – rendement moyen d'un filet DCE/24h

Sur les 89 pêches expérimentales effectuées avec les capéchades la deuxième année, le nombre moyen d'individus pêchés par filet est de $1\,722 \pm 5\,678$. Les captures ont donc été plus importantes la deuxième année en nombre d'individus.

Biomasse moyenne – rendement moyen d'un filet DCE/24h

La biomasse moyenne pêchée par filet est de $2\,164 \pm 4\,314$ g. Les captures en biomasse ont été, de même, supérieures à celles de la première année du suivi pour un même nombre de stations et de saisons. La variabilité entre pêches est aussi importante la deuxième année en abondance comme en biomasse.

3.1.5 Régimes alimentaires dominants

La majorité des espèces capturées au cours du suivi (indépendamment du nombre d'individus par espèce) sont en majorité des espèces prédatrices d'invertébrés benthiques (29 %), à égalité dans les récoltes des espèces zooplanctonophages (22 %), des omnivores (18 %), et des espèces prédatrices d'invertébrés suprabenthiques (18 %). Les espèces minoritaires sont les espèces herbivores (7 %) et les piscivores (7 %). Les compartiments invertébrés et zooplancton constituent donc le principal réservoir de nourriture pour les poissons fréquentant l'étang de Berre, puisque 69 % des espèces capturées s'alimentent à partir d'invertébrés et de zooplancton. Cette constatation générale reste valable si on considère les effectifs de chaque catégorie, avec un nombre généralement très important de prédateurs d'invertébrés benthiques et de zooplancton, donc de carnivores, comparativement aux autres groupes trophiques. On notera que ce sont les espèces piscivores (échantillonnées par nos filets en minorité), qui sont généralement le plus recherchées par les pêcheurs pour le consommateur.

3.1.6 Espèces dominantes en nombre et en biomasse

Le cumul des captures réalisées aux quatre saisons durant le suivi avec les filets DCE représente 175 opérations de pêche expérimentale dont nous pouvons examiner l'importance relative des différentes espèces en effectif et en biomasse.

Les espèces de petite taille dominent en abondance dans l'échantillonnage : petits gobies, athérines (*A. boyeri* et *A. punctata*), sardines et anchois, ainsi que les différentes espèces de crevettes (Figure 7). Parmi les espèces dont les abondances moyennes sont élevées on compte ensuite la daurade et les muges (Tableau 4). En ce qui concerne les crustacés, *Palaemon serratus* domine en nombre devant *Crangon* et *P. longirostris*. Les captures corrigées des temps de pêche nous permettent de présenter les espèces capturées par ordre décroissant d'abondance.



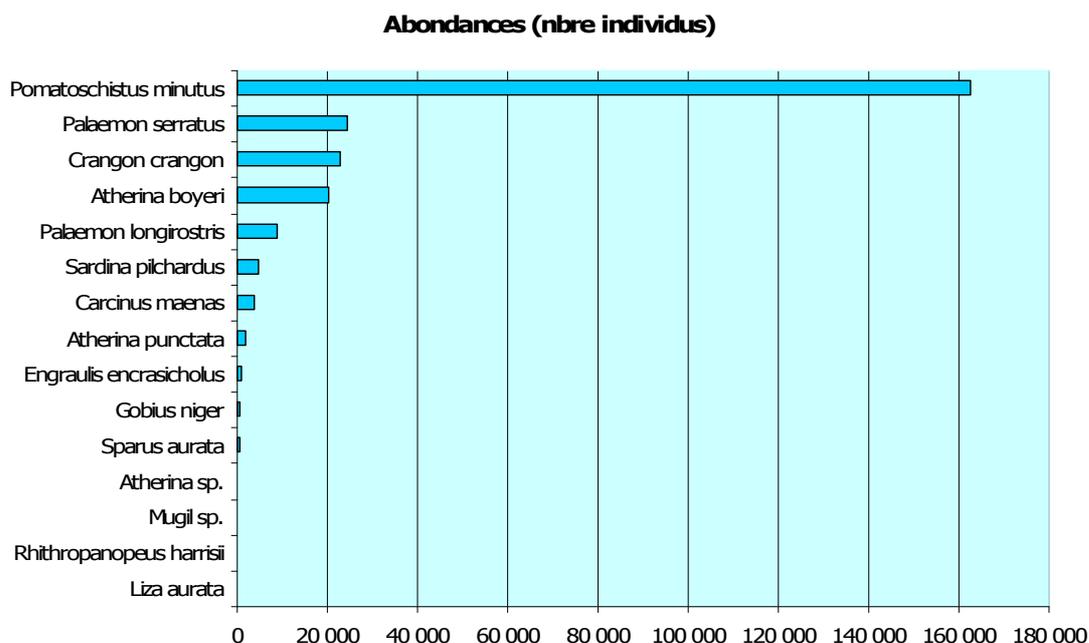


Figure 7 : Principales espèces pêchées classées par ordre d'abondance décroissant dans les captures (total des captures, 2 années, 6 stations).

Les crabes, les gobies et les athérines constituent les taxons qui contribuent le plus à la biomasse pêchée (Figure 8). Des espèces davantage exploitées par les pêcheurs telles que la saupe et l'anguille sont classées avant les petits pélagiques sardines et anchois. Certaines espèces qui dénombrent beaucoup d'individus dans les échantillons contribuent plus modestement à la biomasse pêchée (Tableau 4). L'intérêt de suivre les deux variables est de fournir aussi un premier indicateur de la taille des individus pêchés (taille de l'espèce ou taille du stade de développement). Les crevettes *Palaemon longirostris* et *P. serratus* contribuent équitablement à la biomasse pêchée et deux fois plus que l'espèce *Crangon crangon*.

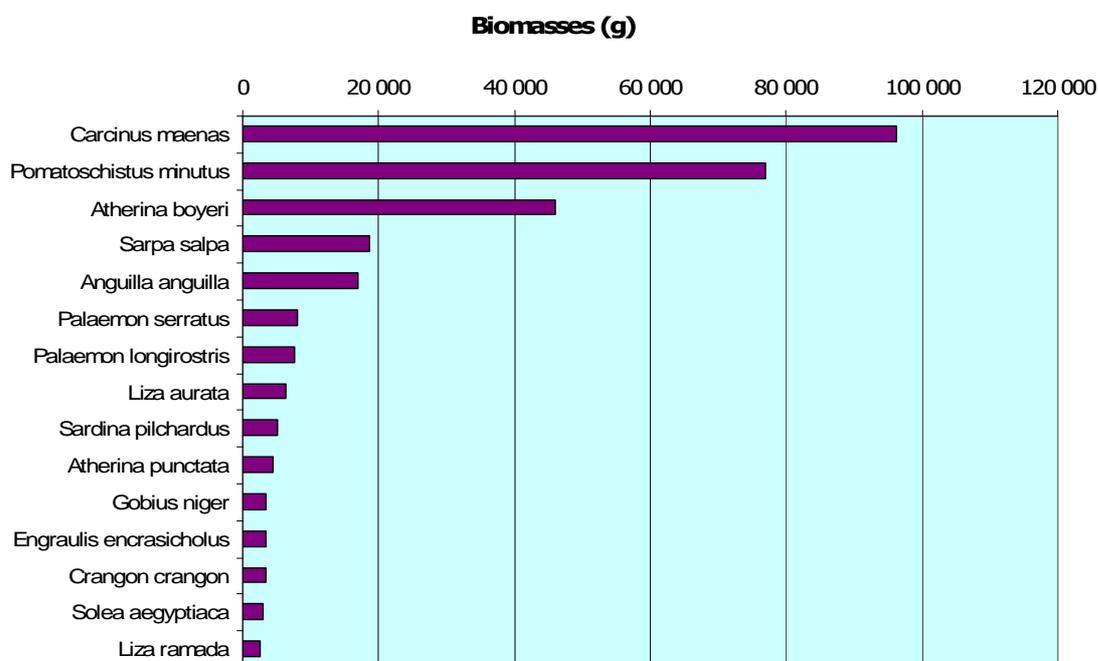


Figure 8 : Principales espèces pêchées classées par ordre de biomasse décroissante dans les captures (total des captures des filets DCE, 2 années, 6 stations).

La contribution de chaque espèce à l'échantillon global des filets DCE du suivi (corrigés du temps de pêche) est présentée dans le Tableau 5 ci-après.



Tableau 5 : Effectifs (abondance totale) et biomasses (biomasse totale) par espèce des 175 opérations de pêche avec les filets DCE. En bleu : les espèces dominantes.

Espèces	Nb échantillons concernés/175	%	Abondance totale	Nb échantillons concernés/175	%	Biomasse totale
Poissons :						
<i>Anguilla anguilla</i>	35	20%	110	33	19%	16 918
<i>Atherina boyeri</i>	132	75%	20 265	108	62%	45 963
<i>Atherina hepsetus</i>	9	5%	201	7	4%	1 276
<i>Atherina punctata</i>	32	18%	1 981	26	15%	4 355
<i>Atherina sp.</i>	21	12%	448	13	7%	623
<i>Belone belone</i>	1	1%	1	ε	0%	ε
<i>Boops boops</i>	3	2%	4	2	1%	141
<i>Dicentrarchus labrax</i>	8	5%	17	3	2%	1 439
<i>Dicologlossa cuneata</i>	1	1%	2	1	1%	13
<i>Diplodus annularis</i>	4	2%	6	2	1%	48
<i>Diplodus sargus</i>	2	1%	2	2	1%	52
<i>Engraulis encrasicolus</i>	58	33%	1 068	53	30%	3 350
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	13	7%	111	3	2%	27
<i>Gobius niger</i>	63	36%	727	58	33%	3 464
<i>Gobius paganellus</i>	1	1%	2	1	1%	18
<i>Liza aurata</i>	27	15%	275	26	15%	6 380
<i>Liza ramada</i>	6	3%	32	6	3%	2 564
<i>Liza saliens</i>	2	1%	3	2	1%	1 210
<i>Mugil cephalus</i>	2	1%	2	2	1%	968
<i>Chelon labrosus</i>	2	1%	5	2	1%	123
<i>Mugil saliens</i>	1	1%	1	1	1%	110
<i>Mugilidés</i>	26	15%	433	4	2%	31
<i>Mullus surmuletus</i>	11	6%	51	11	6%	335
<i>Oblada melanura</i>	1	1%	2	1	1%	7
<i>Pagellus erythrinus</i>	1	1%	1	ε	0%	ε
<i>Perca fluviatilis</i>	1	1%	2	1	1%	4
<i>Platichthys flesus</i>	5	3%	10	1	1%	393
<i>Pomatoschistus minutus</i>	169	97%	162 487	163	93%	77 025
<i>Salaria pavo</i>	28	16%	109	18	10%	331
<i>Sardina pilchardus</i>	34	19%	4757	28	16%	5 165
<i>Sarpa salpa</i>	1	1%	29	1	1%	18 619
<i>Solea aegyptiaca</i>	13	7%	65	13	7%	2 994
<i>Solea lascaris</i>	2	1%	2	1	1%	48
<i>Solea senegalensis</i>	6	3%	6	5	3%	149
<i>Solea solea</i>	11	6%	16	10	6%	781
<i>Sparus aurata</i>	19	11%	708	10	6%	1 175
<i>Syngnathus abaster</i>	25	14%	161	6	3%	59
<i>Syngnathus acus</i>	2	1%	3	ε	0%	ε
Crustacés :						
<i>Carcinus maenas</i>	128	73%	3 896	124	71%	96 360
<i>Crabes non identifiés</i>	2	1%	4	0	0%	0
<i>Crangon crangon</i>	87	50%	22 992	43	25%	3 328
<i>Palaemon longirostris</i>	137	78%	8 892	104	59%	7 602
<i>Palaemon serratus</i>	143	82%	24 300	86	49%	8 147
<i>Pilumnus hirtellus</i>	1	1%	1	ε	0%	ε
<i>Procambarus clarkii</i>	1	1%	1	1	1%	24
<i>Rhithropanopeus harrisii</i>	36	21%	380	18	10%	330

N.B. Les individus très petits présentent un poids inférieur à la précision des balances utilisées. Ces échantillons ne sont pas pesés, ce qui explique la différence entre le nombre d'occurrences positives par espèce pour calculer les abondances et les biomasses.

3.1.7 Cas particulier des gobies - expertise de Patrice Francour

Lors des prélèvements effectués par le GIS Posidonie et le COM (Marseille), les poissons de la famille des Gobiidés ont été séparés des autres espèces et transmis pour détermination et analyse. Le présent paragraphe synthétise les résultats obtenus en analysant les prélèvements de juin, septembre et décembre 2008, ainsi que mars 2009.

Composition spécifique

Au total, les 3604 gobies déterminés spécifiquement appartiennent à 3 espèces : *Gobius niger* Linnaeus, 1758 (354 individus), *Pomatoschistus minutus* (Pallas, 1770) (3249 individus, soit 90.1% du total) et *Gobius paganellus* Linnaeus, 1758 (1 individu). L'individu de *G. paganellus* a été échantillonné en décembre 2008 à la station 5 (Lt = 16.3 cm; Lst = 14.3 cm; PH = 39.45 g).

Données quantitatives

La taille moyenne de *P. minutus* a significativement varié entre les 4 saisons analysées et également entre les différentes stations échantillonnées (ANOVA à 2 facteurs; Tableau 6). Quelles que soient les stations, la taille moyenne a augmenté entre le mois de juin et le mois de décembre, passant de 36.7 mm en juin à 48.4 mm en décembre 2008 (Tableau 6). Elle est restée comparable en mars 2009 (47.1 mm). D'un mois à l'autre, les variations entre stations ont été similaires, sauf pour la station 4, avec une taille moyenne maximale en juin et minimale en septembre (Figure 9). Cette augmentation régulière de la longueur totale moyenne s'est accompagnée d'une augmentation de la biomasse (PH : poids humide) de Gobiidés analysés : 552.2, 824.0 et 956.5 g PH respectivement en juin, septembre et décembre (Tableau 5). En mars 2009, la biomasse était statistiquement plus faible (473.3 g PH).

Pour trois des saisons d'échantillonnage, les relations entre le poids humide et la longueur totale mesurés pour chaque individu ont été calculées à l'aide d'un modèle de type III après linéarisation en log (Tableau 7); l'ajustement de la régression a été vérifié en testant la moyenne des résidus par rapport à zéro. Les pentes des droites de régression ne sont pas statistiquement différentes; par contre, les ordonnées à l'origine le sont (ANCOVA, $P_{\text{pente}} = 0.788$, $P_{\text{ordonnée}} < 0.0001$).

Tableau 6 : Poids humide et longueur totale moyenne des *Pomatoschistus minutus* récoltés en juin, septembre et décembre 2008 et mars 2009 dans l'étang de Berre.

<i>Pomatoschistus</i>		Poids humide Total	Longueur totale (mm)		
			N	moyenne	err.standard
Juin	1	123.6	566	35.2	0.3
	2	53.1	179	37.8	0.5
	3	66.6	307	36.6	0.3
	4	65.4	84	42.6	0.6
	5	61.7	212	37.9	0.4
	6	164.8	609	36.4	0.2
Total		535.2	1957	36.6	0.1
Septembre	1	131.2	60	40.6	0.8
	2	71.4	20	43.3	1.4
	3	145.3	69	41.8	0.7
	4	31.0	64	34.6	0.8
	5	229.9	60	44.2	0.8
	6	215.3	63	42.2	0.8
Total		824.0	336	40.8	0.4
Décembre	1	115.1	60	47.1	0.8
	2	361.8	80	51.6	0.7
	3	58.6	54	46.6	0.8
	4	89.7	48	42.3	0.9
	5	156.7	60	51.4	0.8
	6	174.6	40	49.7	1.0
Total		956.5	342	48.4	0.3
Mars	1	118.0	145	49.4	0.4
	2	78.4	96	49.6	0.5
	3	46.3	60	49.6	0.8
	4	39.2	109	37.8	0.6
	5	85.6	114	48.7	0.5
	6	69.8	90	48.3	0.5
Total		437.3	614	47.1	0.3

La station 4 se distingue des autres stations (longueur maximale en juin et minimale aux autres saisons).

Tableau 7 : Comparaison de la longueur totale des individus de *Pomatoschistus minutus* échantillonnés dans l'étang de Berre en juin, septembre et décembre 2008 et mars 2009.

	SC	ddl	MC	F	p
Mois	50383	3	16794	492.91	0
Stations	7382	5	1476	43.33	0
Mois x Stations	15033	15	1002	29.41	0
Erreur	109879	3225	34		

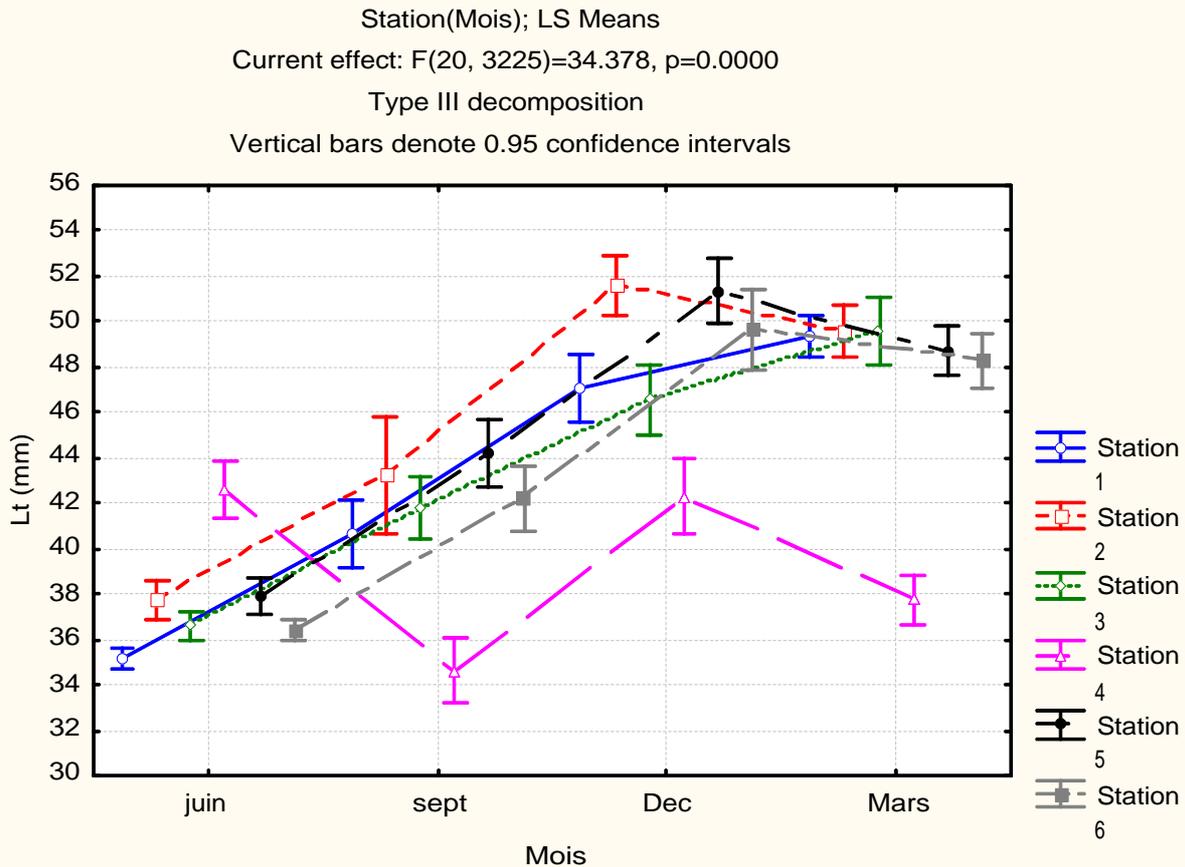


Figure 9 : Évolution de la longueur totale des individus (Lt mm) des *Pomatoschistus minutus* échantillonnés dans les différentes stations de l'étang de Berre (1 à 6) en juin, septembre et décembre 2008 et mars 2009.

Dans les échantillons analysés, la proportion de *Gobius niger* a toujours été très faible : 15.3, 12.5, 0.6 et 1.8% respectivement en juin, septembre, décembre 2008 et mars 2009. En parallèle, la biomasse mesurée de *G. niger* dans les différents échantillons a donc considérablement diminué : 1011.2, 69.0, 5.9 et 34.8 g PH/mois, toutes stations confondues. Compte tenu du faible nombre de *G. niger* en septembre et décembre, la régression entre le poids humide et la longueur moyenne a été calculée pour l'ensemble des mois échantillonnés, à savoir sur 354 individus variant de 2.7 à 11.2 cm de longueur totale :

$$PH (g) = 0.0084 \cdot Lt(cm)^{3.0165}$$

avec $r = 0.8737$ (régression selon modèle II, après linéarisation en logarithmes).

Tableau 8 : Régressions entre le poids humide (PH g) de *Pomatoschistus minutus* et la longueur totale des individus (Lt mm) pour les trois mois échantillonnés, juin, septembre et décembre 2008 dans l'étang de Berre. Un modèle de régression de type II a été utilisé après linéarisation en logarithmes. L'ajustement de la régression a été testé en comparant la moyenne des résidus à zéro ($p < 0.0001$). Les comparaisons des pentes (b) des trois droites et des ordonnées à l'origine (a) ont été réalisées à l'aide d'une ANCOVA (F et p indiqués, pour les pentes et les ordonnées à l'origine).

	Juin	Septembre	Décembre	F (p)
a	1.51E-07	3.51E-06	1.40E-06	20.843 (<0.0001)
b	3.9586	3.1259	3.4040	0.238 (0.788)
r	0.968	0.968	0.956	
n	1957	336	342	
Lt min	23.5	24.0	28.0	
Lt max	94.0	60.0	64.0	

Discussion

Dans l'inventaire des poissons de l'étang de Berre, Aboussouan (1996) mentionnait *Gobius niger*, *Pomatoschistus minutus* et *P. microps* comme Gobiidés et *Lipophrys pavo* et *Aidablennius sphyinx* comme Blenniidés. Dans un travail préliminaire préparatoire, effectué en 1994 avec M. Gerbal, Aboussouan mentionne également comme potentiellement présentes, car citées dans la littérature, 6 autres espèces de Gobiidés : *G. affinis*, *G. cobitis*, *G. canestrini*, *Chromogobius quadrivittatus*, *Pomatoschistus norvegicus* et *Zosterissor ophiocephalus*. Petit et Schachter (1955) citent 8 espèces. L'absence d'une partie de ces espèces dans le travail de Aboussouan (1996) s'explique par la disparition probable de ces espèces ou leur mauvaise identification au préalable. La disparition d'espèce au sein de l'étang de Berre avait déjà été signalée par Huvé *et al.* (1973), probablement en raison des modifications importantes de salinité (Stora, 1976; Stora *et al.*, 1995).

Les deux espèces les plus abondantes au cours du présent échantillonnage : *P. minutus* et *G. niger*, avaient été signalées par Aboussouan (1996). Par contre, la troisième espèce observée (1 individu toutefois), *G. paganellus*, n'a jamais été signalée précédemment à notre connaissance.

Les deux espèces principales sont actuellement, sans aucun doute possible, *Pomatoschistus minutus* et *Gobius niger*. Les très forts effectifs de ces deux espèces dans les prélèvements diminuent de façon importante l'identification d'autres espèces de Gobiidés. En effet, plusieurs espèces de *Pomatoschistus* ou de *Gobius* sont morphologiquement très semblables et souvent seul un examen attentif des pores muqueux présents sur la tête permet de différencier les espèces. Il n'est donc pas impossible que parmi les 3249 *Pomatoschistus* récoltés soient présents quelques individus de *P. microps*. Si l'on considère la biomasse de Gobiidés, les chiffres avancés représentent un ordre de grandeur correct. Par contre, si les échantillonnages futurs visent à dresser un inventaire plus exhaustif de la faune ichtyologique de l'étang, il serait utile de procéder à des échantillonnages complémentaires à l'aide d'une autre technique afin de vérifier si d'autres espèces ne sont pas présentes sur le fond et moins bien échantillonnées par les capéchades. Les observations en plongée sous-marine, couplées à des captures à l'anesthésique, représentent probablement la méthode la plus adaptée à l'heure actuelle pour échantillonner convenablement les Gobiidés d'un secteur (voir par exemple Francour *et al.*, 2007; Francour & Mangialajo, 2007; Francour, 2008).

3.2 Répartition spatiale des espèces échantillonnées

3.2.1 Analyse de la diversité spécifique par station (présence / absence)

Les espèces présentes dans les 175 prélèvements à toutes les stations durant les deux années d'échantillonnage avec les filets DCE sont : les anguilles, les athérines, les gobies, les muges, l'anchois, la sardine, la daurade, le syngnathe, le crabe vert et les 3 espèces de crevettes (Tableau 9).

Tableau 9 : Présence/absence des espèces aux différentes stations et codes correspondant aux différentes guildes, ge : guilde écologique ; gt : guilde trophique ; gd : guilde de distribution verticale.

Espèces	ge	gt	gd	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5	Station 6	Pêcheur 3,4,5,6
Poissons :										
<i>Abramis brama</i>	FW	IB	D						+	
<i>Anguilla anguilla</i>	CA	O	D	+	+	+	+	+	+	+
<i>Atherina boyeri</i>	ER	Z	P	+	+	+	+	+	+	+
<i>Atherina hepsetus</i>	ER	Z	P	+	+	+	+	+	+	
<i>Atherina punctata</i>	ER	Z	P	+	+	+	+	+		+
<i>Atherina sp.</i>	ER	Z	P	+	+	+	+	+	+	+
<i>Belone belone</i>	MS	F	P			+				
<i>Boops boops</i>	MA	O	P			+				+
<i>Dicentrarchus labrax</i>	MJ	IS	D	+			+	+	+	
<i>Dicologlossa cuneata</i>	MA	IB	B						+	
<i>Diplodus annularis</i>	MA	IS	D	+	+	+				+
<i>Diplodus sargus</i>	MA	IS	D			+			+	
<i>Diplodus vulgaris</i>	MA	IS	D							+
<i>Engraulis encrasicolus</i>	MS	Z	D	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	ER	IB	D		+		+	+		
<i>Gobius niger</i>	ER	IB	B	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gobius cobitis</i>	ER	IB	B							+
<i>Gobius paganellus</i>	ER	IB	B				+			
<i>Liza aurata</i>	MA	O	D	+	+	+	+	+	+	+
<i>Liza ramada</i>	CA	V	D		+		+		+	+
<i>Liza saliens</i>	MJ	O	D						+	
<i>Mugil cephalus</i>	MJ	O	D		+			+		
<i>Chelon labrosus</i>	MJ	V	D		+		+			
Mugilidé			D	+	+	+	+	+	+	+
<i>Mullus surmuletus</i>	MA	IB	B		+	+		+		+
<i>Oblada melanura</i>	MA	O	D			+				+
<i>Pagellus erythrinus</i>	MA	O	D				+			
<i>Perca fluviatilis</i>	FW	IS	P						+	
<i>Platichthys flesus</i>	CA	IB	B	+	+				+	
<i>Pomatoschistus minutus</i>	ER	IB	B	+	+	+	+	+	+	+
<i>Salaria pavo</i>	ER	O	B		+	+	+	+	+	+
<i>Sardina pilchardus</i>	MJ	Z	P	+	+	+	+	+	+	+
<i>Sardinelle aurita</i>	MJ	Z	P							+
<i>Sarpa salpa</i>	MA	V	D			+				+
<i>Solea aegyptiaca</i>	MJ	IB	B		+	+		+	+	+
<i>Solea lascaris</i>	MA	IB	B			+				
<i>Solea senegalensis</i>	MJ	IB	B		+	+	+	+	+	
<i>Solea solea</i>	MJ	IB	B	+	+	+	+	+		+
<i>Sparus aurata</i>	MA	IS	D	+	+	+	+	+	+	+
<i>Spicara smaris</i>	MA	Z	P							+
<i>Symphodus cinereus</i>	ER	IS	D							+
<i>Syngnathus abaster</i>	MA	Z	D	+	+	+	+	+	+	+
<i>Syngnathus acus</i>	ER	Z	D				+		+	+
<i>Trachinotus ovatus</i>	MA	F	P							+
<i>Trachurus trachurus</i>	MJ	F	P							+
<i>Trisopterus luscus</i>	MJ	IS	D							+
Total taxons poissons				17	24	25	23	21	24	30
Crustacés :										
<i>Carcinus maenas</i>				+	+	+	+	+	+	+
<i>Crangon crangon</i>				+	+	+	+	+	+	+
<i>Maja squinado</i>										+
<i>Palaemon longirostris</i>				+	+	+	+	+	+	+
<i>Palaemon serratus</i>				+	+	+	+	+	+	+
<i>Pilumnus hirtellus</i>								+		
<i>Procambarus clarkii</i>				+						
<i>Rhithropanopeus harrisi</i>				+	+	+			+	
Total taxons crustacés				6	5	5	4	5	5	5

La diversité spécifique des captures par station est estimée par le nombre maximal d'espèces observées (poissons et crustacés) lors d'une campagne, pour chaque station (Figure 10). Ce nombre est compris entre 12 espèces, valeur minimale de diversité à la station 2 et 18 espèces à la station 6.

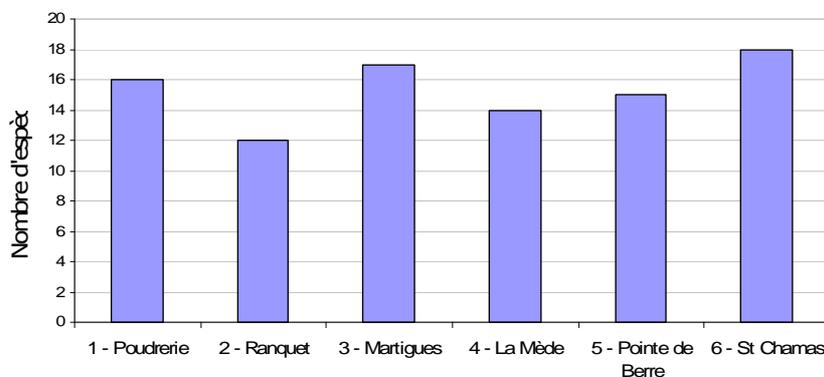


Figure 10 : Nombre d'espèces maximal observé à chaque station.

Si on considère la richesse spécifique moyenne par opération de pêche d'environ 24h, 8 ± 3 espèces ont été observées en moyenne par pêche. Les stations 2, 3 et 6 présentent une richesse spécifique moyenne de 8 à 9 espèces : la station 2, 8 ± 2 ; la station 3, 9 ± 3 et la station 6, 8 ± 4 . Les stations 1, 4 et 5 présentent des valeurs plus faibles avec respectivement 6 ± 3 , 7 ± 3 et 7 ± 3 . Le nombre d'espèces ne suffit pas à qualifier le peuplement, sa composition variant d'une station à l'autre.

En considérant l'abondance des espèces qui dominent le peuplement, les stations 1 et 2 sont les plus diversifiées. Les stations 3 et 4 sont moins diversifiées : les $\frac{3}{4}$ des abondances sont constituées par l'espèce *P. minutus*; les stations 5 et 6 sont encore davantage dominées par les Gobiidés (Figure 11).

Les stations 1 et 2 présentent un partage des biomasses entre espèces dominantes. Beaucoup moins diversifiées, les stations 5 et 6 présentent une répartition semblable de leurs biomasses entre espèces dominantes avec les trois quarts de la biomasse dominés par les Gobiidés. Les stations 3 et 4 occupent une position intermédiaire moyennement diversifiées (Figure 12).

La comparaison des contributions respectives des espèces dominantes à la biomasse pêchée à chaque station met en évidence des préférences à relier aux caractéristiques abiotiques des stations (voir paragraphes plus loin). Par exemple, de fortes biomasses de *P. longirostris* sont observées dans les stations situées au sud de l'étang au détriment des espèces *Crangon crangon* et *P. serratus*.

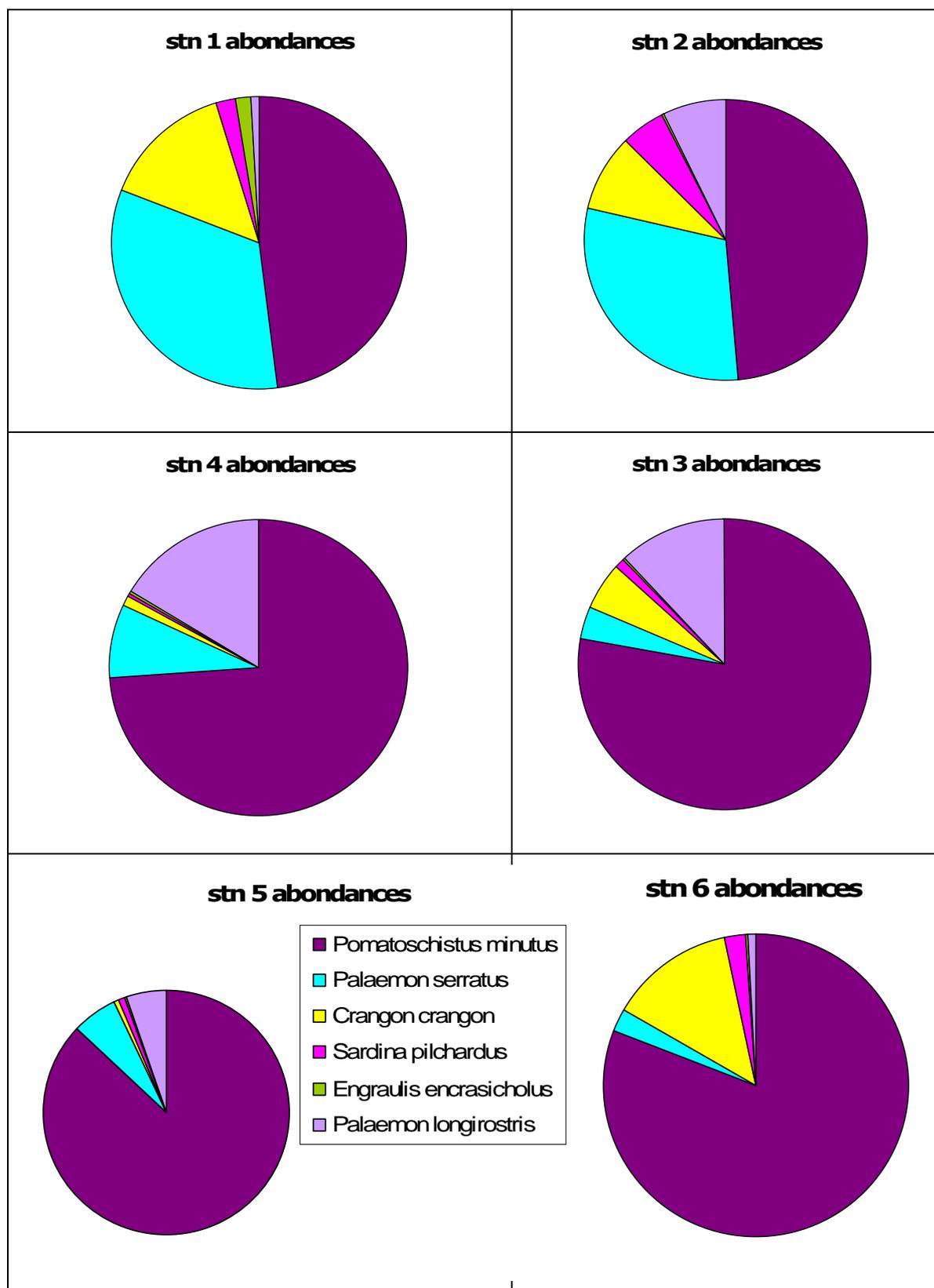


Figure 11 : Espèces dominant les abondances par station. Les stations sont rangées par ordre croissant d'abondance des gobies *P. minutus* dans les captures.

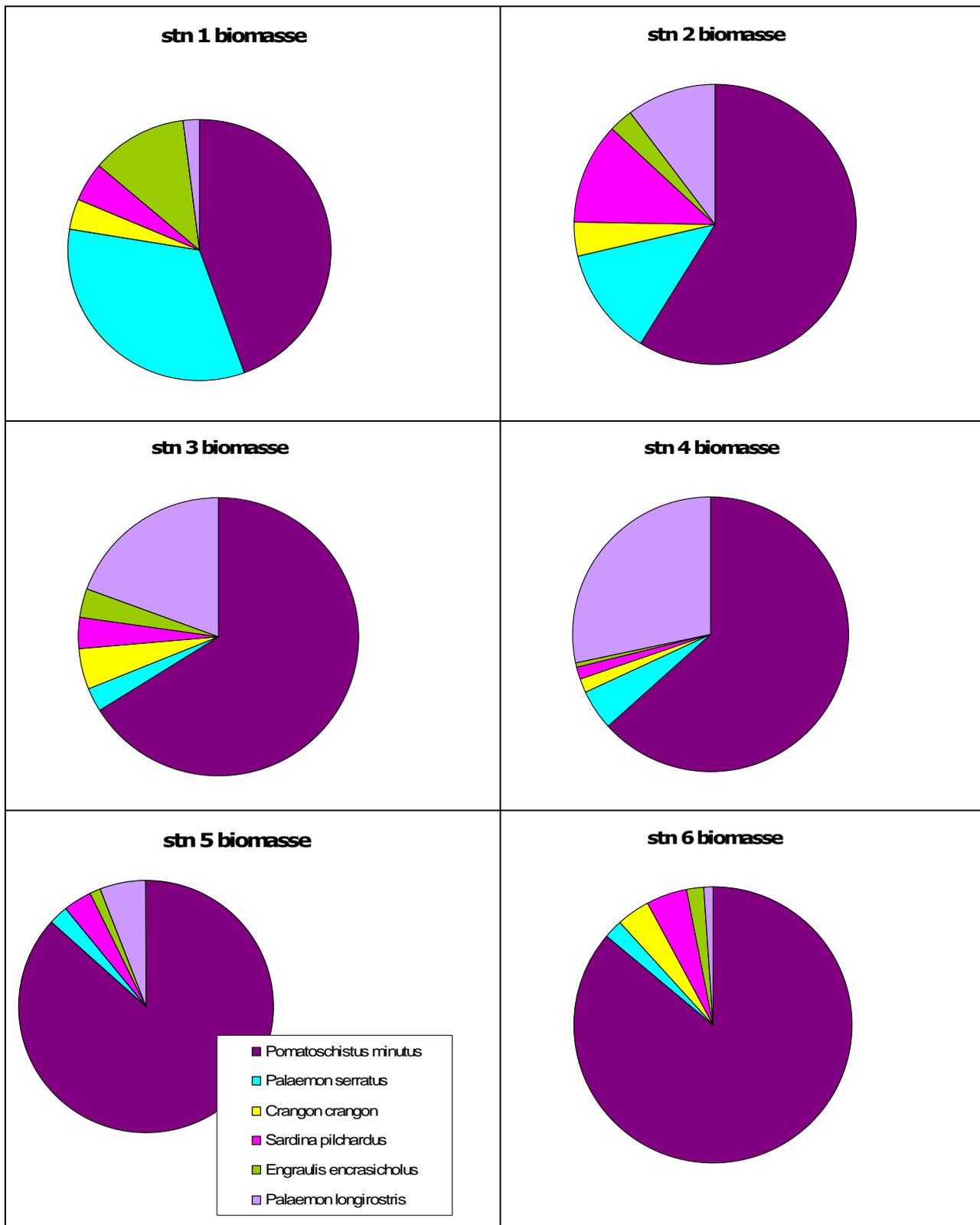


Figure 12 : Composition spécifique des biomasses par station. Les stations sont rangées par ordre croissant de biomasse des gobies *P. minutus* dans les captures.

3.2.2 Abondance moyenne par station

Les stations où l'abondance des captures en 24h toutes campagnes confondues (Figure 13) est la plus faible, est la station de la Mède. La Poudrerie, Ranquet, Martigues et la pointe de Berre fournissent environ 1000 individus en moyenne par filet. L'abondance moyenne à Saint Chamas est quatre fois supérieure avec près de 4000 individus par filet. Les écart-types élevés témoignent de la forte variabilité des captures en nombre.

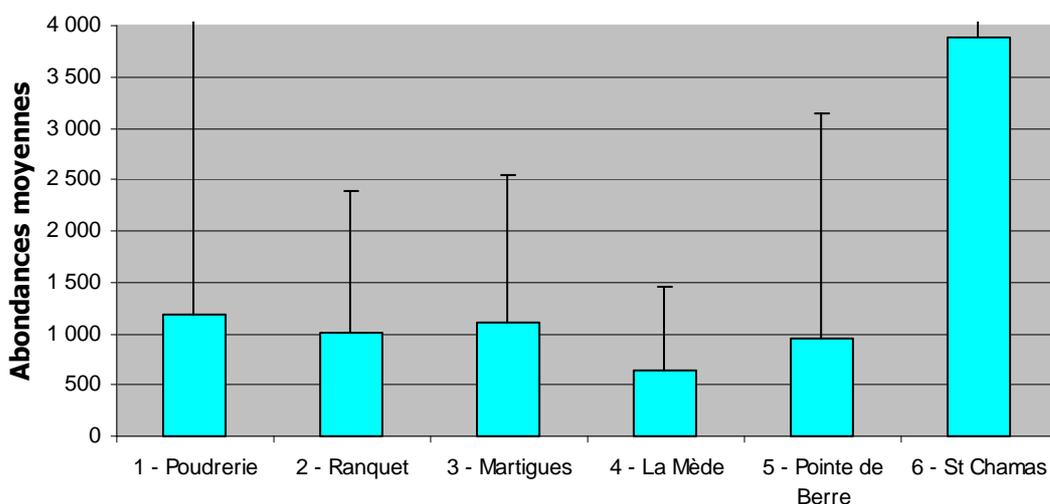


Figure 13 : Abondance moyenne pêchée à chaque station durant le suivi (8 campagnes).

3.2.3 Biomasse moyenne par station

La biomasse moyenne pêchée en 24h (Figure 14) est maximale à Martigues (4 130 g). Saint Chamas compte en moyenne 2 328 g de biomasse ; Ranquet et la pointe de Berre sont équivalentes avec une biomasse de 1 300 à 1500 g ; La Poudrerie et la Mède sont des stations de faible rapport en biomasse pêchée (environ 700 g). Les écart-types élevés témoignent également de la forte variabilité des captures en biomasse.

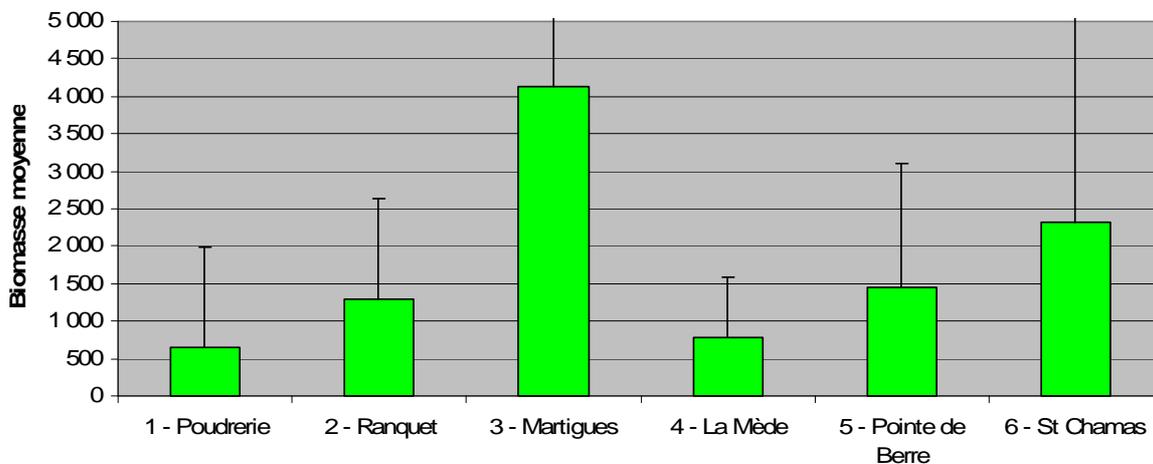


Figure 14 : Biomasse moyenne pêchée par station durant le suivi (8 campagnes).



3.2.4 Composition du peuplement/paramètres abiotiques

L'influence des eaux marines se traduit en particulier par l'augmentation en abondance et en biomasse d'espèces à affinités marines dont la crevette *Palaemon longirostris* dans les stations (3, 4 et 5). Cette influence se ressent également chez les poissons avec une présence plus marquée à ces stations d'espèces marines comme les sparidés (sars, oblade, bogue) qui effectuent des allers-retours entre la mer et la lagune et qui sont plus abondantes à proximité du canal de Caronte (station 3).

Les stations 1 et 6 sont caractérisées par l'abondance dans les captures de l'anchois, qui vient chercher l'eau douce pour se reproduire et la crevette *Palaemon serratus* et la dominance marquée du gobi *P. minutus* à la station 6. La station 2 se distingue des autres en biomasse mais la composition spécifique la rend très proche des stations 4 et 5 en abondance, cette station bénéficie également de la présence d'espèces marines diverses.

Nous reviendrons sur l'influence des paramètres abiotiques sur la composition du peuplement à la fin de ce chapitre.

3.2.5 Analyse fonctionnelle spatiale (composition spécifique des stations)

Toutes campagnes confondues : recherche de caractéristiques des stations

En cumulant les campagnes nous cherchons à mettre en évidence des différences entre stations en analysant la composition des guildes indépendamment des variations saisonnières.

Guildes écologiques

L'analyse de l'**occurrence relative** (nombre d'espèces) des différentes catégories à l'intérieur de chacune des guildes fonctionnelles étudiées (Figure 15) ne montre pas de différence entre les stations à l'échelle de l'étude dans son intégralité (phase 1 et 2 toutes saisons confondues).

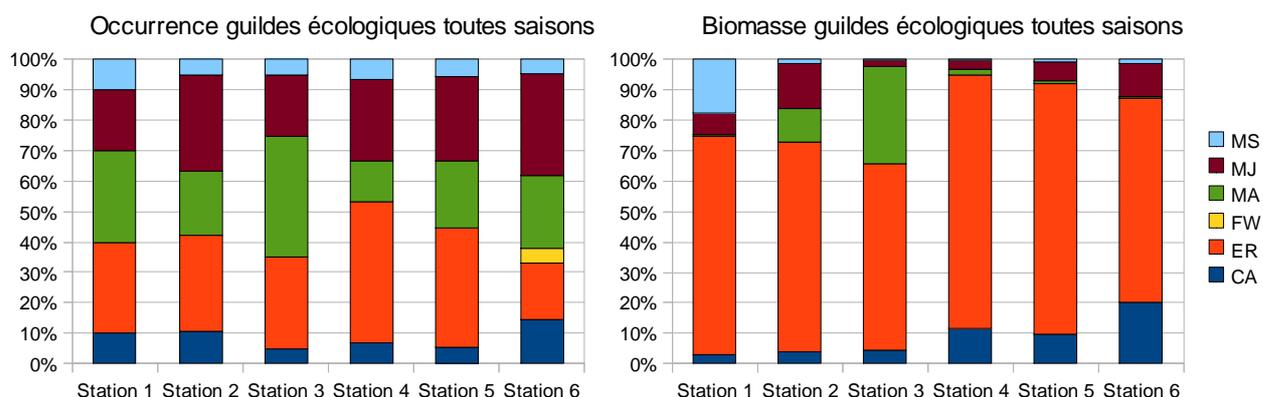


Figure 15 : Répartition des espèces par catégories écologiques – phase 1 et 2.

MS : migrants marins saisonniers, MJ : juvéniles d'espèces marines, MA : espèces marines présentes occasionnellement, FW : espèces dulçaquicoles, ER : espèces autochtones, CA : migrants amphihalins.

Trois catégories représentent la plus grande majorité du nombre d'espèces rencontrées avec un relatif équilibre entre ces catégories: les juvéniles d'origine marine (MJ), les espèces marines occasionnelles (MA) et les espèces résidentes (ER). On note cependant que certaines stations se différencient, comme la station 6 (présence très occasionnelle d'une espèce d'eau douce) ou la station 3, qui présente un taux plus important que les autres stations d'espèces marines entrant occasionnellement dans l'étang. Les stations 1 et 2 ont des profils très proches, légèrement différents du profil des stations 4 et 5, proches entre-elles.

Les différences notées pour les stations 3 et 6 peuvent s'expliquer par :

- la proximité du canal de Caronte avec la station 3 : les espèces marines entrant dans l'étang de Berre trouvent au niveau de cette station des conditions de salinité proches de celles de la mer ;
- la proximité immédiate de la Touloubre, de la Durançole et du déversoir de la station hydroélectrique de Saint Chamas de la station 6 peut y expliquer la présence d'espèces d'eau douce.

La prise en compte des **biomasses** modifie fortement la donne avec un fort déséquilibre en faveur de la catégorie "espèces résidentes", largement majoritaire pour l'ensemble des stations. Cette forte dissymétrie est due aux gobies et athérines, qui sont, de loin, les espèces les plus abondantes dans cette catégorie. Les stations 1 et 3 affichent des profils particuliers, la station 2 ayant un profil intermédiaire entre les deux précédentes. Les stations 4, 5 et 6 ont des profils très similaires.

Quelques différences entre les stations sont à souligner :

- la station 1 est la seule à présenter une proportion non négligeable d'espèces marines saisonnières (anchois essentiellement) ;
- les stations 1, 2, 5 et 6 affichent un taux de juvéniles d'origine marine (MJ) allant de 10 à 20 % du total ;
- les stations 2 et 3 sont les seules à afficher une proportion en biomasse supérieure à 10 % voire atteignant 30 % (station 3) pour les espèces marines occasionnelles (MA) ;
- enfin, les stations 4, 5 et 6 sont les seules pour lesquelles les espèces catadromes (CA, majoritairement l'anguille) dépassent 10 % de la biomasse totale.

L'utilisation de la biomasse confirme l'influence de la proximité du canal de Caronte sur le peuplement de la station 3 voire de la station 2 sur la rive ouest. La forte proportion de migrants saisonniers à la station 1 (MS > 10 %) tient au fait que cette station présente, à la fois, la plus forte quantité d'anchois et la plus faible quantité d'athérines et de gobies. Enfin, les résultats obtenus montrent que les stations 4, 5 et 6 offrent des conditions plus propices à l'anguille que les autres stations.

Guides trophiques

L'analyse de l'**occurrence relative** (nombre d'espèces) des différentes catégories à l'intérieur de chacune des guildes trophiques (Figure 16) fait apparaître des différences non négligeables entre les stations étudiées.

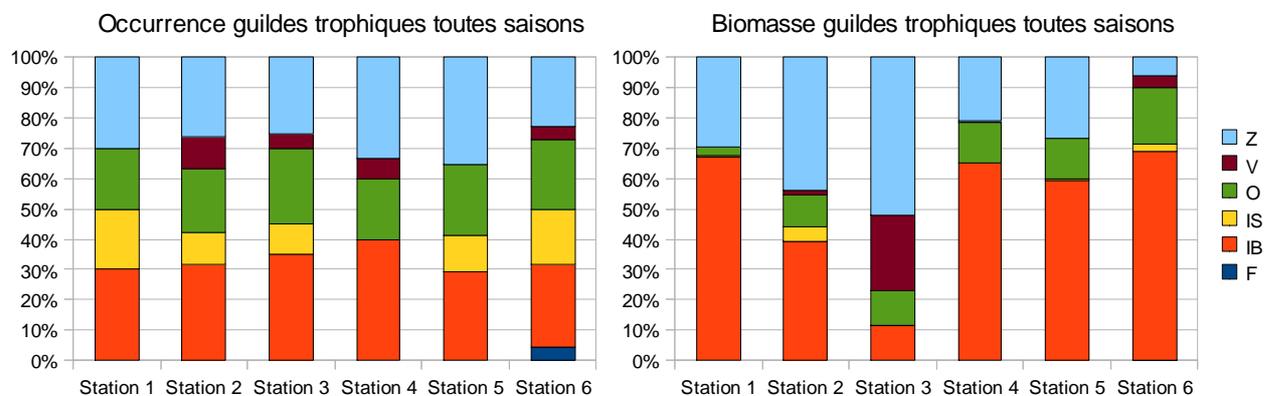


Figure 16 : Répartition des espèces par catégories trophiques – phases 1 et 2.

Z : zooplanctonophages, V : herbivores, O : omnivores, IS : prédateur invertébrés suprabenthiques, IB : prédateur invertébrés benthiques, F : piscivores.

Les espèces herbivores sont absentes des stations 1 et 5 ; les espèces consommant des invertébrés suprabenthiques sont absentes de la station 4 ; enfin, seule la station 6 atteste la présence d'une espèce "strictement" ichtyophage. Les catégories dominantes sont celles consommant des invertébrés benthiques (IB) ou du zooplancton (Z), ainsi que les omnivores (O).

Comme précédemment, l'utilisation des **biomasses** modifie fortement les équilibres avec globalement une domination des prédateurs d'invertébrés benthiques sur les zooplanctonophages et les omnivores. Ici encore les stations 2 et 3 se démarquent nettement des autres par le fait que ce sont les zooplanctonophages qui dominent surtout pour la station 3 à laquelle les prédateurs d'invertébrés benthiques ne représentent qu'un peu plus de 10 % du total contre au moins 40 % dans les autres stations. Enfin, la station 3 se démarque de l'ensemble des autres par la part de biomasse importante des herbivores (25 %) liée à la capture d'une quantité importante (presque 18 kg) de saupes (*Sarpa salpa*) en juin 2009.

La majorité des espèces rencontrées se nourrit donc sur le compartiment invertébré : macro-invertébrés (IB et IS) et zooplancton.

Guildes de répartition verticale

L'étude de la guildes de répartition des espèces dans la colonne d'eau, ne montre pas de différence remarquable entre les stations étudiées pour ce qui est de l'occurrence relative (nombre d'espèces) des différentes catégories à l'intérieur de cette guildes (Figure 17).

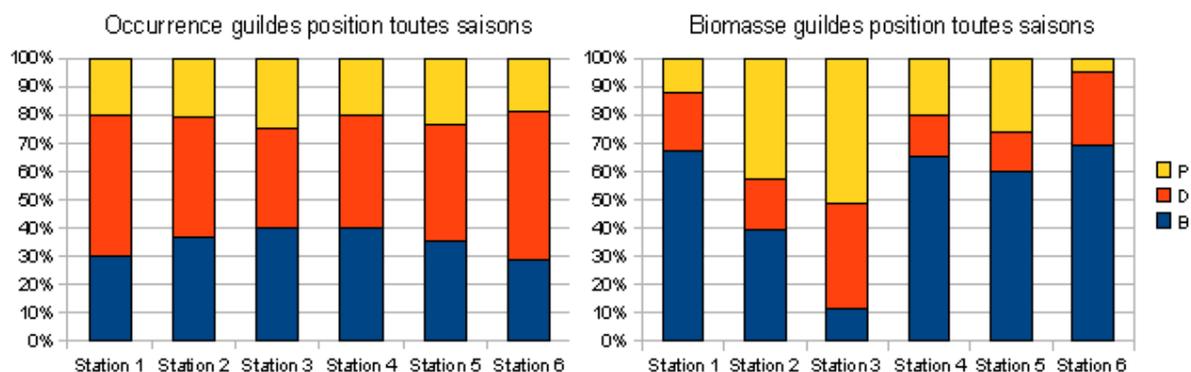


Figure 17 : Répartition des espèces par catégories de répartition verticale – phases 1 et 2.
P : pélagiques, D : démersaux, B : benthiques

Deux groupes de stations peuvent être définis : le premier (stations 1, 4, 5 et 6) a un peuplement nettement dominé par les espèces benthiques telles que les gobies ou les soles. Le second (station 2) affiche un peuplement dominé à parts égales par les espèces benthiques et pélagiques (40 % chacune) avec une proportion d'espèces démersales semblable au groupe précédent. Enfin, le troisième groupe (station 3) a un peuplement nettement dominé par les espèces pélagiques (athérines, sardines, bogues ...) et démersales (anguille, anchois, mulets ...) avec une proportion en biomasse d'espèces benthiques sensiblement inférieure à celles des groupes précédents.

Cette première analyse de la composition spécifique de chaque station par l'approche fonctionnelle, pour l'intégralité du suivi, toutes saisons confondues, ne met pas en évidence de différences radicales entre les stations à cette échelle temporelle. C'est pour cette raison que cette comparaison des stations doit aussi être menée en considérant chaque saison séparément. Quelques traits particuliers des stations 1, 3 et 6 sont néanmoins apparents.

Analyse par campagne : recherche de différences entre stations à une saison donnée

En analysant la composition des guildes à chaque campagne, nous cherchons à mettre en évidence des différences entre stations à une échelle plus fine de l'ordre de la saison. L'analyse ici présentée rend compte des fluctuations de la composition spécifique du peuplement aux mêmes saisons et à chaque station, à travers les regroupements fonctionnels d'espèces.

– Étude par station pour les campagnes de juin 2008 et juin 2009 (printemps)

Ces deux campagnes situées en fin de printemps, en 2008 comme en 2009 ont été les plus riches tant en nombre d'espèces qu'en nombre d'individus capturés pour les six stations de l'étude. On peut donc à ce titre considérer le printemps comme un bon indicateur de l'amplitude des variations de la richesse spécifique rencontrée dans l'étang de Berre.

Guildes écologiques

La première impression qui apparaît à l'étude de l'occurrence des guildes écologiques est une relative homogénéité entre l'ensemble des stations en juin 2008 et 2009, à quelques exceptions près (Figure 18). Quelques différences sont notées cependant, pour les stations 1, 2 et 3, entre les campagnes de juin 2008 et juin 2009. Mise à part la station 6, qui se détache des autres par sa proportion sensiblement plus importante d'espèces catadromes (CA) en abondance, il n'y a pas de différence entre les stations.

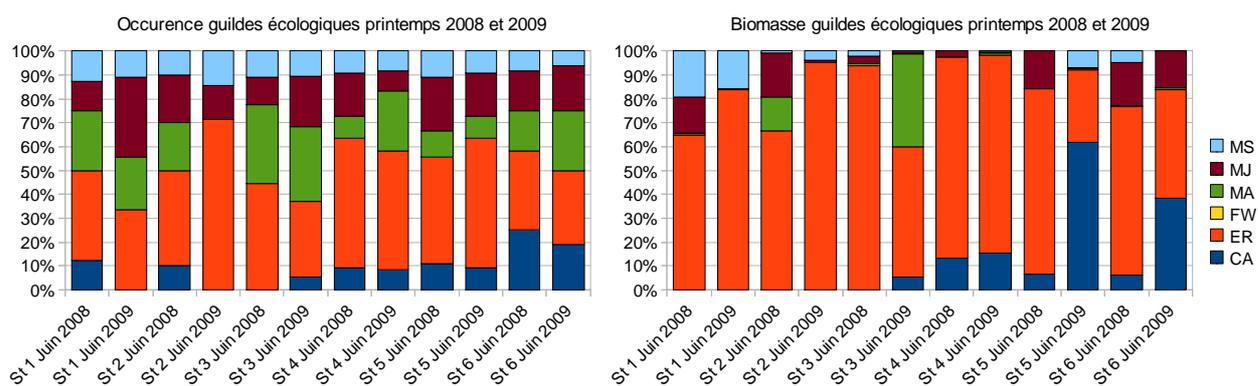


Figure 18 : Comparaison de la répartition des espèces en catégories écologiques, en juin 2008 et 2009. MS : migrants marins saisonniers, MJ : juvéniles d'espèces marines, MA : espèces marines présentes occasionnellement, FW : espèces dulçaquicoles, ER : espèces autochtones, CA : migrateurs amphihalins.

La différence entre le groupe des stations 1, 2 et 6 et le groupe des stations 4 et 5 porte essentiellement sur l'importance des espèces migratrices (CA) et des espèces marines occasionnelles (MA). L'utilisation des biomasses permet de constater la très forte variabilité entre les stations, d'une part et entre les années, d'autre part, pour une saison donnée pour une même station. Ces fluctuations sont les plus marquées pour les stations 1, 2, 3 et 5. De fait, il est difficile de conclure à l'existence de différents peuplements 'typiques' de certaines stations hormis pour les stations 4 et 6 qui se distinguent par leur composition spécifique.

Guildes trophiques

L'étude des guildes trophiques confirme certaines observations relatives aux groupements entre stations. La station 1 se distingue des autres (absence d'omnivores) tout comme la station 6 (végétariens toujours présents) (Figure 19). Les stations 2, 3, 4 et 5 ont des peuplements assez similaires même si on recense des différences notables entre juin 2008 et juin 2009 à l'intérieur des stations 2 et 3. Les différences observées entre les stations sur l'importance des divers groupes

trophiques sont probablement liées à des différences entre ces stations du point de vue de leurs principales caractéristiques :

- nature du substrat (dur ; mou ; fin ; grossier ...) ;
- hauteur d'eau moyenne ;
- paramètres physico-chimiques ;
- présence de végétation, d'abris ...

Comme précédemment, l'utilisation des biomasses met en avant la très forte variabilité entre stations et interannuelle. Cependant, comme pour les guildes écologiques, plusieurs stations se démarquent en raison de leurs peuplements moins variables : la station 1 et la station 4.

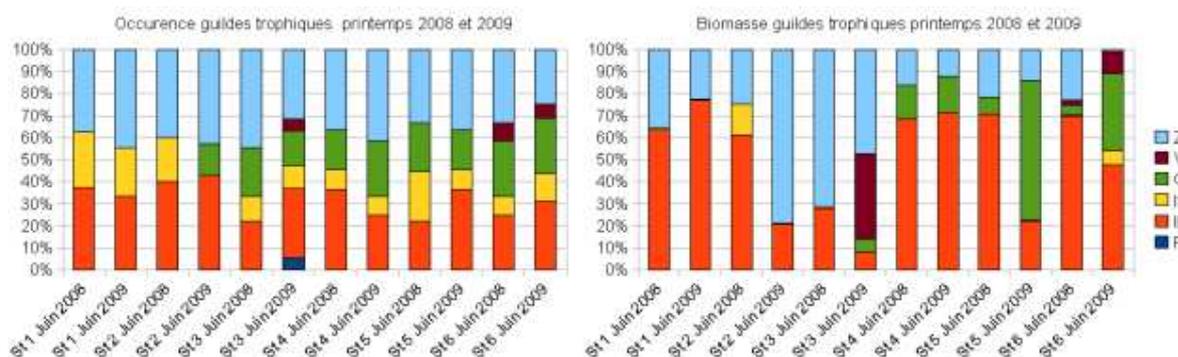


Figure 19 : Comparaison de la répartition des espèces en catégories trophiques, en juin 2008 et 2009. Z :zooplanctonophages, V : herbivores, O : omnivores, IS : prédateur invertébrés suprabenthiques, IB :prédateur invertébrés benthiques, F :piscivores.

Malgré cette forte variabilité, deux grandes catégories de peuplements se détachent : ceux desquels les omnivores sont absents (station 1), ceux desquels les omnivores sont présents, avec une majorité plus ou moins forte de prédateurs d'invertébrés benthiques (stations 4, 5 et 6) et les peuplements où les zooplanctonophages ou les végétariens dominent (stations 2 et 3).

Guildes de répartition verticale

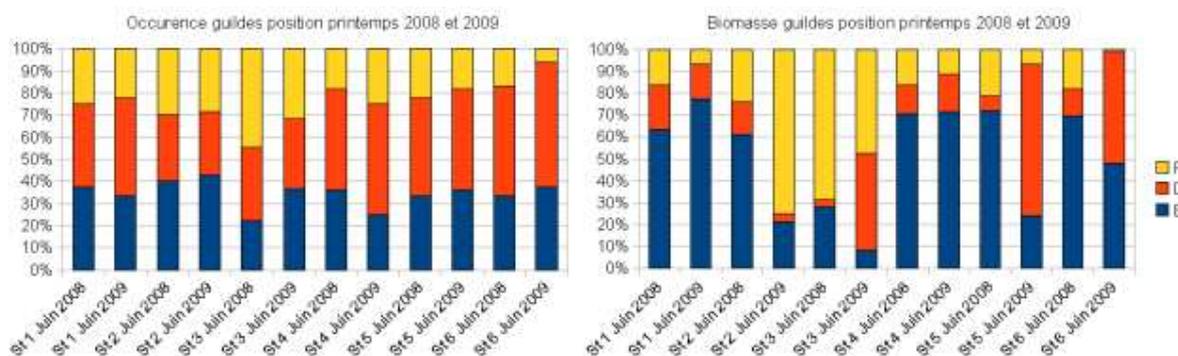


Figure 20 : Comparaison de la répartition des espèces en catégories de répartition verticale, en juin 2008 et 2009. P : pélagiques, D : démersaux, B : benthiques

Enfin, l'étude de la distribution des espèces dans la masse d'eau à chaque station ne révèle pas de différence importante entre les stations ou entre les saisons pour ce qui est des occurrences, même s'il existe des fluctuations interannuelles pour certaines stations (3 et 4) (Figure 20). Les biomasses renforcent l'impression de variabilité interannuelle, notamment pour les stations 2, 3, 5 et 6 avec pour toutes ces stations des variations fortes dans la composition de leur peuplement (proportion d'espèces benthiques (B) nettement plus faible ; proportion d'espèces pélagiques nettement plus importante (P)).

En conclusion, il existe des différences plus ou moins fortes entre les stations avec, pour certaines d'entre-elles, des fluctuations interannuelles très importantes, parfois supérieures aux différences notées entre stations. Malgré cela, de grandes tendances se dessinent :

- la station 1 est généralement différente de toutes les autres stations ;
- la station 2 a un peuplement très variable parfois assez similaire à celui de la station 1 (juin 2008) ou parfois proche de celui de la station 3 (juin 2009) ;
- la station 3 est généralement différente de toutes les autres stations avec des fluctuations interannuelles fortes ;
- les stations 4 et 5 ont des peuplements similaires avec des différences parfois notables liées aux fluctuations interannuelles du peuplement de la station 5, ce qui n'est pas le cas de la station 4 ;
- la station 6 affiche un peuplement globalement différent de l'ensemble des autres peuplements avec là encore des fluctuations interannuelles non négligeables.

– Étude par station pour les campagnes de septembre 2008 et septembre 2009 (été)

Ces deux campagnes de la fin de l'été 2008 et 2009 ont été moins riches que celles du printemps en nombre d'espèces de poissons (15 et 17 en septembre contre 21 et 28 en juin) collectées. De plus, en raison de conditions climatiques (vent fort) parfois défavorables, la mise en place des filets à été perturbée pour certaines stations en 2008 (stations 1 ; 2 ; 5 et 6 mises en place 24 h après les stations 3 et 4 et en 2009. Cependant, cela ne semble pas avoir eu d'influence significative quant à la représentativité des échantillons.

D'une façon générale, on notera que la station 1 en 2008 comme en 2009, présente un profil radicalement différent de celui des autres stations pour l'ensemble des guildes étudiées (Figure 21). Il est possible que le très faible nombre d'espèces recensées durant les campagnes de septembre 2008 (n = 3) et de septembre 2009 (n = 4) soit en partie responsable de ces différences fortes.

Guildes écologiques

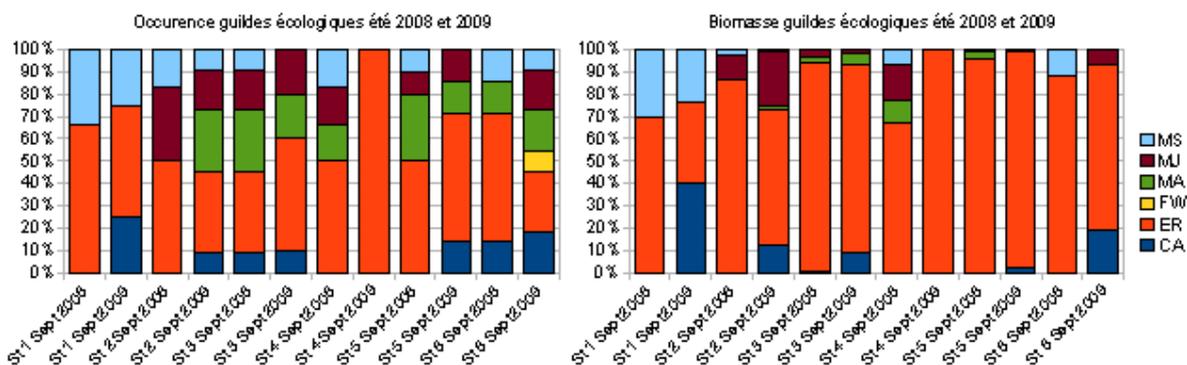


Figure 21 : Répartition des espèces en catégories écologiques, en septembre 2008 et 2009. MS : migrants marins saisonniers, MJ : juvéniles d'espèces marines, MA : espèces marines présentes occasionnellement, FW : espèces dulçaquicoles, ER : espèces autochtones, CA : migrants amphihalins.

L'étude de la composition des peuplements en termes de guildes écologiques confirme l'impression de variabilité forte entre les stations et entre les années pour une même saison. Du point de vue des **occurrences**, des similarités assez fortes existent entre les peuplements des stations 3, 5 et 2 puis 4

dans une moindre mesure. Les stations 1 et 6 ont, pour leur part, des peuplements singuliers, soit en raison de leur faible diversité, soit par la présence de catégories rares (espèces d'eau douce : FW).

Du point de vue des **biomasses**, les constats effectués pour les occurrences se retrouvent tout comme les regroupements entre stations et, ce, malgré les modifications dans l'importance de chaque catégorie dues aux différences de poids individuels des espèces, tempérées ou amplifiées par les différences fortes en termes d'individus capturés par espèces (ex : plusieurs milliers de gobies de 1 à 2 grammes chacun auront la même représentation que quelques mulets de plusieurs centaines de grammes chacun).

Guildes trophiques

En ce qui concerne les guildes trophiques, la composition des peuplements en **occurrence** des différentes catégories apparaît comme relativement homogène entre les années et entre les stations avec des profil proches pour les stations 1 (hors 2008), 2, 3 et 5 (hors 2009) (Figure 22). On notera enfin la très forte variabilité interannuelle du peuplement de la station 6 qui passe de 2 catégories en 2008 à 5 catégories en 2009.

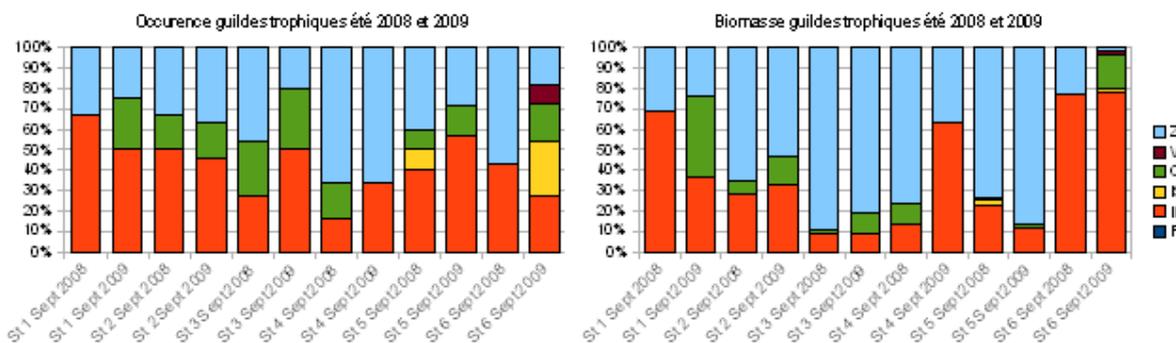


Figure 22 : Répartition des espèces en catégories trophiques, en décembre 2008 et 2009. Z : zooplanctonophages, V : herbivores, O : omnivores, IS : prédateur invertébrés suprabenthiques, IB : prédateur invertébrés benthiques, F : piscivores.

L'étude des **biomasses** apporte des informations supplémentaires quant aux similitudes entre stations et vis à vis de la variabilité interannuelle. Cette étude conforte l'impression de similitude entre les peuplements des stations 2, 3 voire 4 et 5 (zooplanctonophages dominants), ainsi que la singularité des peuplements des stations 1 et 6 (variabilité et diversité).

Guildes de répartition verticale

L'étude du positionnement dans la masse d'eau confirme les impressions issues de l'étude des guildes écologiques et trophiques, à savoir (Figure 23) :

- la singularité de la station 1 (absence de pélagiques) ;
- les relatives similitudes entre les stations 2, 3, 4 et 5 (nette domination par les pélagiques) ;
- la singularité de la station 6, notamment en termes de biomasse (espèces benthiques très majoritaires).

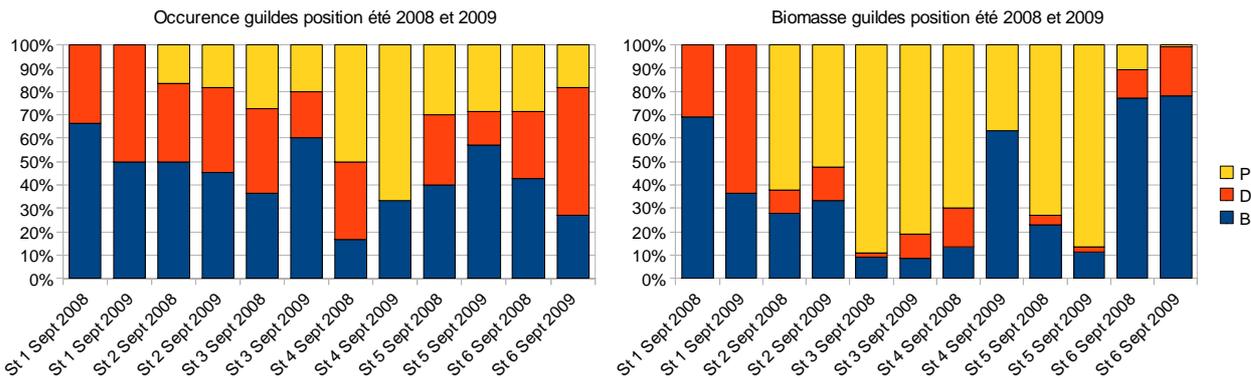


Figure 23 : Répartition des espèces en catégories de distribution verticale ,en décembre 2008 et 2009. P : pélagiques, D : démersaux, B : benthiques

En conclusion, comme pour les campagnes du printemps, il existe l'été des différences plus ou moins marquées entre les stations avec des fluctuations interannuelles très importantes au sein d'une même station. Les patrons relevés sont assez similaires à ceux mis en évidence pour le printemps, à savoir :

- **la station 1 est généralement différente de toutes les autres stations ;**
- **la station 2 a un peuplement très variable malgré tout assez similaire de celui de la station 3 voire du peuplement des station 4 et 5 et ce malgré des différences parfois notables liées aux fluctuations inter-annuelles ;**
- **la station 6 affiche un peuplement globalement différent de l'ensemble des autres peuplements avec là encore des fluctuations inter-annuelles non négligeables.**

– Étude par station pour les campagnes de décembre 2008 et décembre 2009 (automne)

Ces campagnes présentent le plus faible nombre d'espèces de poissons recensées sur l'ensemble du suivi (13) avec parfois seulement une à trois ou quatre espèces collectées pour une station sur l'ensemble de la campagne (stations 1, 5 et 6). Ce très faible nombre d'espèces nous oblige à rester prudents dans l'interprétation de l'étude des guildes car l'ajout ou le retrait d'une espèce dans une catégorie suffit à modifier significativement les proportions et donc l'interprétation pour ce qui est de l'occurrence relative des différentes catégories. Cette remarque ne s'applique pas au cas des biomasses.

Guildes écologiques

L'étude des guildes écologiques ne permet pas dégager de tendances fortes, en occurrence comme en biomasse si ce n'est de conforter l'impression de forte variabilité (Figure 24). De façon globale, on notera la quasi absence d'espèces marines saisonnières recensées fréquemment lors des autres campagnes (anchois; MS).

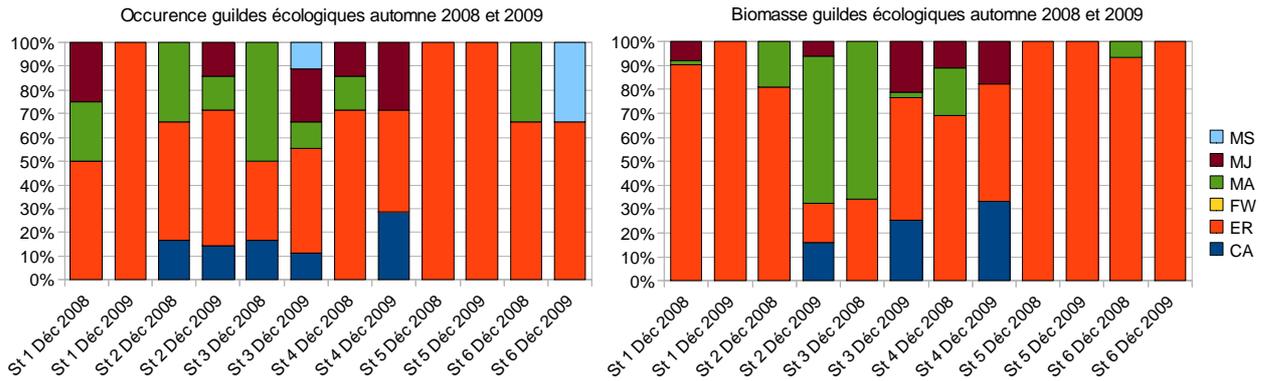


Figure 24 : Répartition des espèces en catégories écologiques, en décembre 2008 et 2009.

MS : migrants marins saisonniers, MJ : juvéniles d'espèces marines, MA : espèces marines présentes occasionnellement, FW : espèces dulçaquicoles, ER : espèces autochtones, CA : migrateurs amphihalins.

Il apparaît que les stations 2, 3 et 4 ont des profils relativement similaires du point de vue des guildes écologiques en **occurrence** comme en **biomasse** avec la présence de la guildes MJ. Les stations 5 et 6 affichent un certain nombre de similitudes en raison de la très forte proportion d'espèces résidentes, ce qui est le cas également pour la station 1, qui avec une variabilité interannuelle forte est difficile à classer.

Guildes trophiques

L'étude des guildes trophiques révèle la "disparition" de la catégorie des prédateurs d'invertébrés suprabenthiques (IS) par rapport aux autres campagnes et la part plus importante de la catégorie omnivores (O) en comparaison avec les campagnes de juin et septembre (Figure 25). Ces évolutions opposées sont possiblement liées du fait de la raréfaction d'une part importante des invertébrés non inféodés strictement au fond durant l'hiver, pénalisant les prédateurs spécialisés sur ce compartiment au profit des espèces plus opportunistes comme les omnivores.

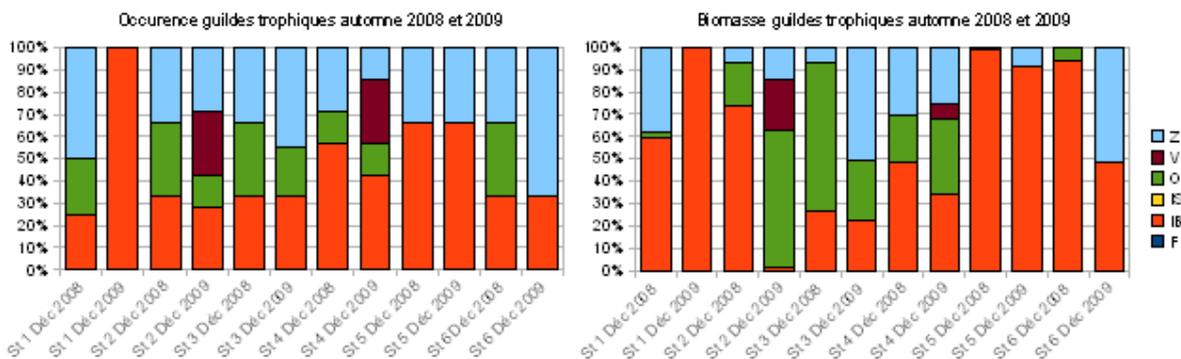


Figure 25 : Répartition des espèces en catégories trophiques, en décembre 2008 et 2009.

Z : zooplanctonophages, V : herbivores, O : omnivores, IS : prédateur invertébrés suprabenthiques, IB : prédateur invertébrés benthiques, F : piscivores.

Les stations 2, 3 et 4 sont assez proches dans leur composition comme dans les proportions de chaque catégorie de guildes trophiques (zooplanctonophages et omnivores abondants) et elles sont différentes du groupe composé des stations 5, 6 et 1 pour lesquelles ce sont les prédateurs d'invertébrés benthiques (IB) qui dominent.

Guildes de répartition verticale

Pour ce qui est de la distribution des espèces dans la masse d'eau, les stations 2, 3 et 4 ont des profils proches pour ce qui est des occurrences (Figure 26). Ces similitudes s'estompent nettement si on considère les biomasses en raison d'une variabilité interannuelle forte. Les stations 1, 5 et 6 sont sensiblement différentes du groupe précédent en raison des espèces benthiques qui sont dominantes du point de vue de la biomasse.

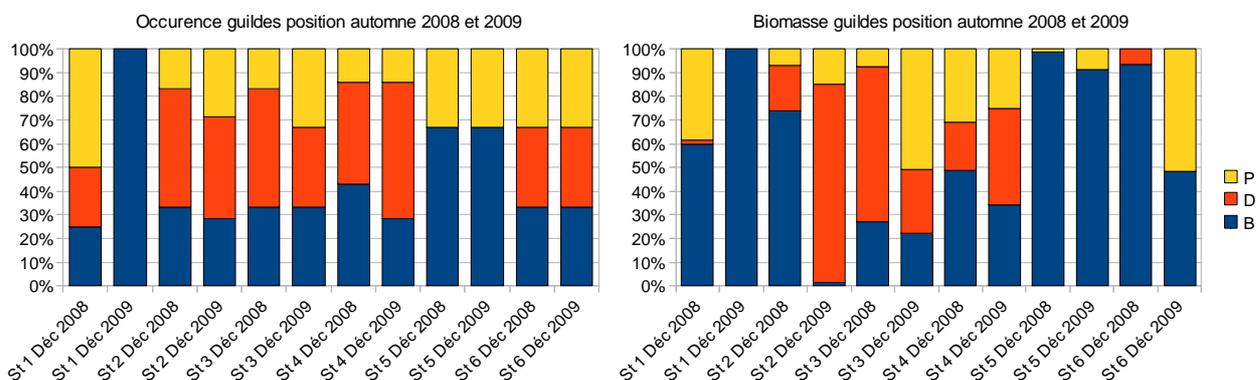


Figure 26 : Répartition des espèces en catégories de distribution verticale en décembre 2008 et 2009. P : pélagiques, D : démersaux, B : benthiques

– Étude par station pour les campagnes de mars 2009 et mars 2010 (hiver)

Ces deux campagnes situées en fin d'hiver sont, avec celles de décembre, les campagnes avec le plus faible nombre d'espèces capturées (12 et 8 espèces de poissons). Cette très faible diversité, surtout pour la campagne de mars 2010, doit être prise en compte dans les interprétations en raison des biais possibles qu'elle peut introduire.

Guildes écologiques

De façon générale, il ressort que les espèces résidentes représentent la majorité des espèces rencontrées en **occurrence** pour toutes les stations, ce qui est assez logique pour une campagne se déroulant en hiver (eau froide, nourriture peu abondante, saison de reproduction non amorcée). Ce constat est moins évident avec les **biomasses**, surtout pour les stations 5 et 6 (Figure 27). Les espèces marines fréquentant les lagunes au stade juvénile (MJ) sont bien représentées pour l'ensemble des stations. Les espèces marines entrant dans la lagune au stade adulte (MA) sont bien représentées en biomasse en mars 2009 pour les stations 2, 3 et 6 pour lesquelles elles représentent au moins 50 % de la biomasse totale.

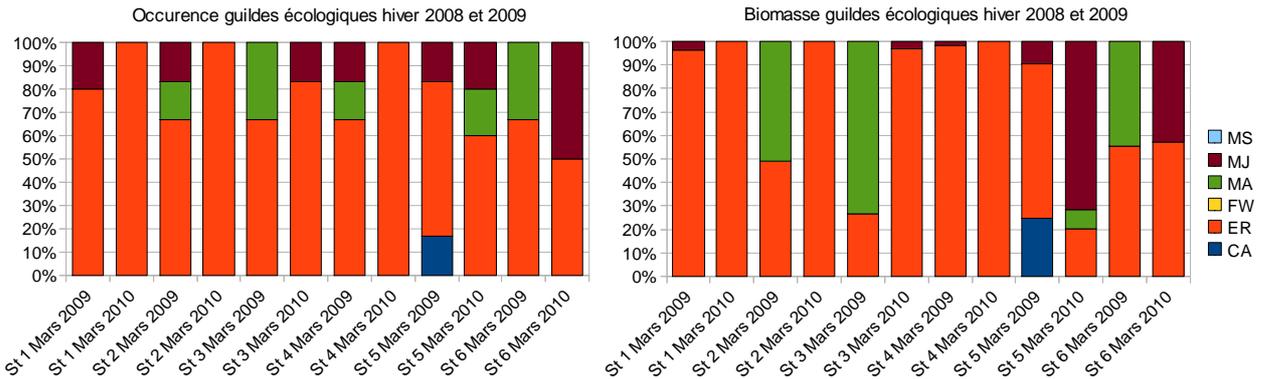


Figure 27 : Répartition des espèces en catégories écologiques en mars 2009 et 2010. MS : migrants marins saisonniers, MJ : juvéniles d'espèces marines, MA : espèces marines présentes occasionnellement, FW : espèces dulçaquicoles, ER : espèces autochtones, CA : migrateurs amphihalins.

Plus particulièrement, en ce qui concerne les guildes écologiques, les stations 1 et 5 se distinguent chacune des autres stations pour des raisons différentes. Seules deux catégories sont recensées pour la station 1 et la station 5 est la seule station avec des espèces migratrices (CA) et une biomasse dominée par les espèces marines fréquentant les lagunes au stade juvénile (MJ) en mars 2010.

Guildes trophiques

Pour ce qui est des guildes trophiques, certaines tendances observées en décembre comme une proportion élevée de la catégorie "omnivore" et l'absence des prédateurs d'invertébrés suprabenthique se confirme. En effet, les espèces omnivores sont très fortement représentées dans quatre stations (2, 3 et 6) représentant parfois plus de 50 % des espèces collectées en biomasse (Figure 28).

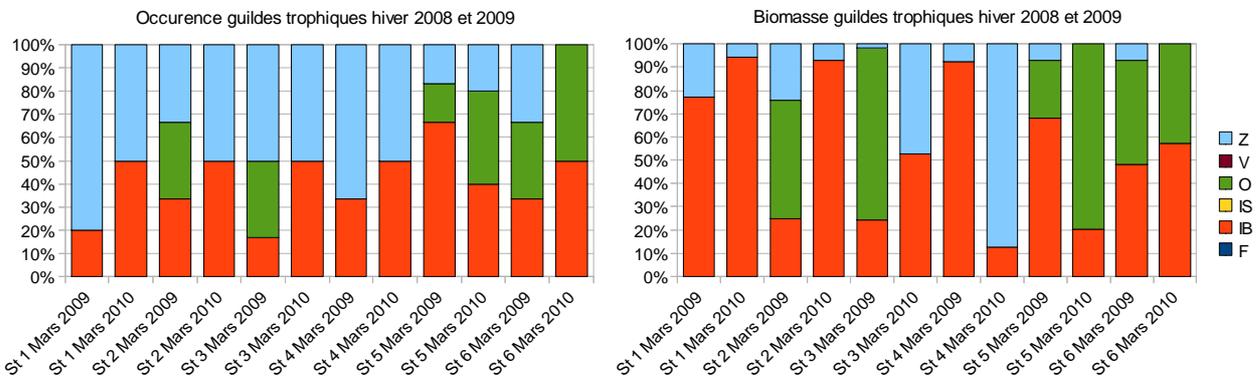


Figure 28 : Répartition des espèces en catégories trophiques en mars 2009 et 2010.

Z : zooplanctonophages, V : herbivores, O : omnivores, IS : prédateur invertébrés suprabenthiques, IB : prédateur invertébrés benthiques, F : piscivores.

Pour les stations 1 et 4 qui ont un profil assez similaire, ce sont les zooplanctonophages qui dominent en occurrence alors que ce sont les prédateurs d'invertébrés benthiques qui dominent en biomasse.

Guildes de répartition verticale

L'étude des guildes de distribution dans la masse d'eau permet de rapprocher les stations 1, 2, 3 et 4 (forte proportion de pélagiques et faible proportion de démersaux), ainsi que les stations 5 et 6 (proportion élevée de démersaux) en termes d'**occurrence**. L'étude des **biomasses** tempère ces impressions sauf pour les stations 5 et 6 qui restent très similaires (Figure 29).

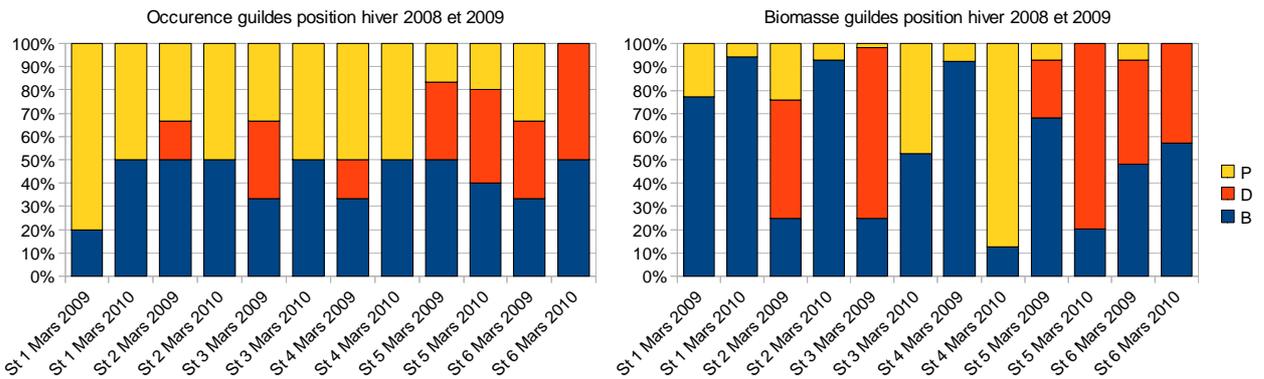


Figure 29 : Répartition des espèces en catégories de distribution verticale en mars 2009 et 2010. P : pélagiques, D : démersaux, B : benthiques

Conclusions sur la variabilité spatiale des guildes

En conclusion, il existe des différences entre les stations. Cependant, ces différences évoluent au gré des saisons et les regroupements entre certaines stations effectuées pour une saison ne sont pas toujours valables pour les autres saisons. De façon très globale, la station 3, située à proximité du canal de Caronte (influence marine) se distingue assez fréquemment du reste des stations du point de vue des guildes écologiques recensées. De même, il se dégage une spécificité des stations 1 (pointe nord de l'étang) et 6 (proximité immédiate de l'exutoire de l'usine hydroélectrique) par rapport aux autres stations. Cette spécificité de la station 6 traduit très probablement une influence des écoulements d'eau douce provenant de la Touloubre, de la Durançole et de la Durance près de la station hydroélectrique.

3.3 Répartition temporelle des espèces échantillonnées

3.3.1 Analyse de la richesse spécifique par saison

C'est au printemps et l'été que le nombre d'espèces est le plus important dans les filets DCE, avec un maximum de 30 taxons de poissons (4 à 6 de crustacés) pour le printemps, ce qui est deux fois plus que l'automne et l'hiver (Tableau 10). L'automne et l'hiver 12-14 espèces de poissons ont été récoltées dans les capéchades. Nous avons pu observer quelques filets de pêcheurs (à plus grosse maille) au printemps et l'été. Ces filets totalisent 30 espèces de poissons et 6 crustacés, dont la plupart ont été échantillonnées avec les filets DCE ; cependant d'autres espèces n'ont été récoltées que dans ces filets de pêcheur : le sar *Diplodus vulgaris*, la sardinelle *Sardinella aurita*, la saupe *Sarpa salpa*, le *Spicara smaris*, le labre *Symphodus cinereus*, la palomine *Trachinotus ovatus*, le chinchard *Trachurus trachurus*, le gadidé *Trisopterus luscus* et le gros gobi *Gobius cobitis*. Ce sont toutes des espèces marines. Les deux sortes de filets ne capturent donc pas les mêmes espèces, ni les mêmes tailles.

Quelques espèces sont permanentes dont l'anguille, le gobi noir, le petit gobi minutus, le muge L. aurita, la sardine, la sole, et le syngnathe *Syngnathus abaster* pour les poissons et le crabe vert et les 3 espèces de crevettes pour les crustacés. Cependant l'abondance relative des différentes espèces peut varier d'une saison à l'autre.

Le loup, les Sparidés ainsi que le flet ne sont présents qu'au printemps dans les captures, ce sont des espèces qui utilisent transitoirement l'étang au stade juvénile (filets DCE) ; cependant les filets du pêcheur nous apprennent que ces espèces sont présentes à l'âge adulte aussi dans la période printemps-été. Il en est de même pour certains Gadidés (*Trisopterus luscus*) et Carangidés (*Trachurus trachurus*, le chinchard) capturés dans leurs filets et invisible dans les filets DCE. L'anchois est une espèce qui vient se reproduire près des côtes et jusque dans l'étang à la belle saison il disparaît des captures d'automne et d'hiver. L'épinoche n'a pas été échantillonnée l'été.

Tableau 10 : Présence/absence des espèces selon la saison.

Espèces	Prin C1	Eté C2	Auto C3	Hiver C4	Prin C5	Eté C6	Auto C7	Hiver C8	Pêcheur prin-été
Poissons :									
<i>Abramis brama</i>				+					
<i>Anguilla anguilla</i>	+	+	+	+	+	+	+		+
<i>Atherina boyeri</i>	+	+		+	+	+	+	+	+
<i>Atherina hepsetus</i>	+	+		+	+			+	
<i>Atherina punctata</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Atherina sp.</i>		+	+		+				+
<i>Belone belone</i>					+				
<i>Boops boops</i>	+				+				+
<i>Dicentrarchus labrax</i>	+				+				
<i>Dicologlossa cuneata</i>					+				
<i>Diplodus annularis</i>	+				+				+
<i>Diplodus sargus</i>	+					+			
<i>Diplodus vulgaris</i>									+
<i>Engraulis encrasicolus</i>	+	+			+	+	+		+
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	+		+	+	+		+		
<i>Gobius niger</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gobius cobitis</i>									+
<i>Gobius paganellus</i>	+								
<i>Liza aurata</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Liza ramada</i>	+				+	+	+		+

<i>Liza saliens</i>	+				+				
<i>Mugil cephalus</i>		+						+	
<i>Chelon labrosus</i>							+		
Mugilidés	+		+	+	+		+	+	+
<i>Mullus surmuletus</i>		+				+			+
<i>Oblada melanura</i>	+								+
<i>Pagellus erythrinus</i>					+				
<i>Perca fluviatilis</i>						+			
<i>Platichthys flesus</i>	+	+			+				
Pomatoschistus minutus	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Salaria pavo</i>	+	+		+	+	+			+
<i>Sardina pilchardus</i>	+	+	+	+	+		+		+
<i>Sardinelle aurita</i>									+
<i>Sarpa salpa</i>					+				+
<i>Solea aegyptiaca</i>					+	+	+		+
<i>Solea lascaris</i>			+		+				
<i>Solea senegalensis</i>					+	+	+	+	
<i>Solea solea</i>	+	+	+	+	+	+			+
<i>Sparus aurata</i>	+	+			+				+
<i>Spicara smaris</i>									+
<i>Symphodus cinereus</i>									+
Syngnathus abaster	+	+	+	+	+	+			+
<i>Syngnathus acus</i>			+		+				+
<i>Trachinotus ovatus</i>									+
<i>Trachurus trachurus</i>									+
<i>Trisopterus luscus</i>									+
Crustacés :									
<i>Aristeomorpha foliacea</i>									+
Carcinus maenas	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Crangon crangon	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Maja squinado</i>									+
Palaemon longirostris	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Palaemon serratus	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pilumnus hirtellus</i>					+				
<i>Procambarus clarkii</i>						+			
<i>Rhithropanopeus harrisi</i>		+		+	+	+	+	+	

L'observation des dominances en abondance (Figure 30) et en biomasse des principales espèces vient compléter la précédente analyse. L'abondance relative des gobies domine toute l'année. Toutefois les graphes font ressortir la variabilité inter-annuelle de l'abondance respective des espèces dominant le peuplement et l'existence de pics saisonniers, qui peuvent être décalés selon les conditions météorologiques de l'année. L'été et l'hiver 2008 *Palaemon serratus* ainsi qu'*Atherina boyeri* dominent les abondances alors qu'en 2009 c'est plutôt au printemps et l'hiver, qu'ils sont plus abondants. En ce qui concerne la biomasse, les crabes *Carcinus maenas* contribuent pour une part importante à la production estivale ; l'automne et l'hiver ils demeurent importants avec les gobies et *Liza aurata*. Les athérines contribuent majoritairement l'été autant en biomasse qu'en abondance.

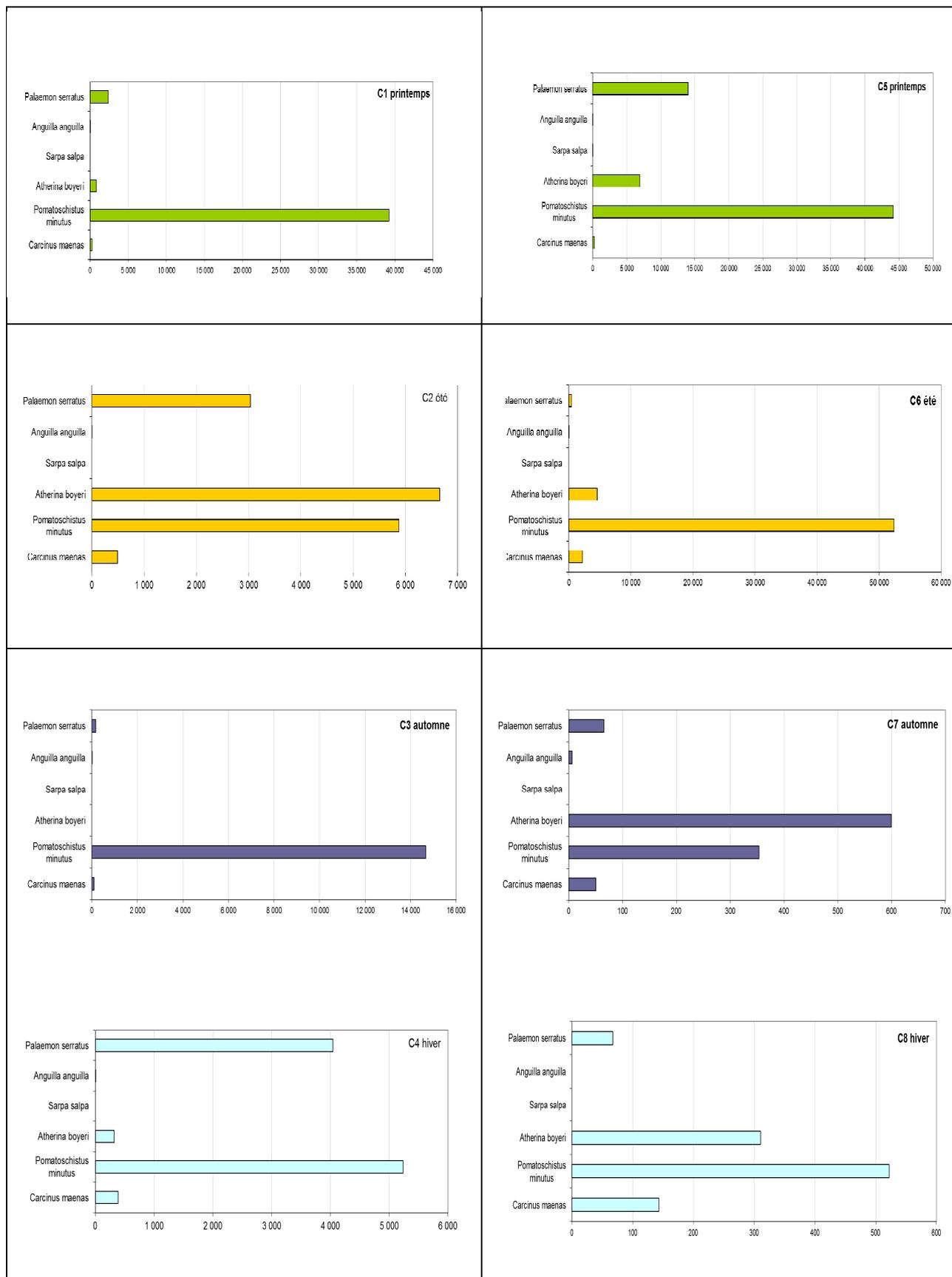


Figure 30 : Importance relative des 6 espèces dominant les abondances à chaque saison exprimée en abondances (nombre d'individus capturés par espèce dominante - poissons et crustacés).



3.3.2 Abondance moyenne par saison

L'abondance moyenne des captures dans les filets sur l'ensemble des 6 stations (Figure 23) décroît du printemps (1 935 ± 2481 poissons phase 1 et 2 169 ± 4 437 poissons phase 2) à l'hiver (250 ± 247 poissons phase 1 et 41 ± 40 poissons phase 2). Comme l'indiquent les abondances, les récoltes sont constituées d'une multitude d'individus de petite taille.

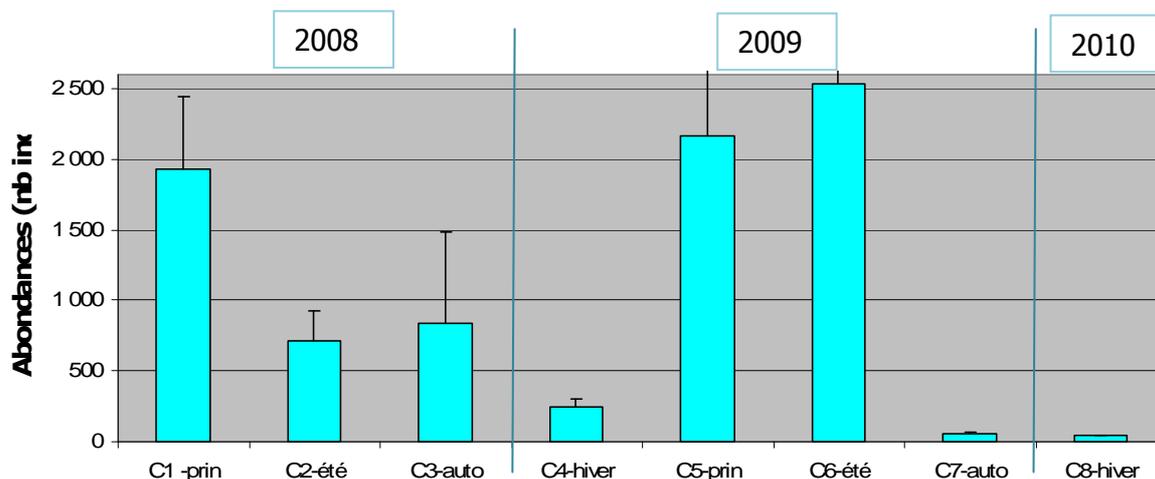


Figure 31 : Abondance moyenne des poissons dans les captures à chaque saison.

3.3.3 Biomasse moyenne par saison

La biomasse moyenne pêchée (Figure 32) au printemps et l'été (environ 2000 g/24h) est double de celle obtenue l'automne et l'hiver (environ 760 g/24h). Cette moyenne de 2 kg par 24h, est très faible par rapport aux captures des filets de pêcheurs et constitue la biomasse d'un millier d'individus de petite taille. Cela est dû à la sélectivité et en particulier la petite maille, de l'engin choisi pour l'échantillonnage. Quelques gros poissons plats, anguilles ou muges de petite taille viennent épisodiquement accroître la biomasse pêchée à la belle saison. Cette biomasse peut varier fortement d'une année à l'autre (du simple au double entre les deux phases du suivi), mais la même différence subsiste proportionnellement entre saison chaude et saison froide.

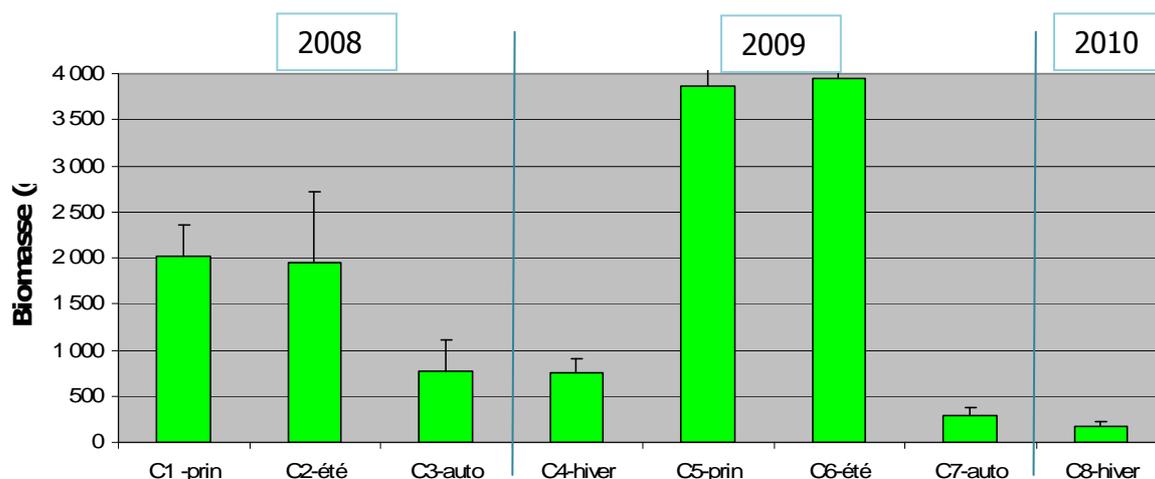


Figure 32 : Biomasses moyenne de poissons pêchées par saison.



3.3.4 Composition spécifique et paramètres abiotiques

Les espèces à affinités marines sont d'avantage présentes dans les campagnes de printemps (juin – C1 et C5) et été (septembre – C2 et C6) ; elles contribuent fortement à l'abondance comme à la biomasse pêchée à ces deux saisons. Ce résultat est confirmé dans le paragraphe suivant par l'approche fonctionnelle. Les campagnes C1 et C5 se distinguent ainsi fortement des autres campagnes du point de vue des abondances et des biomasses moyennes pêchées lorsque l'on prend en compte l'ensemble des espèces. La composition et le volume des captures exprimées en abondance ou en biomasse diffère peu entre les autres campagnes (exemple sur les biomasses des captures Figure 33).

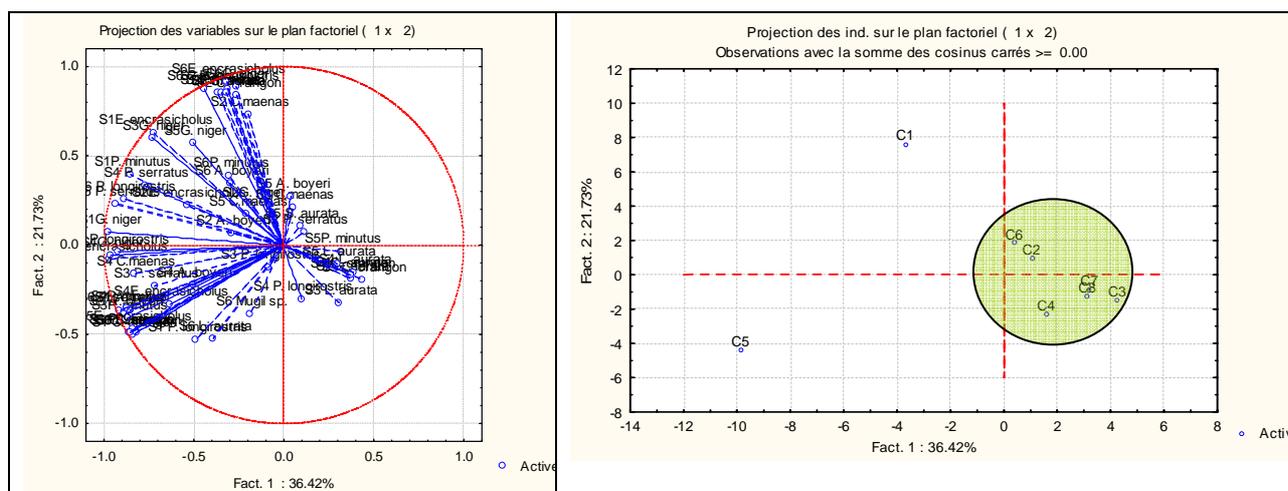


Figure 33 : Résultats de l'analyse en composantes principales portant sur la biomasse moyenne des espèces. Projection des campagnes dans l'espace simplifié à 2 dimensions. 36% de la variance totale est exprimée par l'axe factoriel F1.

3.3.5 Structure des tailles de quelques espèces représentatives

L'évolution de la structuration par classes de tailles au fil du temps pour une espèce particulière permet de déterminer entre autres choses le moment d'arrivée de nouvelles cohortes. De plus, ces suivis peuvent également permettre d'estimer la force d'une cohorte, voire également de déterminer si certaines classes de taille sont anormalement sous-représentées et d'essayer d'en chercher la cause. Dans le cadre de cette étude, seules quelques espèces sont présentes en abondance suffisante tout au long de l'étude pour utiliser une telle approche. Ces espèces sont :

- le gobie buhotte, *Pomatoschistus minutus* ;
- le gobie noir, *Gobius niger* ;
- le joël *Atherina boyeri* ;
-

Les données collectées ne permettent pas une estimation de la force des différentes cohortes. En revanche, l'évolution de l'abondance relative des différentes classes de taille au fil des saisons ainsi qu'une comparaison entre les mêmes saisons pour deux années consécutives est présentée.

Cas du gobie buhotte

Cette espèce, résidente de l'étang de Berre est, avec le joël, l'espèce la plus fréquente et la plus abondante dans nos échantillons.

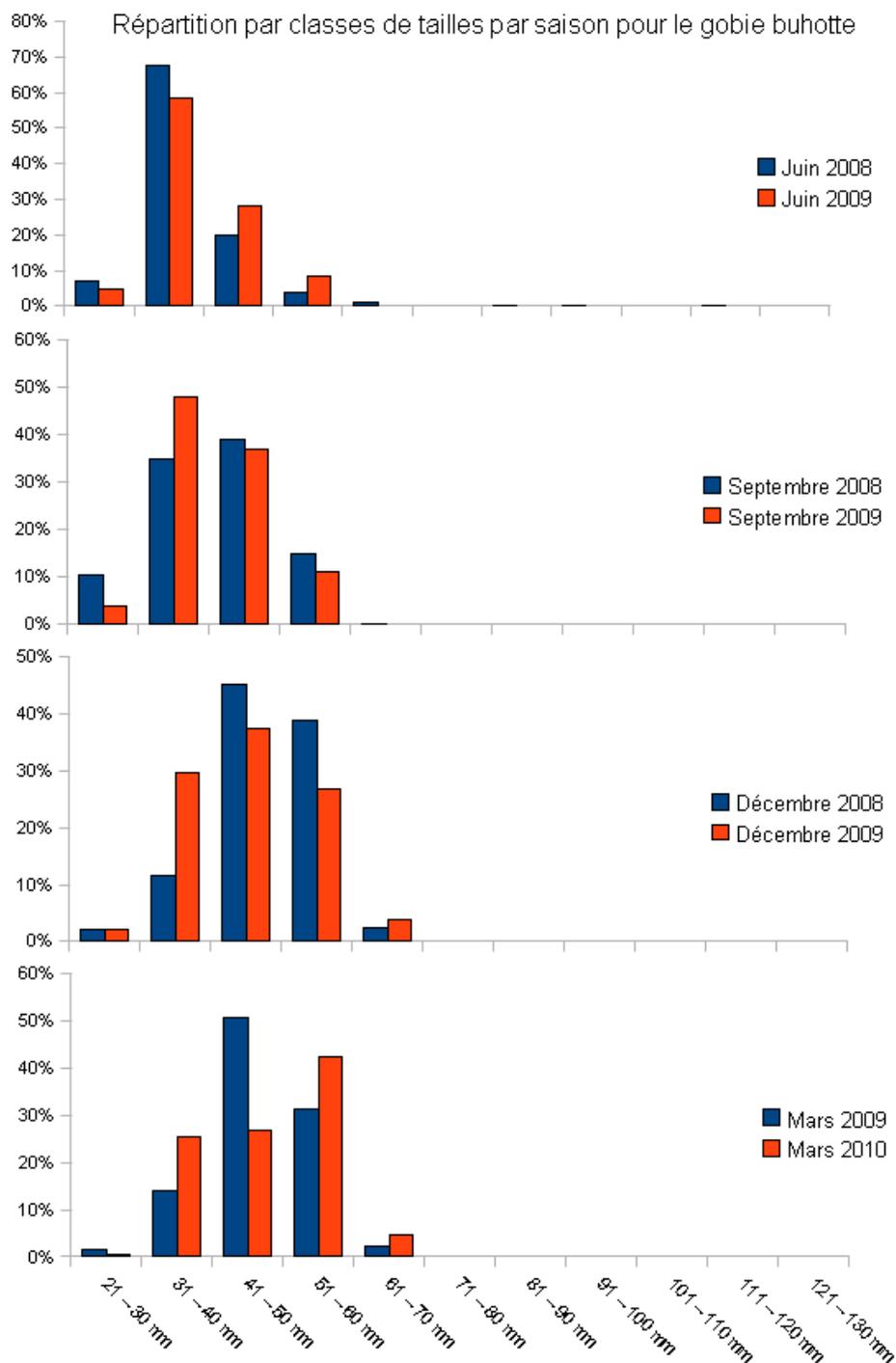


Figure 34 : Répartition par classe de taille par saison pour le gobie buhotte *Pomatoschistus minutus*.

L'évolution des classes de taille au fil des saisons permet de constater un accroissement régulier de la taille des individus avec 70 à 80 % des individus qui passent de la classe de taille 31 – 40 mm aux

classes 41 – 50 mm et 51 – 60 mm entre juin d'une année et le mois de mars de l'année suivante. On remarquera que ces deux classes de taille, très représentées en mars 2009 (80 % du total) sont très peu représentées lors de la campagne de juin 2009 pour laquelle l'essentiel de la population de gobies (70 %) se trouve dans la classe 31 - 40 mm. Ceci semble indiquer une mortalité forte des individus qui étaient les plus âgés en mars 2009 (entre 2 et 3 ans) après la reproduction qui se déroule généralement à partir du mois de mai. De plus, ceci permet de noter l'arrivée d'une nouvelle cohorte, probablement issue de la reproduction de fin d'été 2008 et du printemps 2008 en remplacement des précédentes. Le gobie buhotte présente la particularité de se reproduire 2 fois dans l'année, une fois en fin d'hiver (mai) et une fois en fin d'été (août – septembre) ce qui explique la présence permanente d'individus de petite taille (21 – 30 mm) dans nos échantillons.

Cas du gobie noir

Cette espèce au cycle biologique similaire au gobie buhotte avec, cependant, une nette différence de taille et de longévité est surtout présente dans nos échantillons en juin et en septembre.

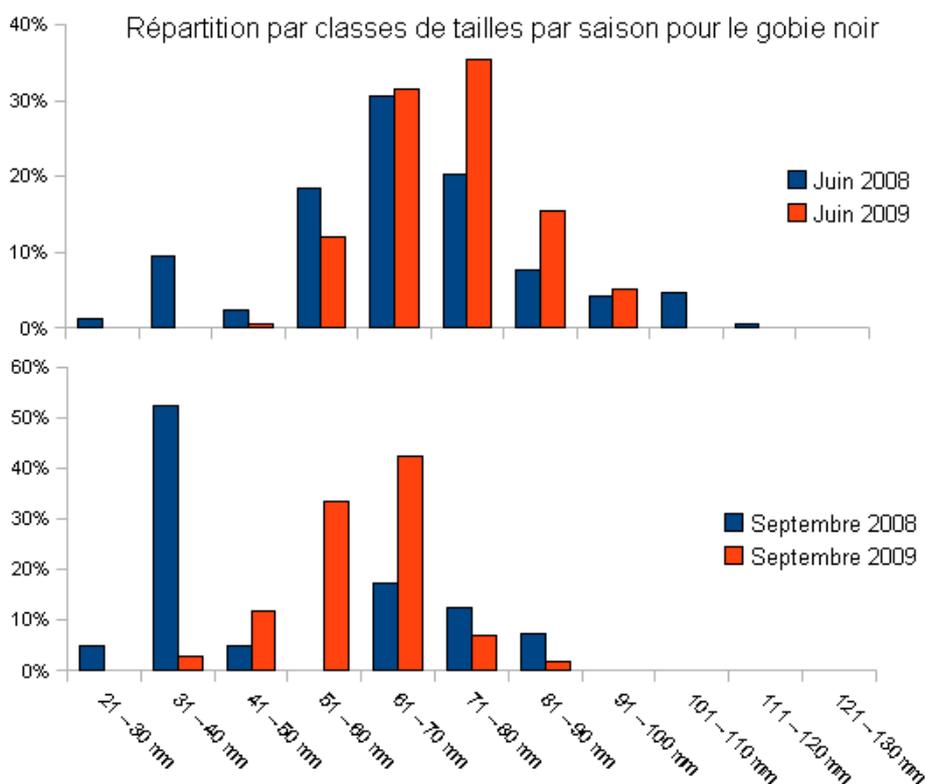


Figure 35 : Répartition par classe de taille par saison pour le gobie noir *Gobius niger*.

Comme pour le gobie buhotte, la différence dans la structure en taille de la population ne diffère pas entre juin 2008 et juin 2009. Ce n'est pas le cas en septembre avec une population en 2008 majoritairement composée d'individus mesurant entre 31 et 40 mm alors qu'en 2009 la majorité des individus mesurent entre 51 et 70 mm. Cette nette différence s'explique par le fait que le nombre total de gobies noirs capturés en septembre 2009 est peu élevé (40) et il suffit de 20 individus dans une classe de taille pour la rendre majoritaire.

Plus intéressante est l'évolution de la domination de la classe 61 – 80 mm en juin 2009 à une domination de la classe 51 – 70 mm en septembre 2009. Cette évolution semble là encore traduire la "disparition" des individus les plus gros (déplacement, moindre capturabilité) au profit d'individus plus jeunes appartenant à une nouvelle cohorte.

Cas du joël.

Cette espèce résidente des lagunes, comme les gobies, possède un cycle biologique différent de ces derniers. Elle ne se reproduit en effet qu'une fois entre mars et juin, généralement dès l'âge d'un an, et sa longévité est de 3 à 4 ans.

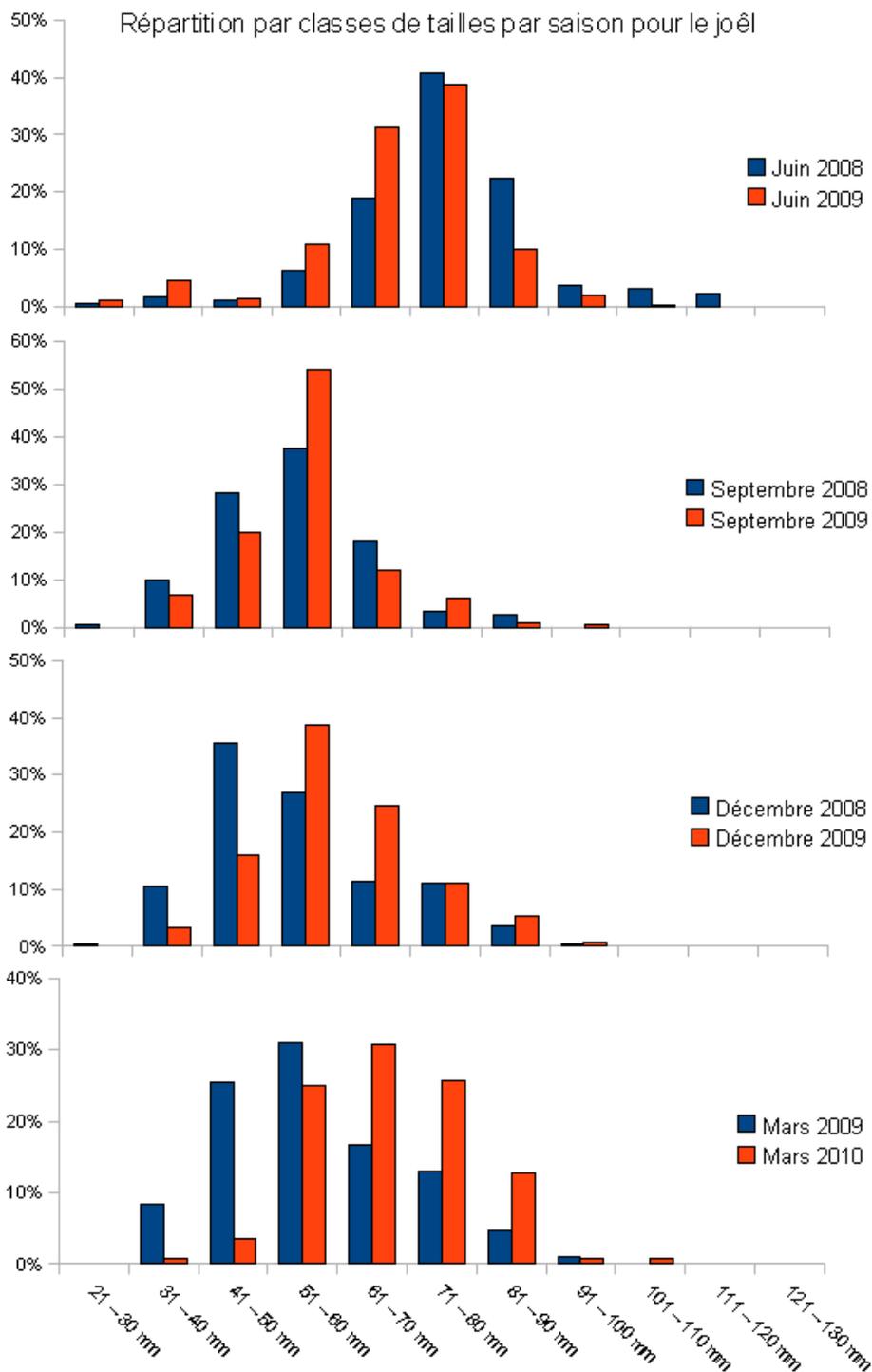


Figure 36 : Répartition par classe de taille par saison pour le joël *Atherina boyeri*.

Aucune différence n'est notée dans la structure en taille de la population d'athérine entre juin 2008 et juin 2009, tout comme entre septembre 2008 et septembre 2009. Par contre, un léger décalage est observé entre les mois de mars 2009 et 2010, tout comme entre les mois de décembre 2008 et décembre 2009, pour la classe de taille dominante. Cet écart peut être lié à une moins bonne croissance durant l'automne 2008 comparativement à celle de l'automne 2009, possiblement en raison d'un refroidissement plus précoce de l'étang.

Le graphique pour juin 2008 et 2009 montre une population dominée par les athérines adultes supérieures à 71 mm avec quelques individus de 90 voire 100 mm. On remarque également la présence d'individus de très petite taille, probablement issus de la période de reproduction en cours.

La comparaison entre les différentes saisons montre que les populations de septembre, décembre et mars (41 à 70 mm) ont une classe dominante de taille inférieure à celle observée en juin (71 à 90 mm). Ceci semble traduire une disparition assez brutale (mortalité post-reproduction) des individus les plus grands (voire comparaison des graphiques de juin et septembre), et donc les plus âgés en fin de printemps avec un remplacement progressif de ces individus de grande taille au cours des mois suivants par des individus issus des cohortes suivantes.

L'ensemble de ces graphiques permet de mettre en évidence la succession des cohortes chez l'athérine avec semble-t-il une phase de mortalité assez forte des individus les plus âgés à l'issue de la phase de reproduction qui se déroule de mars à juin en raison du stress généralement important que représente le fraie chez les poissons.

Conclusion

Ce travail sur la structuration en classes de tailles pour ces trois espèces sur l'ensemble de la durée de l'étude permet de percevoir certains aspects de leur cycle biologique. Il ressort notamment qu'une mortalité plus ou moins importante survient généralement à la fin de la période de reproduction en réduisant fortement la quantité d'individus de grandes tailles. Cette mortalité est assez probablement engendrée par l'état de faiblesse occasionné par le frai qui est un processus stressant très consommateur d'énergie. Il est également clairement montré qu'il n'y a pas de trou dans les séries de classes de tailles, ce qui laisse supposer que les reproductions sont régulières et à priori suffisantes pour les années concernées par notre étude.

Enfin, ce travail sur les classes de taille met en évidence chez ces espèces à durée de vie relativement courte une succession de cohortes aux différentes saisons, qui s'accommodent plus ou moins bien des conditions abiotiques qu'elles rencontrent dans l'étang et qui au final assurent un peuplement permanent de ce dernier.

3.3.6 Analyse de la diversité fonctionnelle par saison

L'analyse ici présentée rend compte des fluctuations saisonnières de la composition spécifique du peuplement à travers les regroupements fonctionnels d'espèces que constituent les guildes.

Diversité fonctionnelle par saison, toutes stations confondues

Cette approche permet de faire ressortir les grandes tendances des fluctuations saisonnières en terme d'importance entre les catégories de chacune des guildes étudiées (écologique, trophique et distribution). Comme précédemment, deux métriques complémentaires seront employées : le nombre d'espèces recensées à l'intérieur de chaque catégorie d'une guildes et la biomasse totale de l'ensemble des espèces appartenant à une même catégorie. La mise en parallèle de ces fluctuations à l'échelle de l'étang avec les fluctuations des conditions du milieu, en s'appuyant également sur les connaissances

de l'écologie des espèces et du fonctionnement du système, peut permettre de déceler des anomalies ou des événements engendrés par certaines activités humaines.

D'une façon globale, il existe une différence assez nette entre les résultats de la phase 1 (juin 2008 à mars 2009) et les résultats de la phase 2 (juin 2009 à mars 2010) notamment en raison du pic d'abondance de l'ensemble des catégories à l'intérieur des guildes, nettement plus marqué et important en juin 2009 qu'en juin 2008. Les maxima en nombre d'espèces comme en biomasse sont atteints en juin et septembre et les minima sont pour décembre et mars, conformément au cycle des saisons.

Guildes écologiques

Les espèces résidentes sont celles qui dominent tant en effectifs qu'en biomasse les guildes écologiques avec cependant au mois de juin une part importante de la biodiversité représentée par les espèces marines utilisant l'étang au stade adulte (MA) ainsi que par les espèces catadromes (CA), dans une moindre mesure. Un pic net en nombre d'espèces marines (MJ) est observé pour les juvéniles, qui ne se traduit pas nettement en terme de biomasse en raison des effectifs (sauf sardines) et des faibles biomasses des jeunes individus. Ces fluctuations saisonnières tant en nombre d'espèces par catégorie qu'en biomasse sont à relier aux mouvements saisonniers des espèces marines, d'une part : entrée lors des saisons favorables et sortie aux saisons défavorables, ainsi qu'à la démographie des espèces. Les valeurs maximales atteintes en juin 2009 sont supérieures à celles observées en juin 2008, mais l'allure décroissante des courbes suggère des maxima plus précoces pour cette année-là.

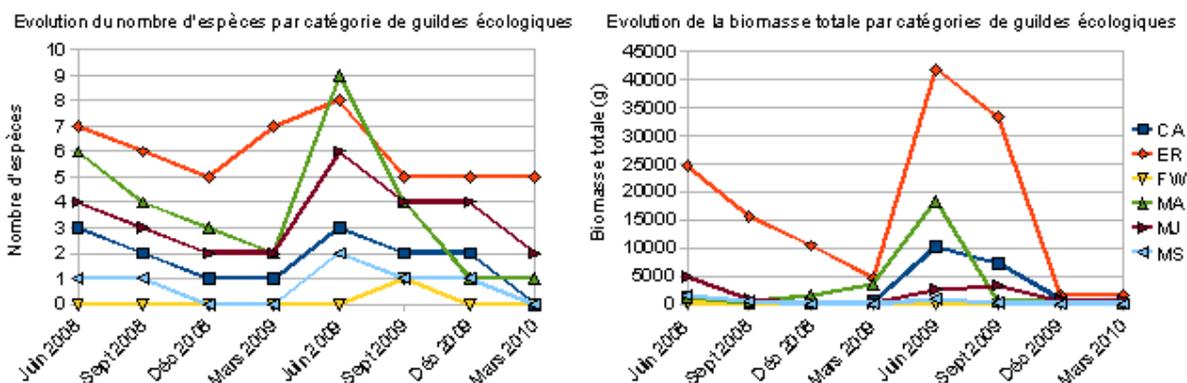


Figure 37 : Évolution saisonnière des catégories constituant les différentes guildes écologiques en nombre d'espèces et en biomasse toutes stations confondues.

Guildes trophiques

L'étude des guildes trophiques, pour ce qui est du nombre d'espèces par catégorie, montre des fluctuations assez importantes tout au long des phases 1 et 2. Les variations sont en phase avec les saisons avec des maxima aux saisons chaudes les plus favorables (juin et septembre) et des minima aux saisons froides, les moins favorables (décembre et mars). Trois catégories se détachent nettement en termes de nombre d'espèces, les prédateurs d'invertébrés benthiques, les zooplanctonophages ainsi que les omnivores. Un constat similaire peut être fait pour ce qui est des biomasses avec une catégorie supplémentaire, les végétariens en raison d'une capture exceptionnelle de saupes en juin 2009 (plus de 18 kg).

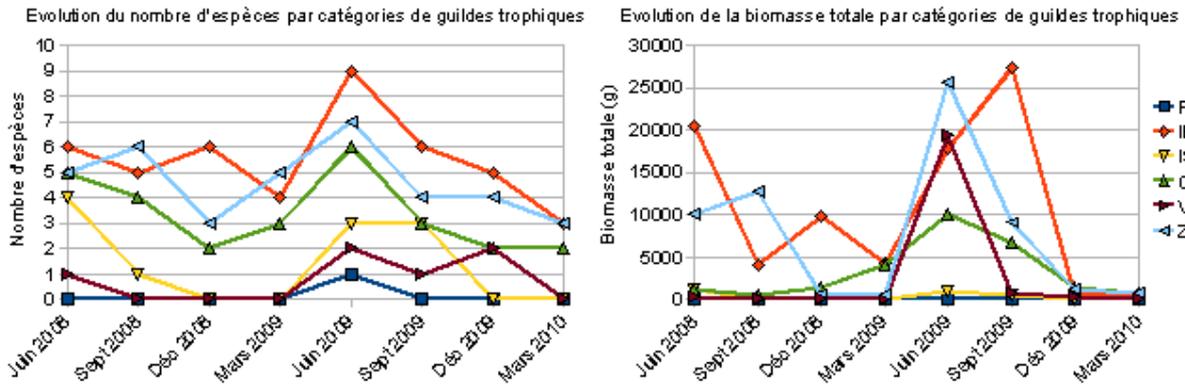


Figure 38 : Évolution saisonnière des catégories constituant les différentes guildes trophiques en nombre d'espèces et en biomasse toutes stations confondues.

Guildes de répartition verticale

L'étude des guildes de distribution dans la masse d'eau permet de constater des variations similaires à celles observées pour les autres guildes, à savoir : des minima en décembre et mars et des maxima en juin et septembre. Les variations observées pour le nombre d'espèces par catégorie sont à relier aux entrées et sorties d'espèces marines selon les saisons ainsi qu'à la démographie. La hiérarchie entre les catégories est sensiblement toujours la même avec une domination de la part des espèces démersales devant les espèces benthiques et pélagiques, sauf en mars 2009 où les espèces pélagiques et benthiques sont en effectifs égaux. Pour ce qui est des biomasses, les espèces benthiques (gobies et soles) dominent généralement sauf en juin 2009 et septembre 2008.

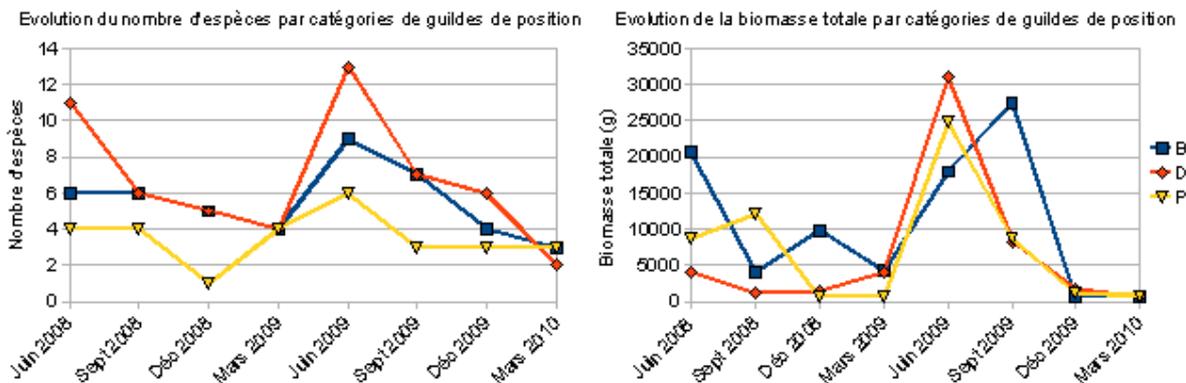


Figure 39 : Évolution saisonnière des catégories constituant les différentes guildes de répartition dans la colonne d'eau toutes stations confondues.

En conclusion, cette première approche des fluctuations saisonnières à l'échelle de l'étang de Berre permet de constater que celui-ci est un milieu ouvert avec des mouvements saisonniers d'entrée et de sortie de l'étang non négligeables, tant en nombre d'espèces qu'en biomasse de poissons. Il apparaît également que la démographie des espèces résidentes joue un rôle important en termes de biomasse puisque cette catégorie passe d'environ 5 kg capturés durant la campagne de mars 2009 à plus de 40 kg pêchés en juin 2009. Cependant, cette vision d'ensemble de l'étang masque des disparités entre les différentes stations échantillonnées, ce qui rend nécessaire leur étude particulière.

Diversité fonctionnelle par station, et par saison

Station 1, toutes guildes en abondance d'espèces et en biomasse.

Une lecture générale de l'ensemble des résultats, toutes guildes confondues, met en évidence l'existence de fluctuations saisonnières plus ou moins marquées en nombre d'espèces, nettement plus marquées pour ce qui est des biomasses. Ces fluctuations portent majoritairement sur les espèces marines circulant entre l'étang de Berre et la mer Méditerranée avec généralement une arrivée pour le printemps et l'été et une sortie de l'étang avant l'arrivée des saisons froides (automne et hiver). Des différences fortes sont également constatées entre juin 2008 et juin 2009.

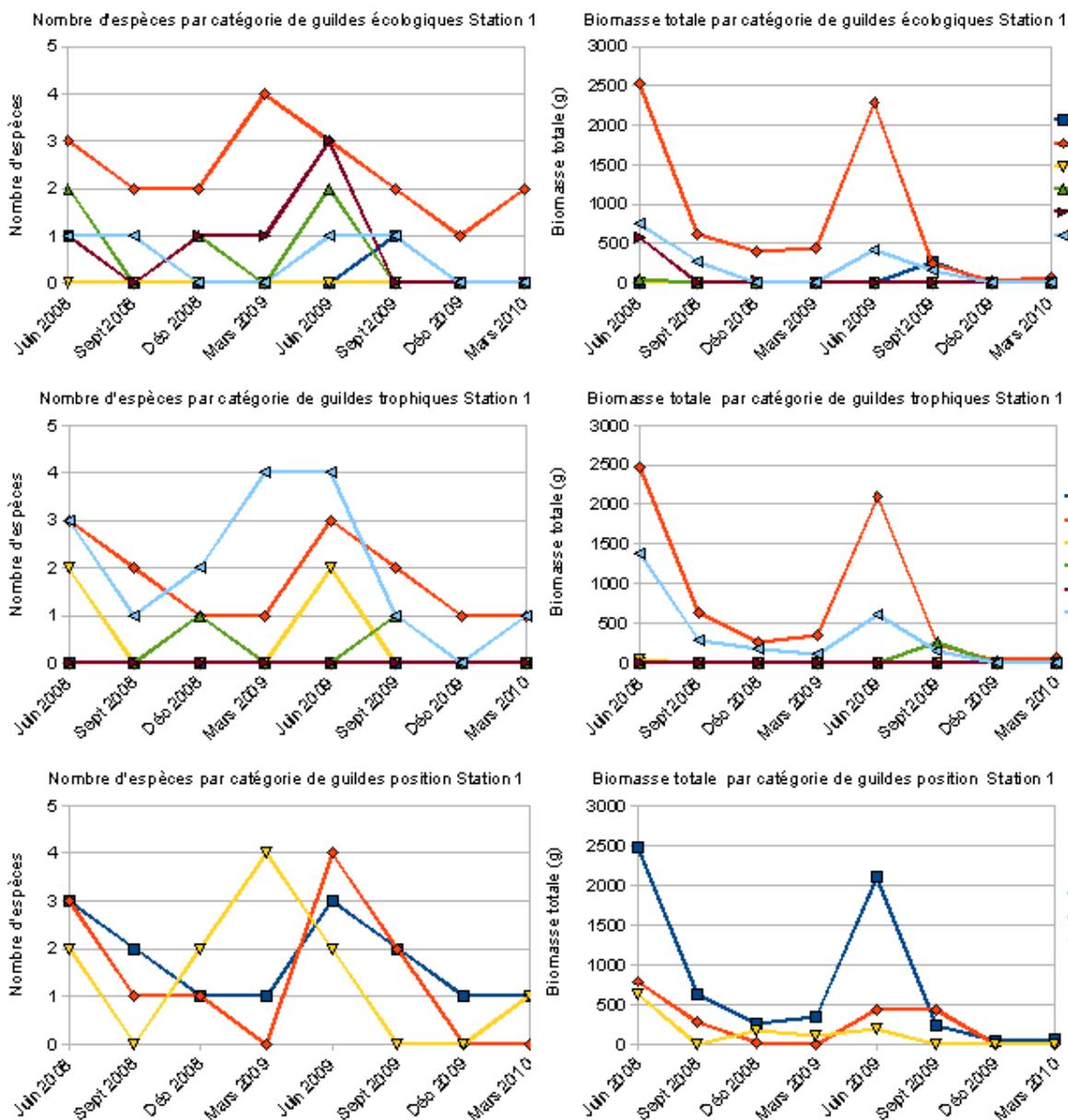


Figure 40 : Évolution saisonnière des catégories constituant les 3 guildes à la station 1 - Poudrerie

De façon un peu plus détaillée, on notera que les biomasses maximales restent faibles (4 kg pour une campagne complète) et qu'elles sont très majoritairement composées d'espèces résidentes (gobies surtout et athérines dans une moindre mesure). Les espèces d'origine marine (MA, MJ et MS) sont



surtout présentes au printemps et en été en faibles quantités et biomasse. Le peuplement de la station 1 est généralement peu diversifié avec au maximum 9 espèces présentes simultanément.

Station 2, toutes guildes en abondance d'espèces et en biomasse.

Une lecture générale de l'ensemble des résultats, toutes guildes confondues, met en évidence l'existence de variations saisonnières plus ou moins marquées en nombre d'espèces, nettement plus marquées pour ce qui est des biomasses. Ces fluctuations portent majoritairement sur les espèces marines circulant entre l'étang de Berre et la mer Méditerranée avec généralement une arrivée pour le printemps et l'été et une sortie de l'étang avant l'arrivée des saisons froides (automne et hiver). On notera également des différences fortes entre juin 2008 et juin 2009.

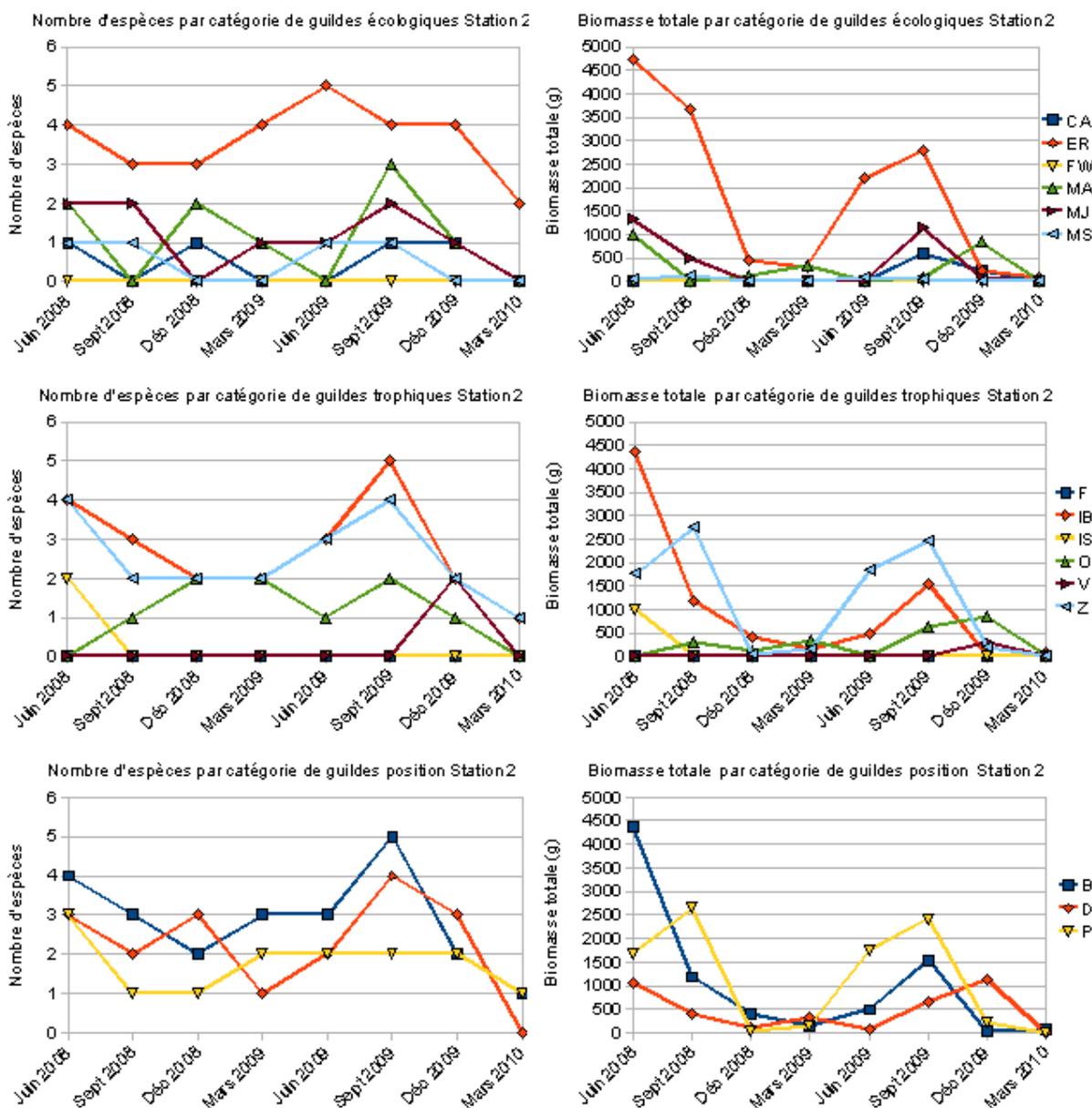


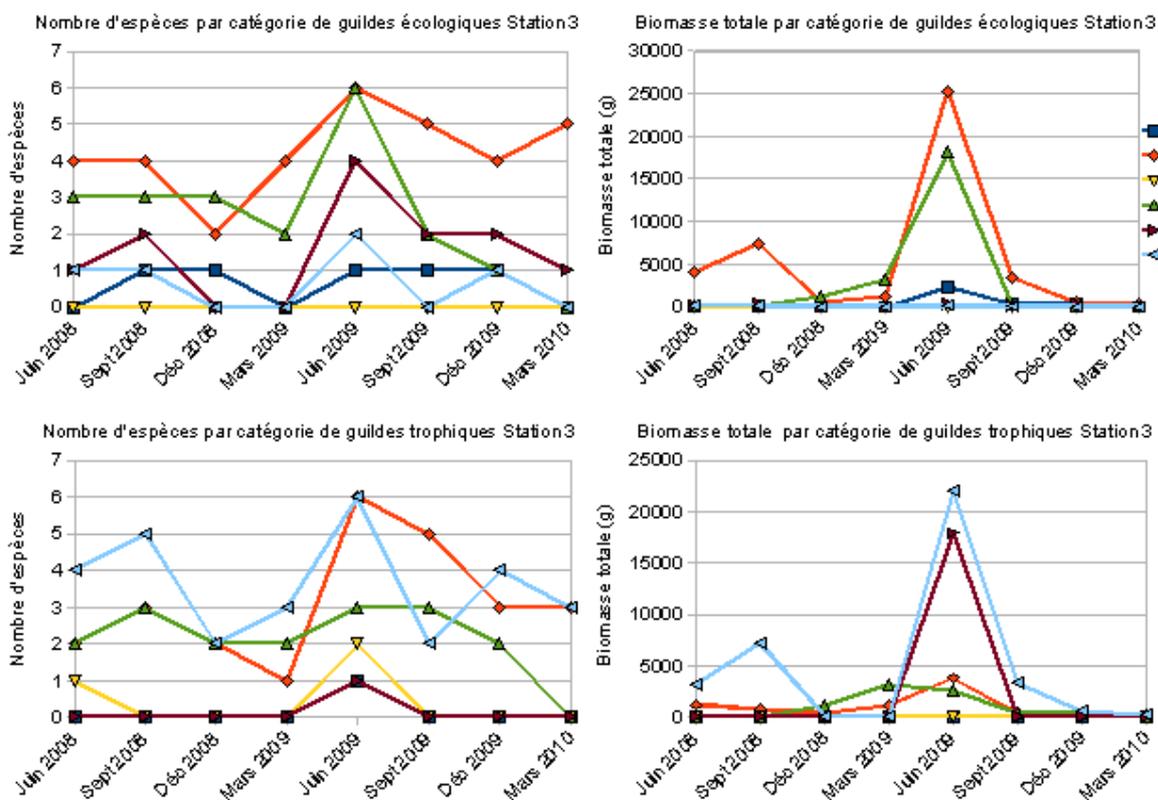
Figure 41 : Évolution saisonnière des catégories constituant les 3 guildes à la station 2 - Ranquet

Juin 2008 est caractérisé par une biomasse importante d'espèces résidentes ainsi qu'une biomasse non négligeable d'espèces marines (MJ et MA), alors que juin 2009 affiche un effondrement de la biomasse d'espèces résidentes (1/2 de juin 2008) et une quasi-absence d'espèces marines. En ce qui concerne la guildes trophique, il apparaît une transition entre le printemps et l'été pour 2008 comme 2009 avec un passage d'un peuplement dominé en biomasse par les prédateurs d'invertébrés benthiques (gobies majoritairement) vers un peuplement dominé en biomasse par les zooplantonophages (athérines majoritairement). Une telle évolution n'est pas visible en nombre d'espèces ce qui laisse supposer un effet majoritairement démographique (natalité / mortalité). Un constat similaire peut être fait pour la guildes de positionnement dans la masse d'eau entre les espèces benthiques et pélagiques.

Le peuplement de la station 2 est assez peu diversifié avec au maximum 11 espèces présentes simultanément, ce qui est légèrement supérieur à la station 1.

Station 3, toutes guildes en abondance d'espèces et en biomasse.

Une première lecture générale de l'ensemble des résultats, toutes guildes confondues, met en évidence comme pour les autres stations, l'existence de fluctuations saisonnières plus ou moins marquées en nombre d'espèces, nettement plus marquées pour ce qui est des biomasses. On notera le pic très important en biomasse (45 kg au total) en juin 2009 par rapport aux autres saisons qui oscillent entre 5 et 10 kg de captures par campagne. Ces fluctuations portent sur l'ensemble des espèces avec cependant des tendances marquées pour les espèces marines circulant entre l'étang de Berre et la mer Méditerranée avec un maximum de plus de 15 kg capturés en juin 2009 pour les espèces marines adventices (MA : bogues, sars, saupes ...).



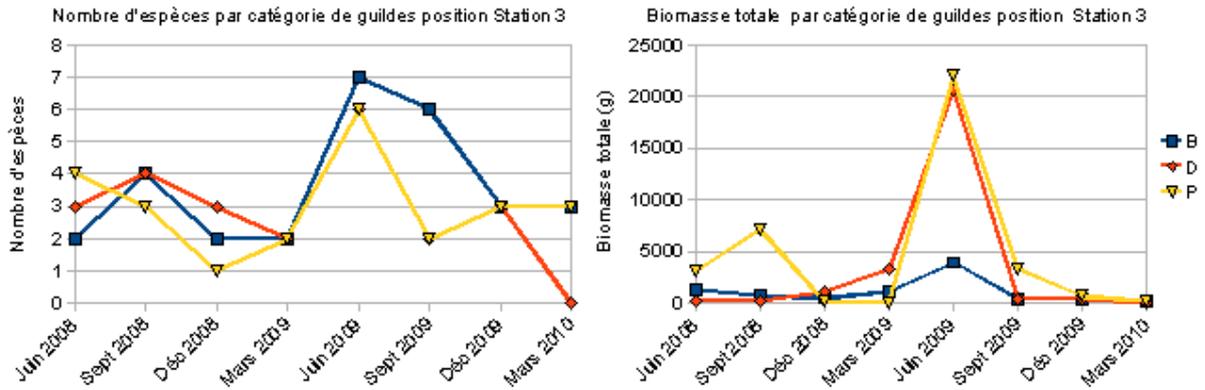
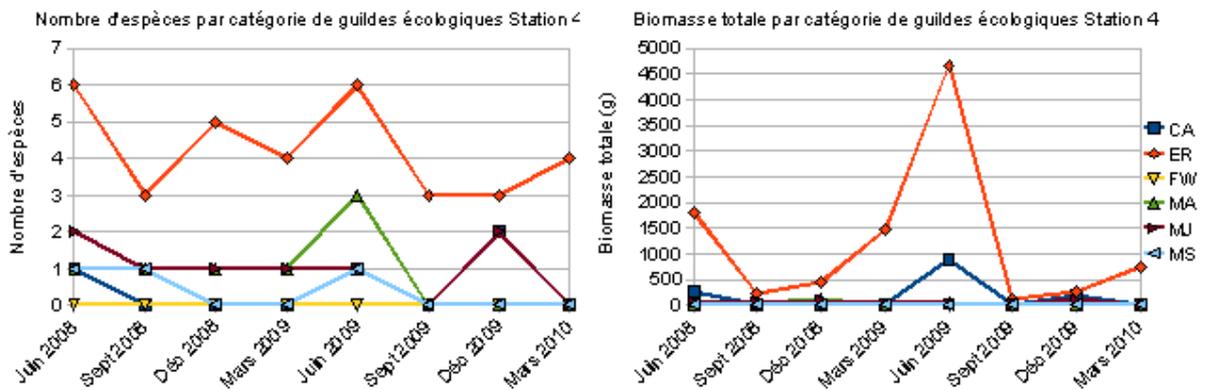


Figure 42 : Évolution saisonnière des catégories constituant les 3 guildes à la station 3 - Martigues

En ce qui concerne la guildes trophique, on notera que le pic de biomasse de juin 2009 est majoritairement composé de zooplanctonophages (athérines) et de végétariens (saupes) à hauteur d'environ 20 kg à chaque fois alors que les prédateurs d'invertébrés benthiques (gobies essentiellement) représentent moins de 5 kg à diversité égale. Le constat est similaire pour ce qui est de la guildes de positionnement dans la masse d'eau pour les catégories démersale et pélagique par rapport à benthique. Enfin, il faut noter que le peuplement de la station 3 est le plus diversifié avec un maximum de 19 espèces présentes simultanément lors de la campagne de juin 2009, qui est la seule pour laquelle toutes les catégories de la guildes trophique sont représentées (y compris IS, faible).

Station 4, toutes guildes en abondance d'espèces et en biomasse.

Une première lecture générale de l'ensemble des résultats, toutes guildes confondues, met en évidence comme pour les autres stations, l'existence de fluctuations saisonnières plus ou moins marquées en nombre d'espèces, nettement plus marquées pour ce qui est des biomasses. On notera le pic en biomasse (5,5 kg au total) en juin 2009 para rapport aux autres saisons qui oscillent entre 0,5 et 2 kg de captures par campagne. De façon générale en biomasse, le peuplement est largement dominé par les gobies, ce qui explique les pics observés pour une seule catégorie à l'intérieur des trois guildes étudiées.



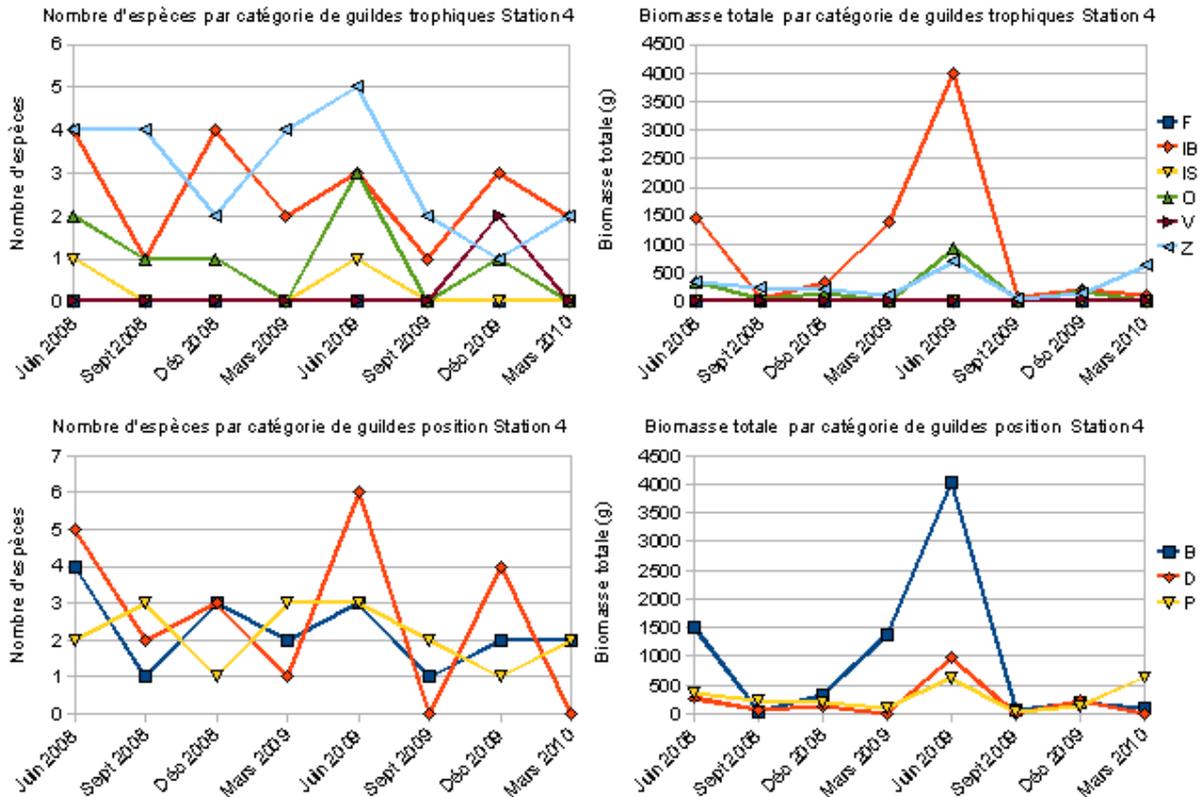


Figure 43 : Évolution saisonnière des catégories constituant les 3 guildes à la station 4 – La Mède.

Du point de vue du nombre d'espèces, les choses sont moins nettes avec une présence régulière d'espèces marines (MA, MJ et MS) présentes en effectifs faibles. Cette tendance se retrouve pour la guilde trophique avec un nombre d'espèces non négligeable tout au long de l'étude pour les prédateurs d'invertébrés benthiques (IB), les zooplanctonophages (Z) et les omnivores (O).

Enfin, il faut noter que le peuplement de la station 4 est relativement diversifié avec un maximum de 12 espèces présentes simultanément lors de la campagne de juin 2009 et que ce peuplement est assez atypique dans sa composition et dans ses fluctuations. Ceci est probablement lié à l'emplacement de la station.

Station 5, toutes guildes en abondance d'espèces et en biomasse.

Comme pour les stations précédentes, une approche générale toutes guildes confondues met en avant des variations saisonnières marquées. Cependant, à la différence de l'ensemble des autres stations, le maximum de biomasse pêchée est pour décembre 2008 avec environ 8 kg capturés sur la durée de cette campagne. Le peuplement est largement dominé par les espèces résidentes la majorité du temps, tant en biomasse qu'en nombre d'espèce. On notera cependant que les espèces marines (MA, MJ et MS) sont assez bien représentées en terme de diversité en septembre 2008 et juin 2009.

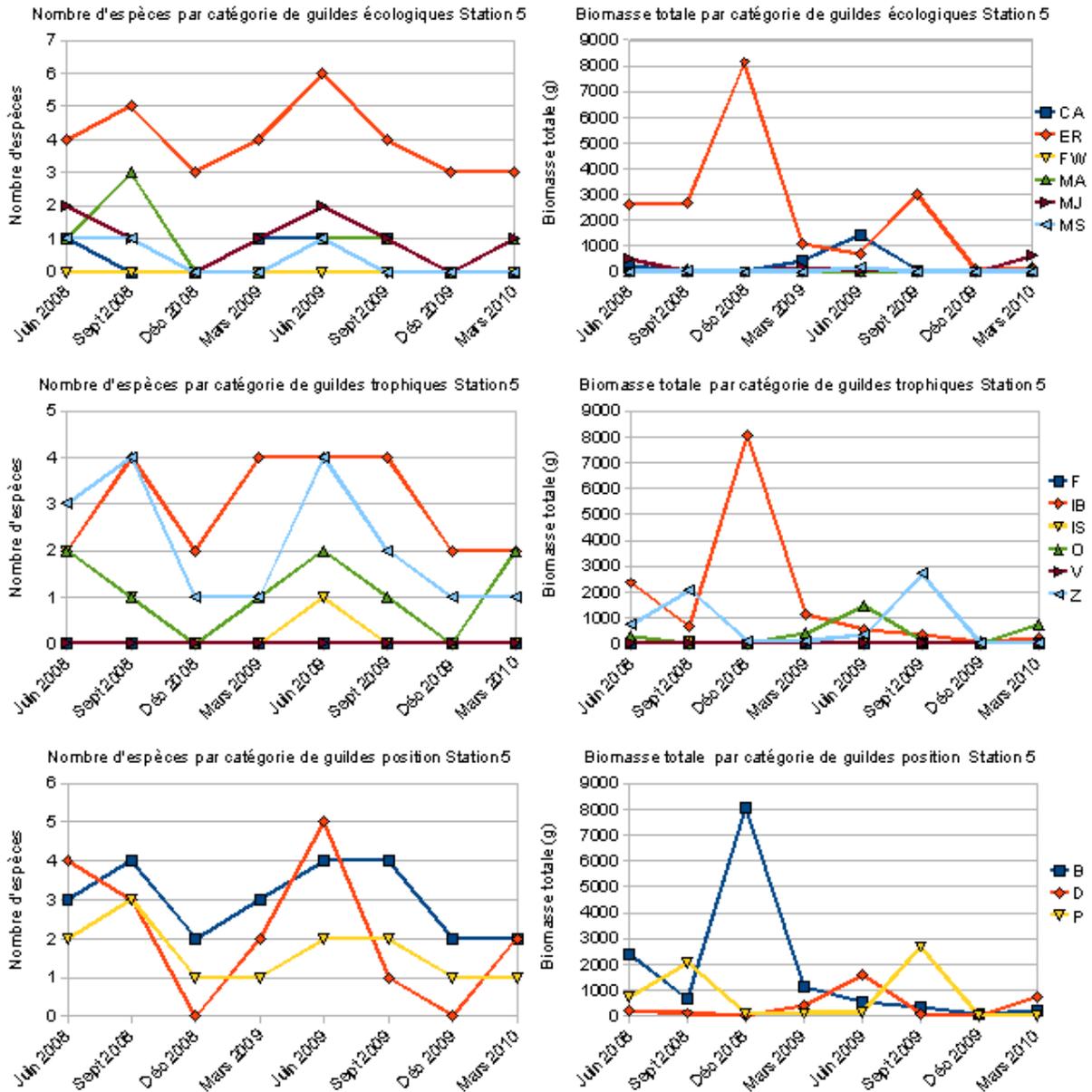


Figure 44 : Évolution saisonnière des catégories constituant les 3 guildes à la station 5 – Pointe de Berre

Du point de vue des guildes trophiques, le peuplement est relativement équilibré entre les prédateurs d'invertébrés benthiques (IB) et les zooplanctonophages (Z) pour ce qui est du nombre d'espèce. En termes de biomasse, les prédateurs d'invertébrés benthiques (IB) sont très largement dominant en juin et décembre 2008 puis ce sont les omnivores (O) et les zooplanctonophages (Z) qui dominent plus modestement le peuplement en juin et septembre 2009 respectivement. Ces tendances se retrouvent dans l'étude de la guildes de position dans la masse d'eau.

Enfin, il faut noter que le peuplement de la station 5 est relativement diversifié avec un maximum de 11 espèces présentes simultanément lors de la campagne de juin 2009 et que ce peuplement est assez atypique dans sa composition et dans ses fluctuations. Comme pour la station 4, cette singularité découle probablement de l'emplacement de la station (secteur à l'abri des courants forts engendrés par les coups de Mistral).

Station 6, toutes guildes en abondance d'espèces et en biomasse.

Comme pour les stations précédentes, une approche générale toutes guildes confondues met en avant des variations saisonnières marquées avec un pic net et important de biomasse pêchée en septembre 2009 (environ 30 kg) comme dans le cas de la station 2 pour ce qui est de la date du pic. Le peuplement est largement dominé par les espèces résidentes la majorité du temps, tant en biomasse qu'en nombre d'espèce. On notera cependant que les espèces marines (MA, MJ et MS) sont assez bien représentées en termes de diversité en juin 2008 ainsi qu'en juin et septembre 2009, ce qui est lié, comme par ailleurs, aux mouvements de ces espèces entre l'étang de Berre et la mer Méditerranée. Enfin, il faut noter que les espèces catadromes (CA) comme l'anguille, sont également bien représentées en nombre d'espèces comme en biomasse en juin 2008 et 2009 et septembre 2009 et qu'elles représentent une biomasse non négligeable en juin et septembre 2009 (plus de 5 kg à chaque fois).

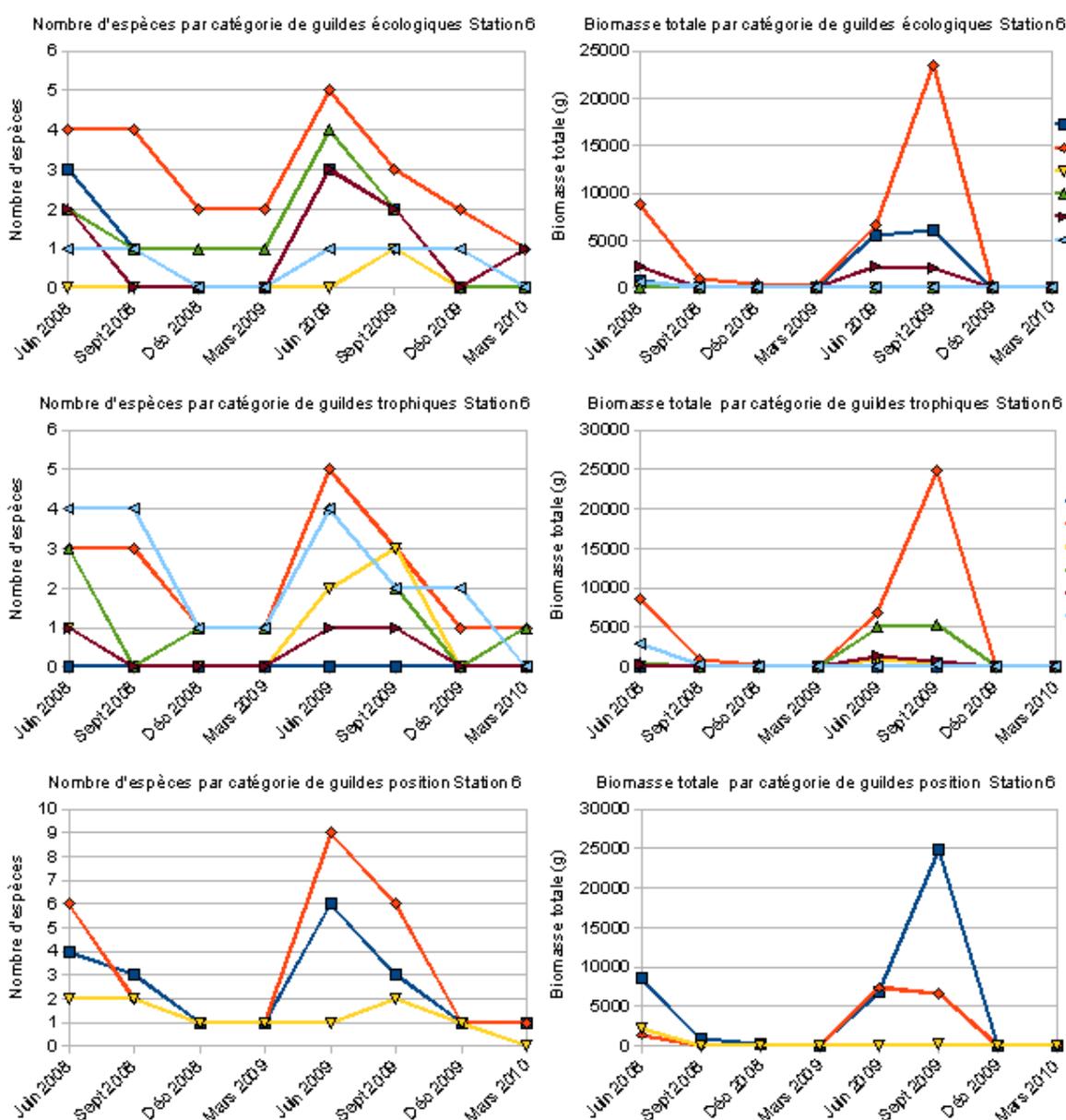


Figure 45 : Évolution saisonnière des catégories constituant les 3 guildes à la station 6 – St Chamas



Du point de vue des guildes trophiques, le peuplement est relativement équilibré entre les prédateurs d'invertébrés benthiques (IB) et les zooplanctonophages (Z) voire les prédateurs d'invertébrés suprabenthiques (IS) et les omnivores (O) pour certaines campagnes pour ce qui est du nombre d'espèce. En termes de biomasse, les prédateurs d'invertébrés benthiques (IB) sont très largement dominant en juin 2008 et septembre 2009. En dehors de ces campagnes, les biomasses capturées sont faibles (sauf juin 2009) et il n'apparaît pas de groupe dominant. On notera que les omnivores (O) sont présents à hauteur de 5 kg en juin et septembre 2009 respectivement. Enfin, il faut noter que la station 6 est après la station 3 celle avec le nombre d'espèces maximal capturé lors d'une campagne le plus élevé (16 espèces) mais que contrairement à la station 3, ce nombre total d'espèces capturées par campagne varie assez fortement entre les maximas observés en juin 2008 et 2009 et septembre 2009 (entre 11 et 16 espèces) et les minimas observés le reste du temps (2 à 7 espèces). Ces tendances se retrouvent dans l'étude de la guildes de position dans la masse d'eau.

Conclusions sur les variations temporelles au sein des guildes fonctionnelles

Les résultats obtenus mettent en évidence le rythme saisonnier de l'étang de Berre, notamment en raison des mouvements entre la mer et l'étang d'une partie des espèces marines. Ces mouvements sont provoqués par des migrations de reproduction comme pour l'anchois, qui vient pondre des œufs dans l'étang ou par des migrations trophiques des stades juvéniles, qui viennent y trouver des conditions favorables à leur grossissement avant de retourner en mer à l'âge adulte (loup, muges, sardine). Ces migrations inscrites dans les traits de vie des espèces sont influencées en outre par les conditions physico-chimiques (température, salinité, crise anoxique), comme par l'abondance de nourriture planctonique, qui expliquent les décalages temporels des pics d'abondance d'une année sur l'autre. Les stations réparties *a priori* sur le pourtour de l'étang sont bien différenciées par certaines caractéristiques de leur peuplement :

- ✓ la station 1 est dominée par les gobies avec des biomasses totales modestes ;
- ✓ la station 2 est plus diversifiée avec une présence plus marquée des espèces marines et un équilibre entre les gobies et les athérines ;
- ✓ la station 3 est celle qui présente le maximum de diversité et celle pour laquelle le maximum de biomasse a été pêchée avec une influence forte des mouvements d'entrée et de sortie des espèces marines qui constituent une part importante de la biomasse pêchée ;
- ✓ la station 4, comme la station 1, malgré sa proximité du canal de Caronte est nettement dominée par les espèces résidentes, notamment les gobies pour ce qui est des biomasses mais aussi par les espèces zooplanctonophages et omnivores ;
- ✓ la station 5 est atypique en raison d'un pic de biomasse situé en décembre. Pour le reste, le peuplement observé est largement dominé par les gobies même si la présence des espèces marines est bien perceptible ;
- ✓ la station 6 est la seconde station la plus riche en diversité et en biomasse après la station 3. Cependant, son peuplement est radicalement différent car malgré cette diversité et la présence d'espèces marines, la biomasse de gobies est 5 fois supérieure à la station 4 où les espèces résidentes dominent également et les espèces pélagiques peu représentées.

L'analyse par groupes fonctionnels montre que certaines stations présentent des similarités de peuplement et qu'entre les conditions marines et l'eau douce, un gradient de conditions intermédiaires est offert à l'ensemble des espèces. L'influence marine marquée à la station 3, la plus proche du canal de Caronte se ressent également au niveau de la station 2 (Ranquet) et beaucoup moins à la station 4. Les espèces marines sont recensées dans la plupart des autres stations mais de façon nettement moins importante, surtout en termes de biomasse. La présence d'une espèce d'eau douce au sein du peuplement de la station 6, bien qu'anecdotique, est significative de conditions de salinité particulièrement faibles.



3.4 Approche fonctionnelle générale

Une interprétation de la composition des guildes à chaque station et au cours des saisons est proposée dans ce chapitre en comparant les valeurs des indices de diversité de Shannon et de d'équité de Pielou calculées pour chacune d'elles. L'indice de Shannon est un indice d'abondance basé sur la diversité spécifique qui permet de quantifier l'hétérogénéité de la biodiversité d'un milieu d'étude et de suivre son évolution au cours du temps. Cet indice est l'un des plus utilisés en écologie notamment dans le cadre de l'étude de divers écosystèmes ou de communautés animales ou végétales. L'indice de Pielou vient généralement en complément de l'indice de Shannon. C'est un indice écologique d'équitabilité des espèces, il sert à quantifier l'abondance des espèces dans un milieu et permet d'établir s'il y a des déséquilibres ou non en termes de représentation des espèces au sein d'un peuplement. Tout comme l'indice de Shannon, l'indice de Pielou est couramment employé en écologie pour analyser des peuplements. Ces indices ne sont pas adaptés spécifiquement à un type de milieu mais permettent, en l'absence d'un outil spécifique aux milieux de transition, une analyse objective de la diversité et de l'équitabilité entre stations et entre saisons d'échantillonnage. Ils n'augurent pas en eux-mêmes de la qualité du milieu mais la combinaison des informations qu'ils fournissent, avec la composition spécifique et la connaissance de l'écologie des espèces, autorise un diagnostic sur la qualité des peuplements et donc indirectement du milieu dans lequel ils évoluent.

Guildes écologiques

L'indice de Shannon (H') dépend du nombre de catégories de la guilde présentes dans les échantillons, de leurs proportions relatives et de la taille de l'échantillon. Dans le cadre des guildes écologiques, quelle que soit la campagne, H' est très majoritairement faible (Tableau 11), ce qui traduit une diversité très faible au niveau des guildes. Cette impression est confirmée par les valeurs de l'indice de Pielou (E), qui sont très majoritairement inférieures à 0,25, signifiant un net déséquilibre entre les catégories à l'intérieur des guildes étudiées et donc la présence de catégories nettement dominantes. Ce déséquilibre est lié aux effectifs très importants pour des espèces résidentes (gobies et athérines) comparativement aux autres groupes avec des proportions d'espèces résidentes dépassant 80 % du total des individus collectés.

Tableau 11 : Analyse de la diversité au sein des guildes écologiques. H' indice de Shannon et E indice de Pielou. Seuils = fractions [0-25%], [25-50%], [50-75%], [75-100%] de la valeur de H' max.

Guilde écologique	Juin 2008	Septembre 2008	Décembre 2008	Mars 2009	Juin 2009	Septembre 2009	Décembre 2009	Mars 2010
H' Station 1	0,38	0,33	0,08	0,03	0,11	0,42	0	0
E Station 1	0,21	0,19	0,05	0,02	0,06	0,24	0	0
H' Station 2	0,62	0,06	0,14	0,18	0,1	0,16	0,75	0
E Station 2	0,35	0,03	0,08	0,1	0,06	0,09	0,42	0
H' Station 3	0,17	0,05	0,41	0,3	0,07	0,12	0,14	0,04
E Station 3	0,1	0,03	0,23	0,17	0,04	0,06	0,08	0,02
H' Station 4	0,28	0,22	0,24	0,01	0,07	0	0,11	0
E Station 4	0,15	0,12	0,13	0,01	0,04	0	0,06	0
H' Station 5	0,23	0,07	0	0,02	0,23	0,02	0	0,1
E Station 5	0,13	0,04	0	0,01	0,13	0,01	0	0,06
H' Station 6	0,48	0,27	0,04	0,16	0,02	0,01	0,05	0,69
E Station 6	0,27	0,15	0,02	0,09	0,01	0,01	0,03	0,39

Valeur de H'
 1,35 à 1,79
 0,91 à 1,34
 0,46 à 0,9
 0 à 0,45

Diversité

 Très diversifié
 Diversifié
 Peu diversifié
 Non diversifié

Valeur de E
 0,76 à 1
 0,51 à 0,75
 0,26 à 0,5
 0 à 0,25

Équilibre

 Équilibre fort
 Équilibre
 Déséquilibre
 Déséquilibre fort

Guildes trophiques

L'application des mêmes indices à la guildes trophique donne des résultats différents avec notamment une diversité globalement plus élevée (Tableau 12). Les valeurs de H' sont généralement supérieures pour les guildes trophiques comparativement aux guildes écologiques. La diversité au niveau des guildes trophiques reste cependant majoritairement faible avec des fluctuations saisonnières liées aux mouvements d'entrées et de sorties des espèces marines ainsi qu'à la démographie des espèces. On notera également que les stations 1, 5 et 6 sont celles affichant la diversité la plus basse sur l'ensemble des deux années pour six à sept des huit campagnes avec généralement un déséquilibre marqué (E faible) entre les catégories trophiques. Les stations 3 et 4 affichent une diversité trophique moyenne pour cinq des huit campagnes effectuées avec un déséquilibre marqué (E faible). Enfin, la station 2 est celle dont le peuplement est le plus diversifié du point de vue de la guildes trophique avec une diversité moyenne avec des valeurs comparables aux stations 3 et 4 pour sept des huit campagnes effectuées. Il en est de même pour l'équilibre entre les catégories avec un déséquilibre faible pour six saisons sur huit et un équilibre significatif pour une saison sur huit.

Tableau 12 : Analyse de la diversité au sein des guildes trophiques. H' indice de Shannon et E indice de Pielou. Seuils = fractions [0-25%], [25-50%], [50-75%], [75-100%] de la valeur de H'max.

Guilde trophique	Jun 2008	Septembre 2008	Décembre 2008	Mars 2009	Jun 2009	Septembre 2009	Décembre 2009	Mars 2010
H' Station 1	0,33	0,33	0,63	0,34	0,16	0,42	0,63	0,29
E Station 1	0,18	0,19	0,35	0,19	0,09	0,09	0	0,16
H' Station 2	0,63	0,69	0,55	0,81	0,68	0,6	0,55	0,34
E Station 2	0,35	0,38	0,31	0,45	0,38	0,38	0,53	0,19
H' Station 3	0,56	0,43	0,73	0,43	0,72	0,27	0,73	0,59
E Station 3	0,31	0,24	0,4	0,24	0,4	0,4	0,16	0,33
H' Station 4	0,42	0,71	0,67	0,08	0,17	0,52	0,67	0,66
E Station 4	0,24	0,39	0,38	0,04	0,1	0,1	0,42	0,37
H' Station 5	0,29	0,69	0,02	0,33	0,48	0,4	0,02	0,2
E Station 5	0,16	0,39	0,01	0,18	0,27	0,27	0,23	0,11
H' Station 6	0,44	0,34	0,15	0,44	0,03	0,03	0,15	0,69
E Station 6	0,25	0,19	0,09	0,25	0,02	0,02	0,38	0,39

Valeur de H'	Diversité	Valeur de E	Équilibre
1,35 à 1,79	 Très diversifié	0,76 à 1	 Équilibre fort
0,91 à 1,34	 Diversifié	0,51 à 0,75	 Équilibre
0,46 à 0,9	 Peu diversifié	0,26 à 0,5	 Déséquilibre
0 à 0,45	 Non diversifié	0 à 0,25	 Déséquilibre fort

Le fait que les stations 1, 5 et 6 présentent une diversité majoritairement très faible avec un déséquilibre entre les catégories majoritairement fort, ce qui les distingue des autres stations, indique que les conditions (nature et qualité des habitats, qualité de l'eau) présentes au niveau de ces stations perturbent la chaîne alimentaire, avec des répercussions sur le peuplement ichthyologique.

L'analyse fait ressortir d'avantage de diversité au sein des guildes trophiques qu'au sein des guildes écologiques pour les différentes stations. Ce résultat s'explique par le fait que les deux taxons majoritaires (gobies et athérines) n'appartiennent pas à la même catégorie trophique (les gobies sont des prédateurs d'invertébrés benthiques alors que les athérines sont zooplanctonophages).

Guildes de répartition verticale

Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon sont dans environ 50 % des cas bonnes à très bonnes pour ce qui est des guildes de distribution (Tableau 13). Les cas pour lesquels cet indice est faible sont très limités, surtout si on compare aux guildes écologiques. Comme pour la guildes trophique, les stations 1, 5 et 6 se distinguent des autres par une diversité plus faible et des déséquilibres plus marqués entre les catégories de la guildes de positionnement dans la masse d'eau. Là encore, ces différences résultent de conditions d'habitat (sédiments, physico-chimie) défavorables entraînant une diminution de diversité des peuplements.

Tableau 13 : Analyse de la diversité au sein de la guildes de répartition verticale. H' indice de Shannon et E indice de Pielou. Seuils = fractions [0-25%], [25-50%], [50-75%], [75-100%] de la valeur de H'max.

Guilde répartition	Juin 2008	Septembre 2008	Décembre 2008	Mars 2009	Juin 2009	Septembre 2009	Décembre 2009	Mars 2010
H' Station 1	0,38	0,33	0,63	0,34	0,17	0,39	0	0,29
E Station 1	0,35	0,3	0,58	0,31	0,16	0,36	0	0,26
H' Station 2	0,63	0,73	0,55	0,8	0,74	0,62	0,81	0,34
E Station 2	0,58	0,66	0,5	0,73	0,67	0,56	0,73	0,31
H' Station 3	0,57	0,44	0,72	0,43	0,72	0,27	0,31	0,59
E Station 3	0,52	0,4	0,66	0,39	0,65	0,24	0,28	0,53
H' Station 4	0,43	0,77	0,69	0,08	0,22	0,52	0,79	0,66
E Station 4	0,39	0,7	0,63	0,07	0,2	0,47	0,72	0,6
H' Station 5	0,27	0,74	0,02	0,33	0,43	0,4	0,41	0,2
E Station 5	0,25	0,67	0,02	0,3	0,39	0,36	0,37	0,18
H' Station 6	0,48	0,41	0,15	0,44	0,03	0,03	0,71	0,69
E Station 6	0,44	0,37	0,14	0,4	0,03	0,03	0,65	0,63

Valeur de H'	Diversité
0,84 à 1,1	Très diversifié
0,56 à 0,83	Diversifié
0,29 à 0,55	Peu diversifié
0 à 0,28	Non diversifié

Valeur de E	Équilibre
0,76 à 1	Équilibre fort
0,51 à 0,75	Équilibre
0,26 à 0,5	Déséquilibre
0 à 0,25	Déséquilibre fort

La diversité au sein de la guildes de distribution est donc bonne, tout comme l'équilibre entre les catégories de cette guildes (valeur de l'indice E). Les fluctuations saisonnières sont assez importantes avec un maximum de diversité en septembre 2008, décembre 2008 et décembre 2009 (4 stations sur 6) et un minimum en mars, juin et septembre 2009 en raison à chaque fois d'une très forte proportion (80 % et plus) d'espèces benthiques (gobies majoritairement) dans les échantillons. Les stations 1, 5 et 6 sont celles pour lesquelles la diversité est majoritairement moyenne à basse, généralement en raison de quantités de gobies capturés très largement supérieures par rapport aux autres espèces. Les bonnes valeurs de diversité sur l'ensemble de ces deux années sont intéressantes du point de vue de la qualité de l'échantillonnage car elles démontrent que les filets employés sont d'une efficacité similaires sur l'ensemble des catégories constituant la guildes de distribution (benthique, démersal et pélagique).



Conclusions sur les indices de diversité et d'équité

L'utilisation d'indices de diversité et d'équitabilité permet une approche objective pour analyser les peuplements dans les différentes stations et aux différentes saisons. Il nous a paru intéressant de les utiliser pour comparer ces peuplements au fil du temps, les biais inhérents au matériel et au protocole employés étant égaux par ailleurs. Leur emploi apporte plusieurs enseignements :

- ✓ la diversité au sein de la guildes trophique est sensiblement plus faible pour les stations 1 et 5 comparativement aux autres stations étudiées ;
- ✓ les déséquilibres au sein de la guildes trophique sont sensiblement plus marqués pour les stations 1, 5 et 6 comparativement aux autres stations étudiées ;
- ✓ la station 6 est celle pour laquelle la diversité est la plus basse et les déséquilibres les plus importants sur l'ensemble de l'étude pour ce qui est de la guildes trophique;
- ✓ la station 2 est celle qui présente la diversité la plus importante au sein de la guildes trophique avec les déséquilibres les plus faibles ;
- ✓ la diversité au sein de la guildes de répartition dans la masse d'eau est sensiblement plus faible pour les stations 1, 5 et 6 comparativement aux autres stations étudiées ;
- ✓ les déséquilibres au sein de la guildes de répartition dans la masse d'eau sont sensiblement plus marqués pour les stations 1, 5 et 6 comparativement aux autres stations étudiées.

Les variations saisonnières plus ou moins marquées dans l'évolution de la diversité et des équilibres entre les groupes au sein d'une guildes sont liées en particulier aux entrées et sorties d'espèces marines ainsi qu'à la démographie et à la mortalité des espèces résidentes.

Le fait que les stations 1, 5 et 6 présentent de façon sensible, sur l'ensemble de la durée de l'étude, des diversités plus faibles et des déséquilibres plus importants pour la guildes trophique (station 6 surtout) et la guildes de répartition dans la masse d'eau, indique qu'il existe au niveau de ces stations une instabilité du milieu. Cette instabilité, même discrète, semble à même de générer des dysfonctionnements au sein de la communauté ichthyologique soit directement, soit indirectement (perturbation de la chaîne trophique par le biais du compartiment macro-invertébré et planctonique), notamment pour la station 6. En raison de l'observation de ces déséquilibres et d'une diversité plus basse sur l'ensemble de la durée de l'étude, nous estimons que les perturbations responsables de cet état sont permanentes ou quasi-permanentes et que leur ampleur est suffisante pour être détectée au niveau de la communauté ichthyologique. En attendant une analyse plus précise grâce à un indice spécialement adapté aux milieux de transition, la constance des réponses obtenues concernant le peuplement à certaines stations, ouvre un premier diagnostic sur leur composition en lien direct avec les conditions du milieu, en particulier l'influence des eaux marines ou des eaux douces, le caractère constant ou au contraire changeant des conditions abiotiques du milieu. Cette analyse permet également des comparaisons relatives entre les sites et entre les campagnes.

3.5 Expertise vétérinaire de Patrick Girard

3.5.1 Caractéristiques des échantillonnages

Entre juin 2008 et mars 2010, 8 campagnes de prélèvements ont été effectuées sur six stations de l'étang de Berre. Les investigations sanitaires ont porté sur une journée par campagne, respectivement les 4 juin, 19 septembre et 11 décembre 2008 et le 10 mars 2009 pour la première phase et 9 juin 2009, 17 septembre, 9 décembre 2009 et le 9 mars 2010 pour la seconde phase du suivi. Au total, **1790 poissons** (soit 224 poissons par campagne), représentant **18 genres ou espèces**, soit **224 poissons** en moyenne par campagne (Tableau 12), ont fait l'objet des investigations sanitaires suivantes : examens macroscopiques externes et internes, examens parasitologiques externes et internes, examen des branchies. Le gobie est l'espèce majoritairement étudiée puisqu'il représente 51,6 % de l'échantillonnage total.

Campagne du 4 juin 2008 - C1 :

Au total, **283 poissons** (soit plus de 47 poissons en moyenne par station), représentant 10 genres ou espèces, ont fait l'objet des investigations sanitaires précédemment décrites. Les échantillonnages effectués sont hétérogènes d'une station à l'autre en ce qui concerne le nombre et les espèces de poissons.

Campagne du 19 septembre 2008 - C2 :

Les poissons de 5 stations^{NB}, soit un total de **136 poissons** (soit 27 poissons en moyenne par station), représentant 10 genres ou espèces, ont fait l'objet des investigations sanitaires précédemment décrites.

Les échantillonnages effectués sont très hétérogènes d'une station à l'autre tant en ce qui concerne le nombre que les espèces de poissons.

NB : Les poissons de la station 1 n'ont pas été examinés.

Campagne du 11 décembre 2008 - C3 :

Les poissons des 6 stations, soit un total de **173 poissons** (soit 28 poissons en moyenne par station), représentant 4 genres ou espèces, ont fait l'objet des investigations sanitaires précédemment décrites. Les échantillonnages effectués sont relativement homogènes d'une station à l'autre tant en ce qui concerne le nombre que les espèces de poissons. Le gobie représente l'espèce principalement échantillonnée et étudiée.

Campagne du 10 mars 2009 - C4 :

Les poissons des 6 stations, soit un total de **253 poissons** (soit plus de 40 poissons en moyenne par station), représentant 3 genres ou espèces, ont fait l'objet des investigations sanitaires précédemment décrites.

Les échantillonnages effectués sont relativement homogènes d'une station à l'autre tant en ce qui concerne le nombre que les espèces de poissons. Le gobie représente l'espèce principalement échantillonnée et étudiée (**73,12 %** de l'échantillonnage global).

Campagne du 9 juin 2009 - C5 :

Les poissons des 6 stations, soit un total de **329 poissons** (soit près de 55 poissons en moyenne par station), représentant 5 genres ou espèces, ont fait l'objet des investigations sanitaires précédemment décrites.

Les échantillonnages effectués sont relativement homogènes d'une station à l'autre tant en ce qui concerne le nombre de poissons que les deux espèces majoritaires, représentées par les athérines et les gobies (respectivement **53,5 %** et **39,5%** de l'échantillonnage global).

Campagne du 17 septembre 2009 - C6 :

Les poissons des 6 stations, soit un total de **280 poissons** (soit plus de 46 poissons en moyenne par station), représentant 7 genres ou espèces, ont fait l'objet des investigations sanitaires précédemment décrites.

Les échantillonnages effectués sont relativement homogènes d'une station à l'autre tant en ce qui concerne le nombre que les espèces de poissons. Les athérines (38,2 %) et les gobies (46,8 %) représentent les 2 espèces majoritairement échantillonnées et étudiées (**85,0 %** de l'échantillonnage global à elles deux).

Campagne du 9 décembre 2009 - C7 :

Les poissons des 6 stations, soit un total de **183 poissons** (soit 30 poissons en moyenne par station), représentant 3 genres ou espèces, ont fait l'objet des investigations sanitaires précédemment décrites.

Les échantillonnages effectués sont particulièrement hétérogènes d'une station à l'autre tant en ce qui concerne le nombre que les espèces de poissons. Le gobie et l'athérine sont les deux espèces majoritaires (respectivement **53,0 %** et **36,1 %** de l'échantillonnage global).

Campagne du 9 mars 2010 - C8 :

Les poissons des 6 stations, soit un total de **153 poissons** (soit 25 poissons en moyenne par station), représentant 3 genres ou espèces, ont fait l'objet des investigations sanitaires précédemment décrites.

Les échantillonnages effectués sont peu homogènes d'une station à l'autre tant en ce qui concerne le nombre que les espèces de poissons. Minimum de captures : 13 (station 2), maximum : 38 (station 3). Les athérines représentent **10,46 %** de l'échantillonnage global, les gobies **77,78 %** et les mulets **11,76 %**.

Le récapitulatif des échantillonnages pour la surveillance sanitaire des poissons de l'étang de Berre est reporté en annexe de ce rapport.

3.5.2 Codes pathologies

Les « Codes pathologie » consistent à observer et à décrire toutes les anomalies externes des poissons visibles à l'œil nu, ainsi qu'à déterminer leur prévalence au sein d'une population. L'outil « Codes pathologie » permet ainsi non seulement d'apprécier la condition sanitaire des peuplements piscicoles, mais également de proposer une orientation de diagnostic (type système-expert simplifié) en renseignant sur la nature et les étiologies possibles des différentes altérations constatées.

139 des 152 altérations pathologiques observées consistent en des érosions, des nécroses, des hémorragies et des ulcères hémorragiques.

Ces lésions peuvent être classées en deux groupes :

1- les hémorragies et les ulcères hémorragiques (UH), qui représentent 12,5 % des lésions observées. Ce sont des processus en début d'évolution ;



2- les érosions et les nécroses, qui représentent 79 % des lésions observées. Ce sont des processus pathologiques en cours (érosions) ou en fin d'évolution (nécroses) - (GIRARD, 2005-2008).

Au total, **151 poissons^{NB1} présentent des lésions externes** soit, toutes campagnes et stations confondues, une prévalence globale (P%) de poissons atteints égale à **8.4 %**.

Quasiment toutes les athérines de la station 6, campagne C5, présentaient des nécroses des nageoires. Or, d'une part, ces poissons étaient morts depuis longtemps et, d'autre part, la bassine contenait de nombreux crabes. Une prédation de leur part n'est donc pas à exclure.

Auquel cas, si l'on ne prend pas en compte les 17 athérines de la station 6, la prévalence globale moyenne de poissons présentant des anomalies externes n'est plus égale qu'à **7,5 %**

11 espèces ou genres de poissons présentent des lésions externes, alors que 7 n'en présentent aucune.

Parmi les 4 espèces dont le nombre d'individus examinés est statistiquement significatif (> 30), les prévalences de lésions les plus fortes s'observent chez les athérines (*Atherina boyeri* et *Atherina* sp. = **17.2 %**), les anchois (*Engraulis encrasicolus* = **19,60 %**) et les mulets (*Mugil cephalus* = **20,3 %**).

En revanche, seuls 19 gobies (sur 923 individus examinés) présentent des lésions externes.

152 lésions^{NB1} cutanées, réparties en 7 catégories, ont été identifiées, dont 3 dominent nettement : les **érosions** (« ER » = 69/152, soit 45.4 % des lésions totales), les **nécroses** (« NE » = 51/152, soit 33.6 % des lésions totales^{NB2}) et les **hémorragies** (« HE » = 18/152, soit 11.8 % des lésions totales).

NB1 : 2 lésions (AO & ER) ont été observées sur la même athérine de la station 5 lors de la campagne C2. De ce fait, 152 lésions ont donc été comptabilisées.

NB2 : Si l'on ne tient pas compte des 17 athérines de la station 6, campagne C5, la prévalence globale des nécroses n'est plus que 34/135 = 25.2 %.

Ont également été observées : des déformations (« AD » : 2 cas), des pertes d'organes (« AO » : 10 cas), un ulcère hémorragique (« UH ») et un état d'amaigrissement généralisé (« AM »).

Sur les 152 lésions observées, 79 lésions sont de faible intensité (soit **52 %**), 55 sont d'intensité moyenne (soit **36.2 %**) et 18 sont respectivement d'intensité forte et très forte (soit **11.8 %**).

Tableau 14 : Récapitulatif des prévalences de lésions externes par espèces.

Espèces	ABO + ATH	ANC	BLE	BOG	GOB	MUL	ROU	SAR	SAU	TRA
N	95/552	10/51	1/24	1/8	19/923	15/74	1/16	1/1	6/9	1/1
P%	17.2 %	19.6 %	4.2%	12.5 %	2.06 %	20.3%	6.3 %	100%	66.7%	100%

Espèces	ANG	BAR	CHI	DIP	DOR	FLE	SOL
N + P%	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 15 : Récapitulatif des prévalences des lésions externes par campagnes et par catégories.

Campagnes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
%Codes patho	14/283 =4.95%	36/136 =25.74%	3/173 =1.73 %	16/253 =6.32%	41/329 =12.5%	24/280 =8.57%	10/183 =5.46%	7/153 =19.5%
N / %_ER	1 =0.35%	31 = 86.1%	2 = 1.15%	5 = 1.97%	4 = 9.76%	18 = 75%	5=50 %	3 = 42.9%
N / %_NE	5 =1.77%	4 = 2.94%	1 = 0.58%	2 = 0.79%	30 =73.2%	4 = 22.2%	3=30 %	2 = 28.6%
N / %_HE	7 =2.47%	0	0	8 = 3.16%	0	2 =11.11%	0	1=14.3%
N / %_UH	1=0.35 %	0	0	0	0	0	0	0

N / %_AO	0	1=0.76%	0	0	7=17.1%	0	1=10 %	0
N / %_AM	0	0	0	1=0.40 %	0	0	0	0
N / %_AD	0	0	0	0	0	0	1=10 %	1=14.3 %

Campagne du 4 juin 2008 - C1 :

Toutes stations confondues, la prévalence globale de poissons présentant des anomalies externes (= « Codes patho ») observées s'élève à 14/283, soit 4,95 % :

- ✓ les lésions externes sont représentées par des hémorragies (« HE » = 7/14), des nécroses (« NE » = 5/14), des érosions (« ER » = 1/14), des ulcères hémorragiques (« UH » = 1/14);
- ✓ 9/14 sont d'intensité faible (= 1), 4 d'intensité moyenne (= 2) et 1 très importante (= 4) ;
- ✓ les lésions sont localisées principalement en région caudale (pédoncule ou nageoire)
- ✓ 9 des 15 lésions (soit 60% des lésions totales observées) ont été observées sur l'échantillon « Filet pêcheur », essentiellement sur des saupes.

Campagne du 19 septembre 2008 - C2 :

Toutes stations confondues, la prévalence globale de poissons présentant des anomalies externes (= « Codes patho ») est égale à 25,74 % : 35 poissons sur 136 poissons (mais 36 lésions, un poisson présentant 2 lésions distinctes) :

- ✓ Les lésions externes sont représentées par des érosions (« ER » = 31/36), des nécroses (« NE » = 4/36) et l'absence d'organes (« AO » = 1/36) ;
- ✓ 21/36 sont d'intensité faible (= 1), 10 d'intensité moyenne (= 2), 3 d'intensité forte (= 3) et 1 très forte (= 4) ;
- ✓ A l'exception d'une lésion (la perte d'un œil chez une athérine), toutes les lésions sont localisées au niveau de la nageoire caudale ;
- ✓ 17 des 36 lésions (soit 47,2 % des lésions totales) ont été observées sur les athérines de la station 5 ;
- ✓ Les deux espèces les plus impactées sont les anchois (9/21 : = 42,6 %) et les athérines (24/75 = 32 %) ;
- ✓ Les deux stations les plus impactées sont la 5 (20/41 = 48,8 %) et la 2 (9/19 = 47,4 %) ;

Campagne du 11 décembre 2008 - C3 :

Toutes stations confondues, la prévalence globale de poissons présentant des anomalies externes (= « Codes patho ») est égale à 1,73 % (3 poissons sur 173). Les 3 lésions observées sont :

- ✓ 2 érosions (« ER ») et 1 nécrose (« NE ») sont localisées au niveau de la nageoire caudale (« Q ») ;
- ✓ concernent 1 gobie de la station 5 (« ER ») et 2 mullets (*Liza aurata*) de la station 4 (« ER » et « NE ») ;
- ✓ elles sont d'intensité faible (= 1) concernant les érosions et d'intensité moyenne (= 2) pour ce qui concerne la nécrose caudale ;
- ✓ sont toutes les trois localisées au niveau de la nageoire caudale.

Campagne du 10 mars 2009 - C4 :

Toutes stations confondues, la prévalence globale de poissons présentant des anomalies externes (= « Codes pathologie ») est égale à 6,32 % (16 poissons sur 253) :

- ✓ 5 sont des érosions (« ER »), 2 des nécroses (« NE »), 8 des hémorragies (« HE »), 1 un état de maigre (« AM ») ;
- ✓ Les hémorragies affectent essentiellement les gobies (7 cas/8), alors que les érosions et les nécroses concernent surtout les athérines (2/7) et les mullets (4/7) ;
- ✓ Localisation des lésions :



- 4 érosions sont localisées au niveau de la nageoire caudale et 1 au niveau du dos
- 2 nécroses sont localisées au niveau de la nageoire caudale
- 8 hémorragies sont localisées : 1 au niveau abdominal chez une athérine, 7 au niveau sous-maxillaire ou inter-operculaire chez les gobies
- 1 état de maigreur généralisé chez un mullet ;
- ✓ Les lésions concernent :
 - 3 athérines (station 1 : N = 1 ; station 2 : N = 1 ; station 6 : N = 1)
 - 8 gobies : (station 3 : N = 1 ; station 4 : N = 1 ; station 5 : N = 5 ; station 6 : N = 1)
 - 5 mullets (station 3 : N = 2 ; « filet pêcheur » : N = 3).
- ✓ 10 lésions sont d'intensité faible (= 1), 4 lésions d'intensité moyenne (= 2) et 1, l'état de maigreur généralisé, d'intensité très forte (= 4).

Campagne du 09/06/2009 - C5 :

Toutes stations confondues, la prévalence globale moyenne de poissons présentant des anomalies externes (= « Codes pathologie ») est égale à 12,46 % (41 poissons sur 329)

- ✓ Localisation des lésions :
 - à deux exceptions près, toutes les lésions sont localisées au niveau de la nageoire caudale (« Q »),
 - il manque un morceau de mâchoire à un *Gobius niger* (filet pêcheur 5) et les 2 yeux à une athérine (station 1)
- ✓ Les lésions concernent :
 - 20 (ou 37) athérines (station 1 : N = 3 ; station 2 : N = 1 ; station 3 : N = 6 ; station 4 : N = 1 ; station 5 : N = 1 ; station 6 : N = 17 ; « filet pêcheur » : N = 8)
 - 3 gobies : (station 5 : N = 1 ; filet pêcheur 5 » : N = 2)
 - 1 blennie (« filet pêcheur » : N = 1)
- ✓ 9 lésions sont d'intensité faible (= 1), 5 (+ 17) d'intensité moyenne (= 2), 4 d'intensité forte (= 3) et 6 d'intensité très forte (= 4).

Campagne du 17/09/2009 - C6 :

Toutes stations confondues, la prévalence globale moyenne de poissons présentant des anomalies externes (= « Codes pathologie ») est égale à 8,57 % (24 poissons sur 280).

Les lésions externes s'observent sur des poissons de 5 stations et du filet pêcheur. La station 1 est indemne alors que la station 5 totalise la plus forte prévalence de poissons atteints : 13 poissons sur un total de 24, soit 54,17% des poissons atteints, toutes stations confondues (prévalence des lésions sur cette station : P = 28,89%).

Sur les 24 lésions observées, 18 sont des érosions, 4 des nécroses et 2 des hémorragies.

- ✓ Localisation des lésions :
 - à deux exceptions près, toutes les lésions sont localisées au niveau de la nageoire caudale (« Q »),
 - les deux autres lésions sont respectivement localisées au niveau de la mâchoire (« M », *A boyeri*, station 5) et de nageoire pectorale (« P », *B. boops*, filet pêcheur).
- ✓ Les lésions concernent :
 - 20 athérines : station 2 (N = 4) ; station 3 (N = 1) ; station 4 (N = 3) ; station 5 (N = 11) ; station 6 (N = 1)
 - 1 bogue : filet pêcheur - 2 gobies : station 5
 - 1 rouget : filet pêcheur.
- ✓ 11 lésions sont d'intensité faible (= 1), 10 d'intensité moyenne (= 2) et 3 d'intensité forte (= 3).

Campagne du 09/12/2009 - C7

Toutes stations confondues, la prévalence globale moyenne de poissons présentant des anomalies externes (= « Codes pathologie ») est égale à 5,46 % (10 poissons sur 183).

Les lésions externes s'observent uniquement sur des poissons des stations 2 et 3. Les stations 1, 4, 5 et 6 sont indemnes.

La plus forte prévalence de poissons atteints s'observe sur la station 2 : 8 poissons sur un total de 41, soit P = 19,5 %.

Sur les 10 lésions observées, 5 sont des érosions (« ER »), 3 des nécroses (« NE »), 1 une déformation (« AD ») et 1 une perte d'organe (« AO »).

✓ Localisation des lésions :

- 8 lésions sur 10 sont localisées au niveau de la nageoire caudale (« Q »)

- les deux autres lésions sont respectivement localisées au niveau de l'opercule (« O ») et du corps

(« C » : une athérine de la station 2).

✓ Les lésions concernent :

- 3 athérines : station 2 (N = 1) ; station 3 (N = 2)

- 7 mulets : station 2.

✓ 7 lésions sont d'intensité faible (= 1), 2 lésions d'intensité moyenne (= 2) et 1 lésion d'intensité forte (= 3).

Campagne du 09/03/2010 - C8

Toutes stations confondues, la prévalence globale moyenne de poissons présentant des anomalies externes (= « Codes pathologie ») est égale à 4,6 % (7 poissons sur 153).

Les lésions externes s'observent sur des poissons des stations 1, 3, 4 et 5. Les stations 2, et 6 sont indemnes.

La plus forte prévalence de poissons atteints s'observe sur la station 4 : 4 poissons sur un total de 27, soit P = 14,8 %.

Sur les 7 lésions observées, 3 sont des érosions (« ER »), 2 des nécroses (« NE »), 1 une déformation et 1 une hémorragie (« HE »).

✓ Localisation des lésions :

- 5 lésions sur 7 sont localisées au niveau de la nageoire caudale (« Q »)

- 1 est localisée au niveau du pédoncule caudal (« K »)

- 1 est localisée au niveau du corps (« C »).

✓ Les lésions concernent :

- 4 athérines : station 3 (N = 1) ; station 4 (N = 3)

- 2 gobies : station 1 et 4

- 1 mulet : station 5.

✓ Intensité des lésions : faible (N = 1) ; moyenne (N = 2) ; très forte (N = 4).

Causes potentielles des lésions observées

L'encadré ci-dessous présente pour chacune de ces lésions les causes potentielles recensées dans la littérature :

- Les érosions et les nécroses (peau, nageoires) ont pour causes principales :

Parasites externes, bactérioses, viroses ;

Pollutions chimiques : pétrole, Cd (poissons plats), Cr, Hg ;

Brûlures (UV) ; traumatismes ; cannibalisme, prédateurs ;

Carences vitaminiques (biotine, inositol)

- Les hémorragies et ulcères (hémorragiques) ont pour causes principales :

Maladies infectieuses bactériennes, parasitisme ;

Pollutions chimiques : hydrocarbures, ammoniacque (NH₄⁺) ;

Irritations ;

Carences en vitamine A.



Cas particulier des érosions des nageoires

Lésions majoritairement observées au cours des 8 campagnes (45.4 % des lésions totales), les érosions des nageoires sont souvent décrites sous le nom de « *fin rot disease* » ou de « *maladie érosive des nageoires* » (WELLINGS *et al.*, 1976) et, quand il s'agit de la nageoire caudale – ce qui est le cas ici puisque les érosions sont quasiment toutes localisées au niveau de la nageoire caudale – de « *peduncle disease* » (AUBERT *et al.*, 1982).

Les érosions consistent en une destruction progressive du tissu des nageoires et elles s'observent chez de nombreuses espèces de poissons d'eau douce et marines (WELLINGS *et al.*, 1976). Localisées au niveau des nageoires, elles constituent l'une des conditions pathologiques les plus répandues chez les poissons marins. Bien que non spécifiques, elles semblent cependant clairement associées avec la dégradation des habitats marins et estuariens (SINDERMAN, 1979).

Chez les poissons démersaux, ce sont essentiellement les nageoires dorsales et anales qui paraissent les plus affectées, probablement en relation avec le contact direct avec le sédiment. En revanche, le processus érosif prédomine au niveau de la nageoire caudale chez les poissons pélagiques (CHRISTENSEN, 1980 ; SINDERMAN, 1979).

De nombreux facteurs, physiques, chimiques et biologiques, sont incriminés dans ce type d'altérations tégumentaires. Les érosions des nageoires semblent apparemment plus fréquentes chez les poissons vivant en milieux contaminés et proviennent probablement d'une détérioration de la qualité bactériologique et d'une contamination chimique du milieu (WELLINGS *et al.*, 1976 ; UHLAND *et al.*, 2000 ; SAINT-JACQUES & RICHARD, 2002). Ainsi, NOUNOU *et al.* (1980) affirment que les Hydrocarbures provoquent la maladie érosive des nageoires.

Diverses bactéries sont également impliquées dans l'érosion des nageoires des poissons marins, notamment les genres *Flavobacterium* sp., *Aeromonas* sp., *Pseudomonas* sp. et *Vibrio* sp. (BULLOCK & SNIESZKO, 1970 ; MÖLLER, 1979 ; CHRISTENSEN, 1980). La haute densité bactérienne serait corrélée aux pollutions domestique, agricole et industrielle (MOORE *et al.*, 1996 ; WELLINGS *et al.*, 1976) ; en effet, de fortes prévalences sont corrélées avec de fortes concentrations d'*Escherichia coli* dans l'eau (CHRISTENSEN, 1980).

A défaut, d'une part, d'informations précises sur les niveaux de contamination chimique et la qualité bactériologique de l'étang de Berre (eau & sédiment) simultanés et au même endroit que le prélèvement des échantillons et, d'autre part, sans analyses bactériologiques complémentaires sur des échantillons représentatifs de poissons, il est extrêmement difficile de proposer une explication objective sur l'origine du syndrome érosif (et nécrotique) observé.

On peut cependant supposer une cause bactérienne corrélée avec une altération physique (température) ou chimique (à préciser) de la qualité du milieu.

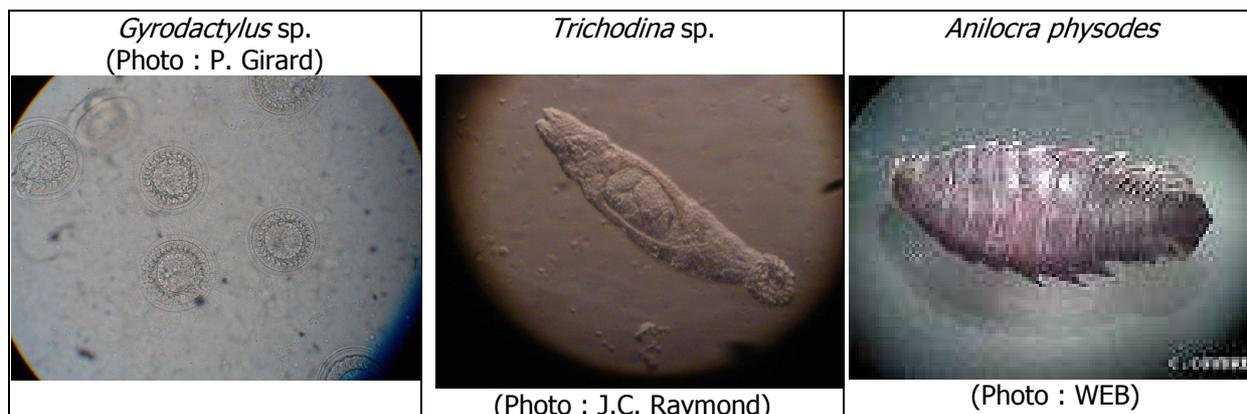
3.5.3 Microparasitisme externe

Le microparasitisme cutané est frustré. Il se résume à deux groupes de parasites observés uniquement lors des campagnes C3, C4, C5, C6, C7, et C8 : deux protozoaires ciliés, *Trichodinella sp.* et *Trichodina sp.*, et un monogène, *Gyrodactylus sp.*

Par ailleurs, l'abondance parasitaire globale est faible à très faible. La présence sur un mulot de la station 5 lors de la campagne C8 d'un macroparasite externe, le crustacé *Anilocra* est à noter.

Les Gyrodactyles ont été isolés à partir du mucus cutané essentiellement de gobies et, accessoirement, de soles, et les **Trichodines** et **Trichodinelles** à partir du mucus cutané de gobies.

Le ver monogène observé à plusieurs reprises au cours des campagnes C3 et C4 a été formellement identifié par le Professeur Louis EUZET, professeur de biologie à l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc à Montpellier, à partir de photographies prises *in situ* à travers l'objectif de notre microscope optique, comme étant bien *Gyrodactylus sp.*



Appartenant à la classe des Monogènes, *Gyrodactylus sp.* est un parasite monoxène (*i.e.* qui vit en permanence sur un seul hôte) et sténoxène (*i.e.* que la spécificité hôte-parasite est étroite, le parasite ne colonisant qu'un nombre restreint d'espèces-hôtes). Le genre compte environ 400 espèces dont la taille est de plusieurs centaines de microns.

Les Gyrodactyles sont présents à toutes les températures chez la plupart des Salmonidés et des Cyprinidés essentiellement d'eau douce et, parfois, saumâtre des régions tempérées et chaudes. Ils sont également très communs en Méditerranée et ont été observés à la fois chez de nombreuses espèces sauvages et d'élevage (Sparidés, Mugilidés, Sciaenidés) et, plus spécifiquement, chez le loup (*Dicentrarchus labrax*) (DIPNET, 2007).

Chez les Gobies sp., les Gyrodactyles ont tous été identifiés chez *Pomatoschistus minutus* (« petit Gobie »), exception faite de la campagne C5 au cours de laquelle ce monogène a également été détecté chez *Gobius niger* (« gros Gobie »). Or, le Professeur EUZET n'a pas trouvé d'espèce de Gyrodactyles signalée chez les *Gobius*. Aussi, d'après lui, il serait intéressant d'avoir une détermination précise de l'espèce de ce *Gyrodactylus* décelé dans le mucus cutané des petits Gobies. Pour cela il faudrait des dessins des crochets sur le vivant ou avec des préparations de Malmberg. Cela représente une somme de travail importante pour un simple résultat taxonomique pour savoir si, comme M. EUZET le souligne, on se trouve en présence d'un parasite spécifique ou d'une simple capture. Cela impliquerait alors la recherche de l'hôte originel. Mais, d'après lui, apparemment personne ne semble disponible et capable de réaliser une telle étude.

Adultes, les monogènes cutanés sont responsables de lésions de la peau, des nageoires et des branchies des poissons.

Tableau 16 : Récapitulatif des observations de microparasitisme externe.

Date	Observations
Campagne du 4 juin 2008 - C1	Absence totale de microparasitisme externe.
Campagne du 19 septembre 2008 - C2	Absence totale de microparasitisme externe.
Campagne du 11 décembre 2008 - C3	Deux groupes de microparasites externes ont été mis en évidence : - Groupe des protozoaires ciliés : 3 individus de <i>Trichodina</i> sp. ont été isolés à partir du mucus cutané de gobies de la station 5. ☛ L'abondance globale est faible (= 1) - Groupe des monogènes : plusieurs <i>Gyrodactylus</i> sp. ont été isolés à partir du mucus cutané de soles (1 individu, filet pêcheur), de gobies de la station 2 (3 individus) et de gobies de la station 5 (2 individus) ☛ L'abondance globale est faible (= 1).
Campagne du 10 mars 2009 - C4	Deux groupes de microparasites externes ont été mis en évidence : - Groupe des protozoaires ciliés : un individu de <i>Trichodinella</i> sp. a été isolé à partir du mucus cutané de gobies de la station 1. ☛ L'abondance globale est très faible (= 1) ; - Groupe des monogènes : plusieurs <i>Gyrodactylus</i> sp. ont été isolés à partir du mucus cutané de gobies : 2 individus / station 1, 6 individus / station 2, 5 individus / station 3, 9 individus / station 4, 0 individu / station 5, 4 individus / station 6. ☛ L'abondance globale et par station est faible (= 1).
Campagne du 09 juin 2009 - C5	Deux groupes de microparasites externes ont été mis en évidence : ☛ 3 individus de <i>Trichodina</i> sp. ont été isolés à partir du mucus cutané de gobies : 1 de la station 1, 1 de la station 2 et de la station 4. Dans les deux cas leur abondance globale est très faible (= 1). ☛ Les Gyrodactyles ont tous été isolés à partir du mucus cutané de Gobies sp. : - <i>Pomatoschistus minutus</i> : 3 individus / station 3 et 8 individus / station 4. L'abondance globale sur ces deux stations est faible (= 1) ; - <i>Gobius niger</i> : 2 individus / station 4. L'abondance globale sur cette station est faible (= 1).

Campagne du 17 septembre 2009 - C6	Deux taxons de microparasites externes ont été mis en évidence : • un protozoaire cilié : <i>Trichoda</i> sp., 1 seul individu de <i>Trichodina</i> sp. a été isolé à partir du mucus cutané de gobies (<i>Pomatoschistus minutus</i>) de la station 6. • un ver monogène : <i>Gyrodactylus</i> sp. 1 seul individu de <i>Gyrodactylus</i> sp. a été isolé à partir du mucus cutané de gobies (<i>Pomatoschistus minutus</i>) de la station 4. L'abondance globale parasitaire sur ces deux stations est donc très faible (= 1) ;
Campagne du 09 décembre 2009 - C7	Un seul taxon de microparasite externe a été mis en évidence : un ver monogène, <i>Gyrodactylus</i> sp. • 2 individus de <i>Gyrodactylus</i> sp. ont été isolés à partir du mucus cutané de gobies (<i>Pomatoschistus minutus</i>) : l'un sur la station 4, l'autre sur la station 6. L'abondance globale parasitaire sur ces deux stations est donc extrêmement faible (= 1).
Campagne du 9 mars 2010 - C8	2 taxons de parasites externes ont été mis en évidence : un ver monogène, <i>Gyrodactylus</i> sp. et un crustacé : <i>Anilocra</i> . • 1 seul individu de <i>Gyrodactylus</i> sp. a été isolé à partir du mucus cutané de gobies de la station 4 ; • 1 individu de <i>Anilocra</i> a été observé sur un mullet de la station 5, implanté au niveau des nageoires anales. L'abondance globale parasitaire sur l'ensemble des stations est extrêmement faible (= 1).

L'élévation de la température, les surdensités, notamment en jeunes poissons, la lenteur ou l'absence du renouvellement d'eau et l'existence de fonds anfractueux sont les principaux facteurs favorisant le parasitisme (GIRARD, 2000-2007 ; REED *et al.*, 1996).

***Trichodina* sp. et *Trichodinella* sp.** sont des protozoaires ciliés aux caractéristiques biologiques très proches dont les adultes nagent librement. D'une taille comprise entre 20 et 100 µ, les parasites se présentent sous la forme de petits disques à ciliature périphérique, garnis de crochets de forme et de disposition variables selon les espèces.

Les Trichodines se nourrissent de particules aquatiques, de bactéries et de débris présents à la surface des poissons. Ubiquistes, elles n'ont pas d'hôtes spécifiques (= parasites euryxènes) et elles se rencontrent chez toutes les espèces d'eau douce (Salmonidés et Cyprinidés) et d'eau de mer (bar, turbot, daurade), et de tous âges. Halotolérantes, les Trichodines sont présentes à toutes les températures, mais avec une abondance maximale comprise entre 10 et 20°C.

Si les Trichodines se rencontrent préférentiellement chez les poissons malades et stressés, elles sont également et surtout considérées comme un indicateur pertinent de la qualité générale des milieux aquatiques puisque des corrélations positives supérieures à 80 % ont été trouvées entre la présence et l'abondance de ce protozoaire et les classes de qualité d'eau telles que définies par les Agences de l'Eau. Leur abondance est également corrélée positivement avec la charge ammoniacale du milieu dans lequel elles évoluent (GIRARD, 1998 ; GIRARD, 2000-2007).

Gyrodactylus sp. (Photo : P. Girard)



Trichodina sp. (Photo : J.C. Raymond)



3.5.4 Parasitisme interne et lésions internes et branchiales

Le parasitisme interne est quasiment nul et se résume à la présence d'un monogène, *Pseudodactylogyrus* sp., observé sur la branchie d'une anguille. On remarque une absence totale de parasites gastro-intestinaux et du nématode *Anguillicola crassus* chez les anguilles, ainsi que l'absence de lésions internes et branchiales.

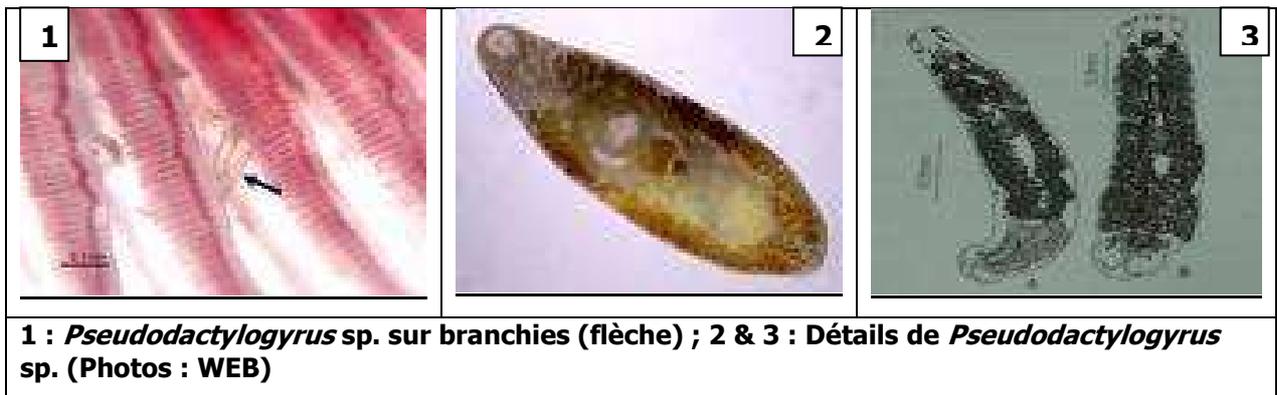


Tableau 17 : Récapitulatif des observations de parasitisme interne.

Date	Observations
Campagne du 4 juin 2008 - C1	<p>1 seul parasite branchial observé : un <i>Pseudodactylogyryrus</i> sp. (« PsD ») chez une anguille (681/540, station 6) ;</p> <p>Absence totale de parasite interne ;</p> <p>Absence totale de <i>Anguillicola crassus</i> chez les anguilles et vessies gazeuses non altérées ;</p> <p>Absence totale de lésions internes.</p>
Campagne du 19 septembre 2008 - C2	<p>Absence totale de parasite interne ;</p> <p>Absence totale de <i>Anguillicola crassus</i> chez les anguilles et vessies gazeuses non altérées ;</p> <p>Absence totale de lésions internes.</p>
Campagne du 11 décembre 2008 - C3	<p>Absence totale de parasite interne ;</p> <p>Absence totale de lésions internes.</p>
Campagne du 10 mars 2009 - C4	<p>Recherche parasitologique non effectuée ;</p> <p>Absence de lésions sur les branchies des mulets « Filet pêcheur », seule recherche effectuée.</p>
Campagne du 09 juin 2009 - C5	<p>Aucun endoparasite chez les <i>Gobius niger</i> et les blennies. Recherche non effectuée chez les autres espèces.</p> <p>Aucune lésion interne chez les <i>Gobius niger</i> et les blennies. Recherche non effectuée chez les autres espèces.</p>
Campagne du 17 septembre 2009 - C6	<p>Recherche parasitologique non effectuée</p> <p>Aucune lésion branchiale chez les rougets, les bogues, les chinchards et les soles. Recherche non effectuée chez les autres espèces.</p>
Campagne du 09 décembre 2009 - C7	<p>Recherche parasitologique non effectuée.</p> <p>Aucune lésion interne ou branchiale n'a été observée.</p>
Campagne du 09 mars 2010 - C8	<p>Recherche effectuée uniquement sur les 3 mulets de la station 5 : absence d'endoparasites.</p> <p>Recherche effectuée uniquement sur les 3 mulets de la station 5 : aucune lésion interne ou branchiale n'a été observée.</p>



3.6 Effet des paramètres du milieu sur le peuplement recensé

3.6.1 Paramètres abiotiques mesurés (T°, S°/oo, Cdté, O2)

Les valeurs de température, salinité, conductivité et O₂, relevées aux 6 stations pendant les 8 campagnes sont visibles en annexe du présent rapport. Les campagnes de décembre 2008 (C3 automne) et mars 2009 (C4 hiver) sont caractérisées par une température et une salinité faibles et une présence d'oxygène plus élevée. Aux campagnes de juin 2008 (C1 printemps) et septembre 2008 (C2 été) correspondent des valeurs plus élevées de température et de salinité et plus faibles d'oxygène, ce qui correspond au scénario habituel des lagunes de Méditerranée.

Aucun échantillonnage ne s'est déroulé en période de crise anoxique ou de conditions particulières de l'étang durant la première année. Les valeurs des paramètres mesurés ne présentent pas de différence entre la surface et le fond à la première campagne mais aux autres campagnes une stratification est présente. Ainsi, une différence de salinité entre le fond et la surface (eau dessalée en surface) est décelable en décembre aux stations 1 et 4, en septembre 2008 et mars 2009 à la station 4.

La salinité est très faible en surface à la station 6 en septembre et en décembre 2008.

A la station 1 on observe une concentration plus faible en oxygène au fond en juin, septembre et décembre ; à la station 3 en septembre ; à la station 4 en juin, septembre et mars ; et en septembre aux stations 5 et 6.

Durant la deuxième année les campagnes de juin et septembre 2009 (C5 et C6) sont caractérisées par des températures élevées et des salinités faibles. La campagne C6 est la seule campagne du suivi où les concentrations en oxygène ont été aussi basses. Durant cette mission du 14 au 18 septembre 2009 les mesures d'oxygène étaient le plus souvent inférieures à 5 mg/l, les conditions étaient proches de l'anoxie. Les campagnes C7 et C8 (décembre 2009 et mars 2010) se caractérisent par des températures très basses et des salinités faibles aussi pour C8. Les concentrations en oxygène ne posent pas de problème pendant la période hivernale.

Outre les valeurs mesurées à l'emplacement des pêches grâce à la sonde portable, nous disposons de l'enregistrement des données de salinité, température et oxygène au niveau des stations centrales de l'étang SA1, SA2 et SA3 collectées pour EDF (à -1m et fond+1m) et mises à disposition par convention dans le cadre de cette étude (Figure 46). Des enregistrements de la salinité et de la température sont également faits en continu par EDF au niveau des stations littorales de St Chamas, Arc, Pointe de Berre, Vaïne, Trois frères, Martigues et Ranquet, à 1 m au-dessus du fond. Nous constatons que les mesures des 3 variables relevées au niveau de nos stations de pêche sont proches de celles relevées par EDF par les CTD et que les variations observées entre campagnes s'inscrivent bien dans les gammes de variations des données enregistrées en continu dans l'étang.

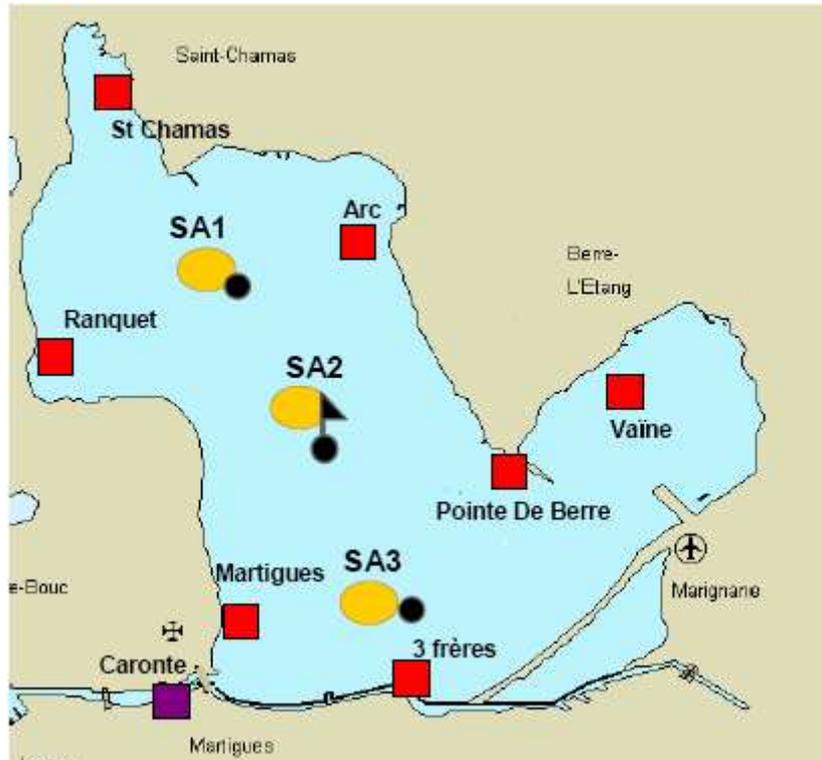


Figure 46 : Carte du dispositif des stations de mesures suivies par EDF dans l'étang de Berre.

Les stations littorales suivies par EDF sont situées à proximité de nos stations exceptée la station Arc puisque notre station 6 est située à l'ouest du rejet de St Chamas, elle en demeure cependant proche.

Les stations centrales SA1, SA2 et SA3 nous fournissent des données en oxygène relativement éloignées des stations littorales de prélèvement mais qui nous indiquent néanmoins la tendance pour la période et permet d'identifier au moins les périodes à tendance anoxique ou au contraire à bonne oxygénation dans l'étang près du fond et près de la surface.

La température

Les poissons présentent un optimum de température pour leur croissance et leur survie (Brett, 1979). Ces valeurs optimales peuvent évoluer avec l'âge et la taille. La température n'en demeure pas moins le facteur déterminant pour leur croissance (Fry, 1971).

Pour les stations littorales bénéficiant d'un enregistrement continu, la courbe de température annuelle diffère peu d'un site à l'autre (excepté un net décalage dans le temps observé aux Trois Frères jusqu'à la fin de l'année 2009). Des minimales hivernales sont à remarquer l'hiver 2009-2010. Ceci nous permet de vérifier que ce facteur température est peu discriminant entre stations. L'homogénéité de la représentation des espèces dans les différentes pêches à la même station s'explique par l'adaptabilité des poissons aux variations thermiques et la possibilité qu'ont les espèces les plus mobiles de se maintenir dans le meilleur environnement possible ou de sortir de l'étang.

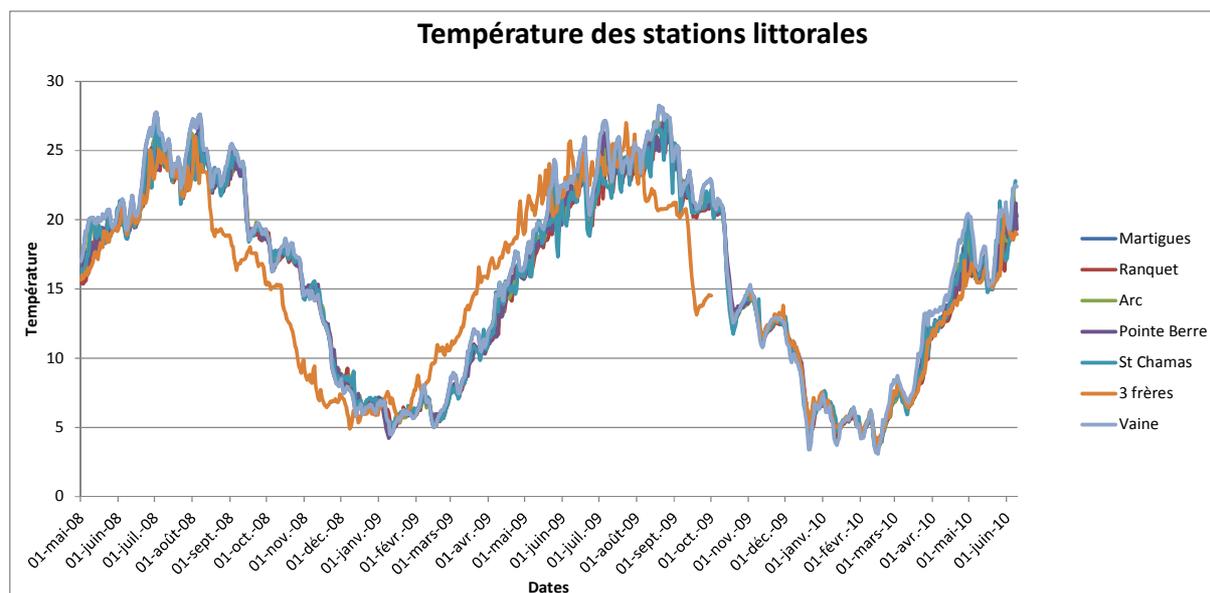


Figure 47 : Moyenne de la température journalière dans les stations littorales de l'étang Martigues (-3.8m), Ranquet (-4.8m), Arc (-4m), Pte de Berre (-5.3m), St Chamas (-2.5m), 3Frères (-3m), Vaïne (-2.2m) (sondes CTD Seabird SBE 37 ; données fournies par EDF).

Sur l'étang de Berre, l'amplitude de température est très importante entre été et hiver, mais les stations diffèrent peu entre-elles (Figure 47). Les enregistrements montrent que toutes les stations subissent les mêmes événements en augmentation ou en diminution de température par rapport à la courbe saisonnière. Au cours du suivi la température estivale a atteint 24.4 à 26.7 °C en août et septembre 2008, et 26-27°C en juillet-août 2009 pour les maximales estivales, avec une moyenne autour de 20-22°C, ce qui correspond à nos relevés ponctuels lors des campagnes C1-C2 et C5-C6. En hiver, l'eau a atteint une température de 4.4°C en surface au mois de janvier 2009 et nos mesures ponctuelles lors des campagnes C3-C4 et C7-C8 se situent autour de 7-8°C et en moyenne entre 5 et 10°C.

La température reste plus froide au fond en période estivale malgré la faible profondeur. La différence entre surface et fond est de moins en moins marquée en allant vers le nord de l'étang de la station SA3 à la station SA1 (Figure 48).

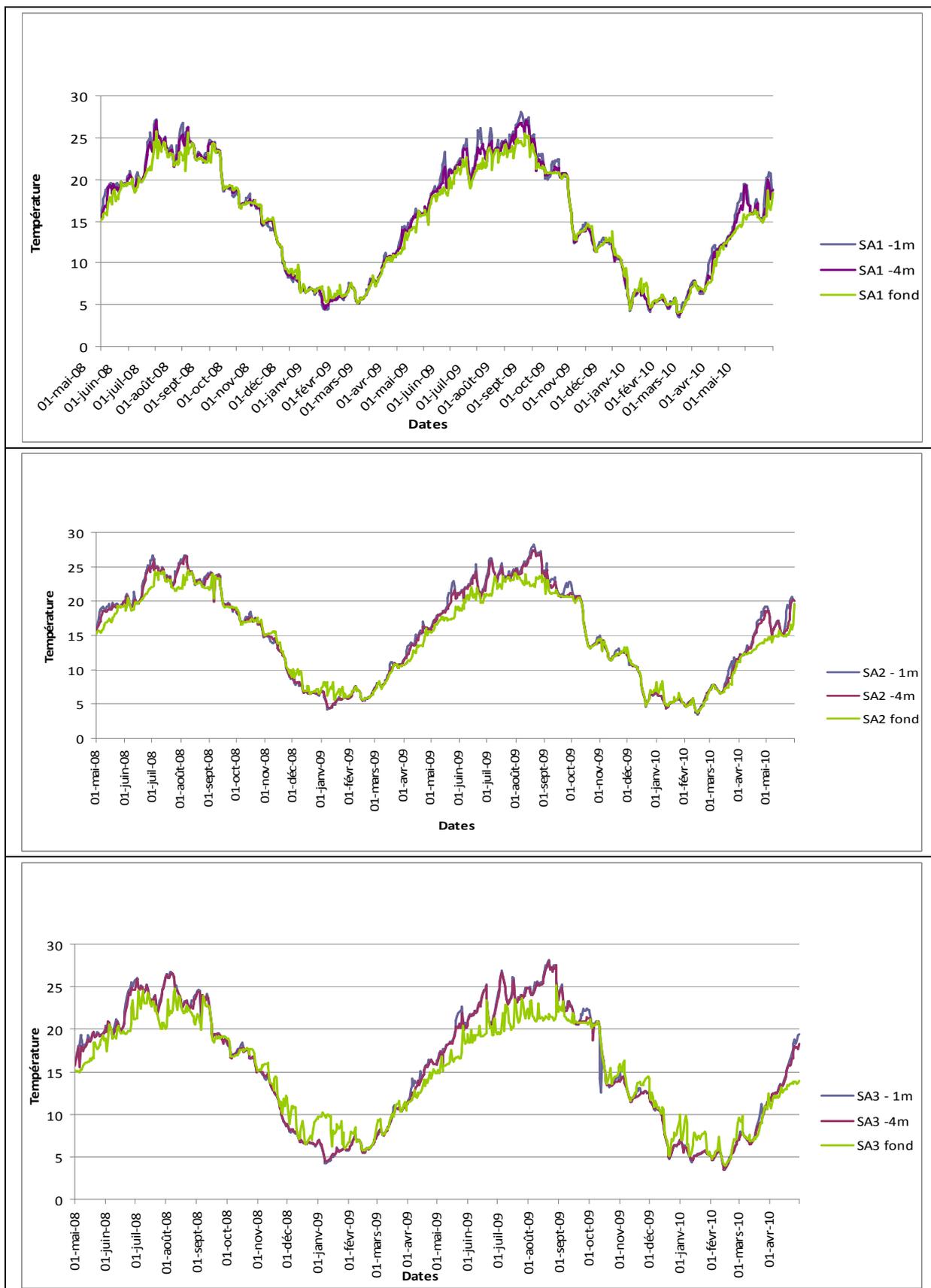


Figure 48: Moyenne de la température journalière à -1m, -4m et -9m (SA3) ou -6.35m (SA1) et 7.35 (SA2) dans les stations centrales de l'étang SA1, SA2 et SA3 (sondes CTD Seabird SBE 37).



La salinité

L'acclimatation aux variations de salinité dépend de la capacité d'adaptation aux variations de température et d'oxygène en particulier (Kinne, 1964). Les poissons peuvent réagir par sécrétion de mucus, par fuite, changement de flottabilité ou de comportement migratoire. Cela se traduit par une augmentation de leur activité globale. Pour les petites espèces benthiques comme les gobies, le substrat peut constituer un refuge momentané grâce à la capacité de tamponnage du sédiment. En général, les basses salinités sont mieux tolérées par les poissons à basse température.

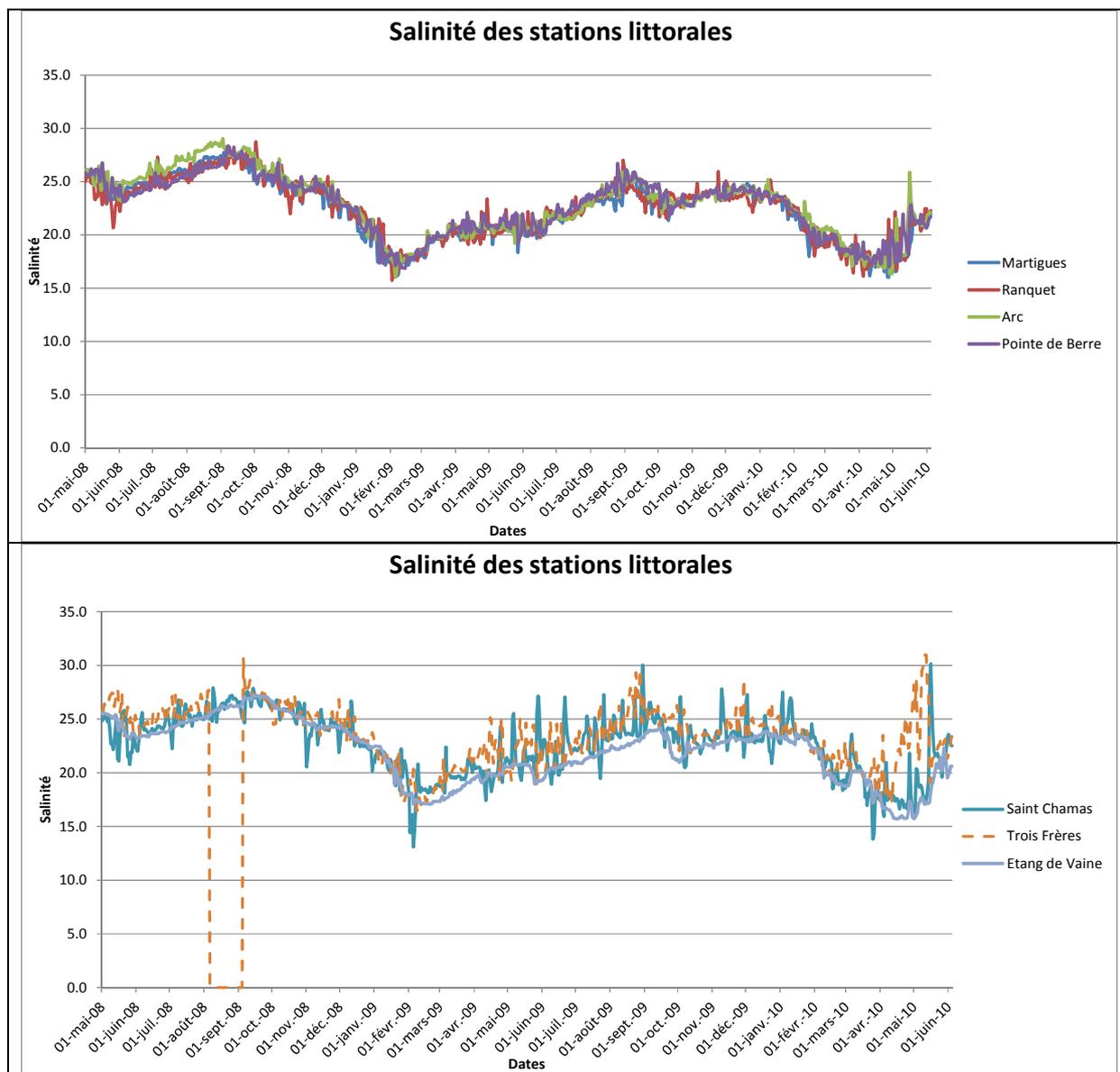
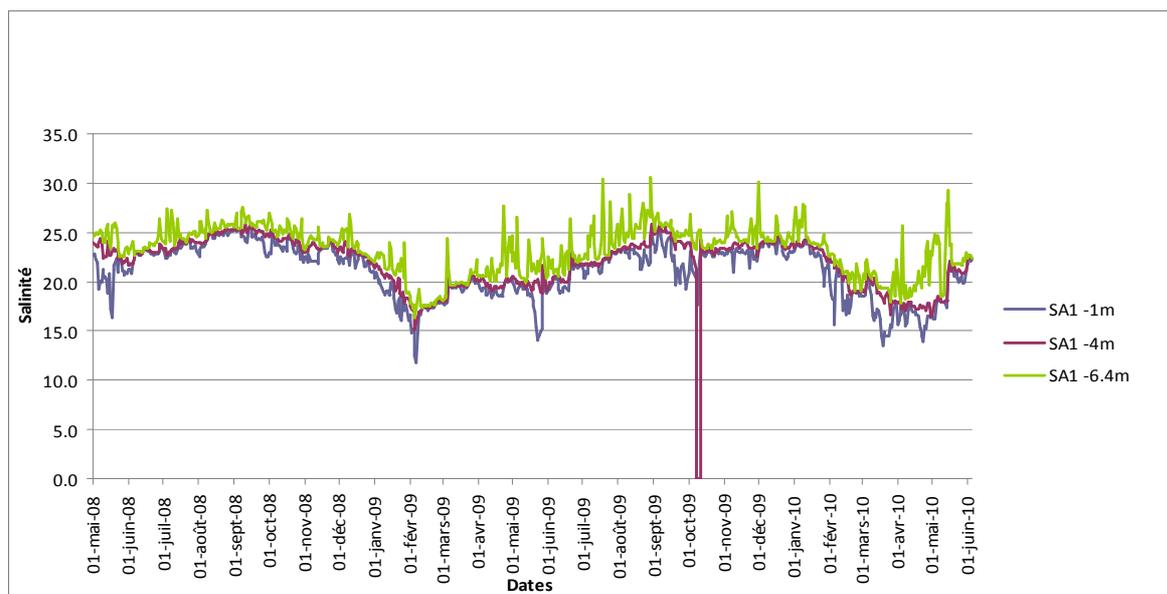


Figure 49 : Moyenne de la salinité journalière à -1m, -4m et -9m (SA3) ou -6.35m (SA1 et SA2) dans les stations proches de la terre (sondes CTD Seabird SBE 37). N.B. problème de CTD et pas de mesure aux Trois Frères en septembre 2008 (faux zéro).

Le profil de salinité des stations littorales révèle une amplitude plus importante des variations. A Saint Chamas et aux Trois frères les amplitudes hebdomadaires sont plus importantes qu'aux autres stations en raison des apports d'eau douce à Saint Chamas (centrale et rivières dans une moindre mesure) et des apports d'eau salée aux Trois Frères (Figure 49). Ce sont des stations fortement influencées par le facteur salinité et la composition spécifique des pêches réalisées témoigne de cette influence sur les espèces (voir paragraphe suivant). Les campagnes C4 et C8 en mars se situent précisément au moment des minima de salinité, à l'opposé, C2 et C6 en septembre ont eu lieu au moment où la salinité est la plus élevée dans l'étang. Néanmoins les apports de Saint Chamas ont été responsables à la campagne C6 de faibles salinités à la station 6 en particulier.

Sur la base des valeurs en continu, la salinité dans la partie centrale de l'étang de Berre varie entre 12 et 30‰ à la station SA1, entre 15 et 35‰ aux stations SA2 et SA3 (Figure 50). La salinité au fond est plus élevée surtout à la station SA3 et présente une forte variabilité liée aux entrées d'eaux marines dans l'étang. Les différences entre les trois séries de profil nous indiquent qu'en se déplaçant vers le nord de l'étang les influences marines s'atténuent et qu'il y a relativement peu de différences entre les profils à 1m et 4m de la surface. Ces profils nous permettent de visualiser les entrées d'eau marine et leur influence jusqu'au centre de l'étang et donc même dans la partie la plus profonde. Ces eaux sont donc vecteurs d'espèces à affinité pour les eaux dessalées qui pénètrent dans l'étang pour s'y reproduire (anchois) ou de stades juvéniles pour y grandir (poissons plats, muges, dorades, loups).



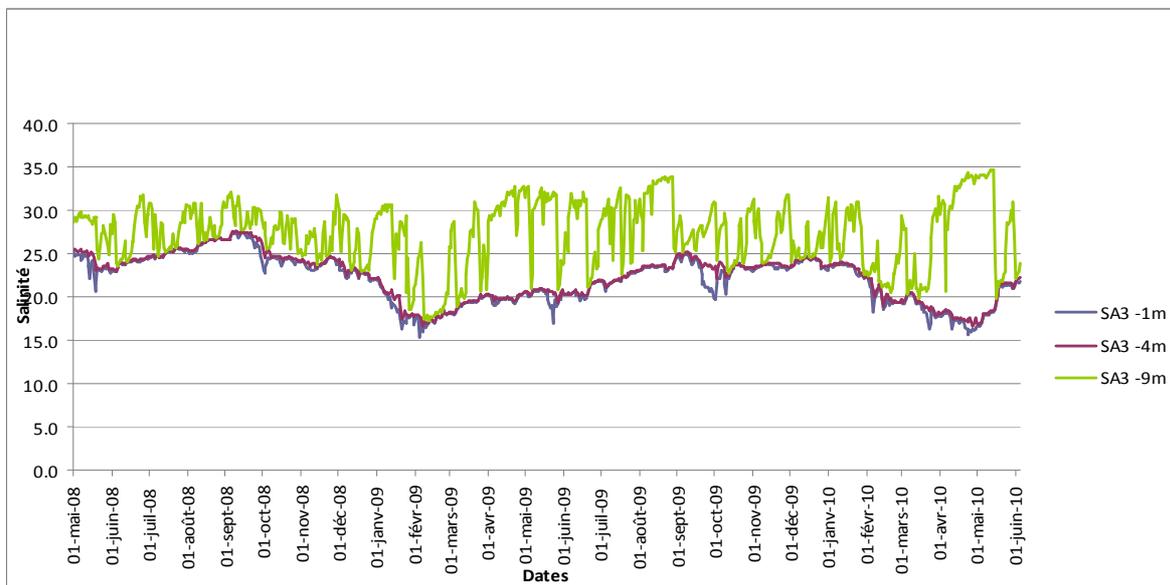
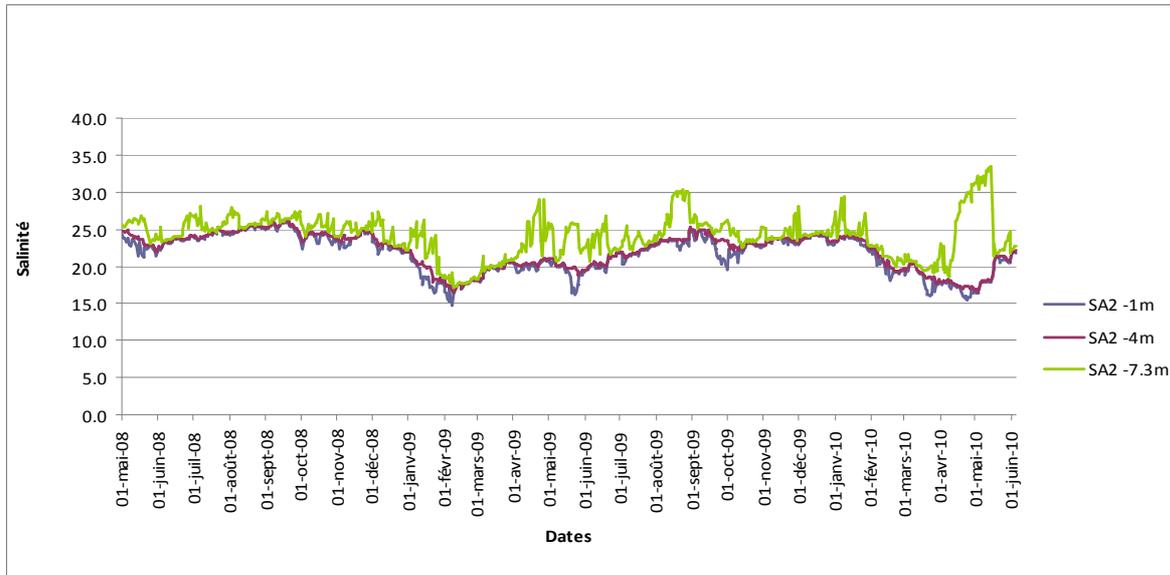


Figure 50 : Moyenne de la salinité journalière à -1m, -4m et -9m dans les stations centrales de l'étang SA1, SA2 et SA3 (sondes CTD Seabird SBE 37). N.B. problème de CTD et pas de mesure aux SA1-4m en octobre 2009 (faux zéro).



L'oxygène

Avec la nourriture et la température, l'oxygène dissous (OD) est le facteur le plus important contrôlant la croissance chez les poissons. En-dessous de valeurs critiques propres à chaque espèce la consommation de nourriture, le taux de croissance et les taux de conversion sont affectés chez les poissons (Jobling, 1994). Dans le milieu naturel les espèces les plus mobiles peuvent détecter et éviter de se trouver en conditions de faibles niveaux d'anoxie comme de salinité. C'est plus difficile pour les espèces à mobilité réduite et la baisse de concentration d'oxygène peut déclencher des épisodes de mortalité importante sur un panel d'espèces différentes supportant mal les variations et surtout les faibles concentrations d'oxygène dans le milieu.

L'oxygène est un facteur limitant pour les poissons de l'étang de Berre, en particulier les espèces benthiques. Les conditions d'oxygène dans l'étang jouent donc un rôle primordial sur la santé des poissons et la composition de leur peuplement. L'oxygène présente de fortes variations dans l'étang en fonction des saisons et selon les stations. Les données des stations centrales, dont nous présentons ici la moyenne des mesures d'oxygène journalières pendant la durée du suivi, ne sont pas transposables aux stations moins profondes où pêchent les filets. Les profils rendent compte, néanmoins, des périodes de changement de conditions, qui peuvent impacter les peuplements de l'étang. D'ailleurs, les minima mesurés lors de la campagne C6 correspondent bien à une chute de la concentration en oxygène dans les stations centrales de l'étang, donc à une situation générale critique.

La concentration en oxygène varie entre 0 et 150% en surface mais au fond cette concentration atteint fréquemment des valeurs inférieures à 50% et proches du zéro. La différence entre profils de surface et de fond est importante. Cette différence entre les courbes de surface et de fond s'accroît dans les stations plus proches du canal de Caronte où la stratification augmente sous l'influence des eaux marines (Figure 51).

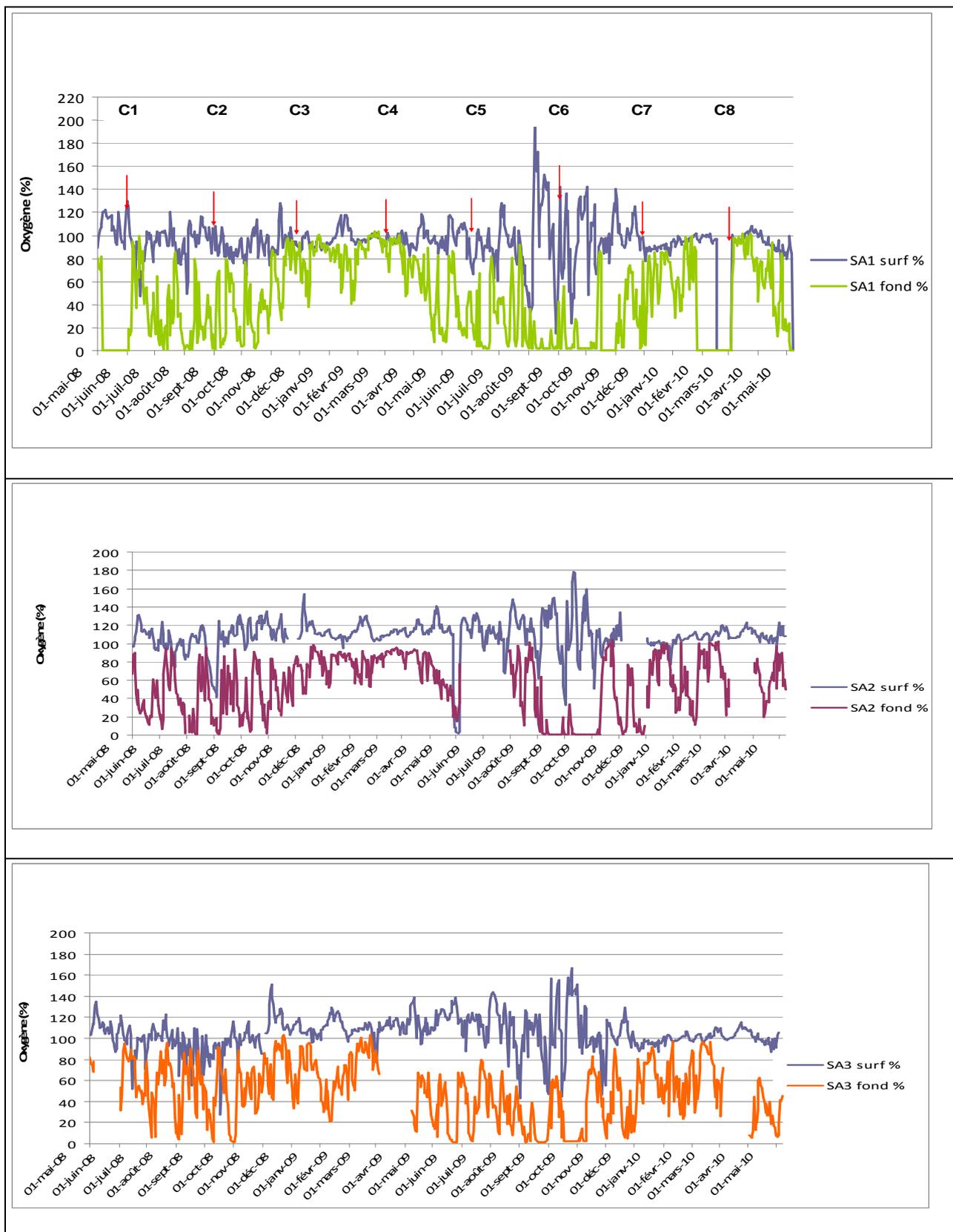


Figure 51: Moyenne de la concentration journalière en oxygène à -1m et -9m dans les stations centrales de l'étang SA1, SA2 et SA3 (sondes CTD YSI 600 ou 6150 ; données fournies par EDF).

3.6.2 Apports de la Durance (eau douce, rejets liquides)

Depuis la mise en service de l'usine hydroélectrique de Saint Chamas, l'étang de Berre reçoit des apports importants et irréguliers d'eau douce et de sédiments. De nouvelles conditions d'exploitation ont été mises en place à la demande de la Commission Européenne afin de limiter les fluctuations de salinité et de maintenir une salinité minimale au long de l'année permettant à l'étang de conserver son caractère marin. Le profil des rejets liquides depuis 2006 peut ainsi être visualisé sur les figures (Figure 52 & Figure 53).

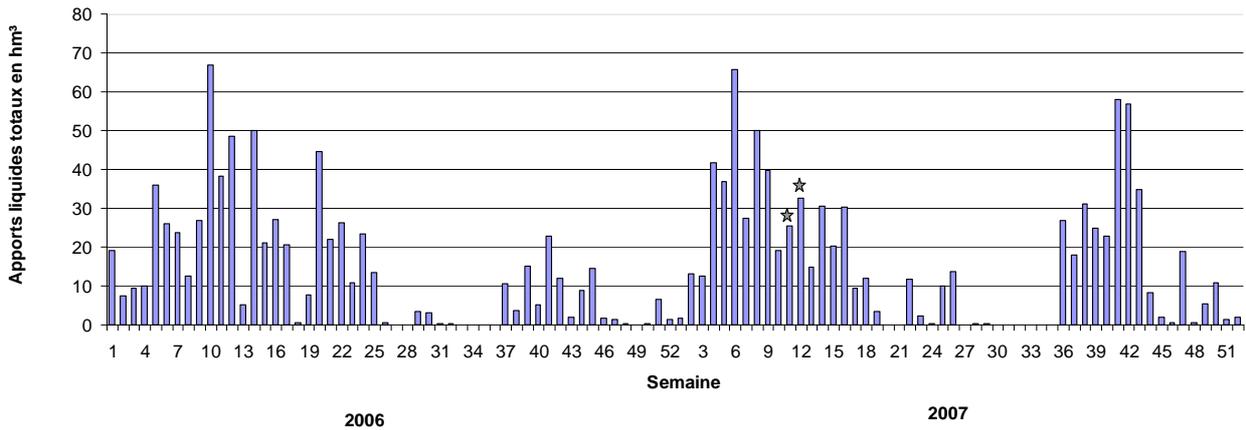


Figure 52 : Apports liquides hebdomadaires dans l'étang de Berre au cours des années 2006 et 2007 (données EDF communiquées par GIPREB).

Ce lissage des rejets a pour objectif en diminuant le nombre d'évènements exceptionnels de limiter l'impact sur les peuplements. Les campagnes d'échantillonnage des poissons C1 (juin), C2 (sept.), C3 (déc.), C5 (juin), C6 (sept.) et C8 (mars) ont eu lieu au cours ou juste après des épisodes de rejets au niveau de la centrale de Saint Chamas (Figure 53). La salinité en surface à la station de pêche 6 était de l'ordre de 5 à 7‰ en surface ; lors des campagnes C3 et C8 elle était même inférieure à 3‰. Lors des campagnes C5 et C6, la salinité au fond était également inférieure à 10‰. Cette station du suivi soumise à l'influence de la Touloubre est surtout la plus fortement impactée par les rejets d'eau douce de la centrale.

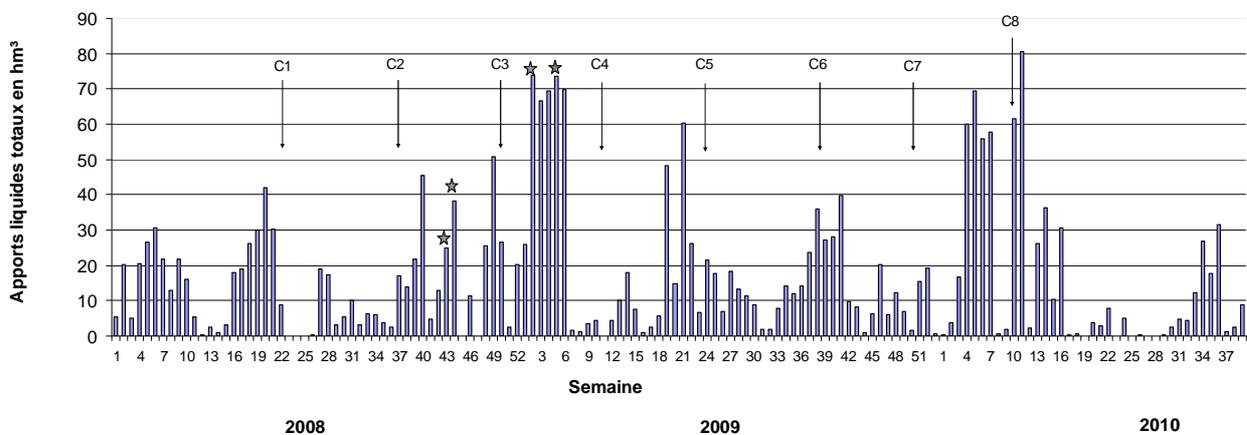


Figure 53 : Apports liquides hebdomadaires dans l'étang de Berre au cours des années 2008 et 2009 (données EDF communiquées par GIPREB) ; C1 à C8 : campagnes de pêches expérimentales ; * : apports exceptionnels.

Dans les autres stations la salinité en surface comme au fond est rarement descendue en-dessous de 15‰ au moment des pêches; les stations 1 et 2 ont connu ponctuellement des baisses de salinité au moment des pêches inférieures à 15‰ ; la station 5 est la moins touchée par les variations de salinité. Les rejets d'eau douce au niveau de la centrale EDF de St Chamas et à un moindre degré les rivières, créent un gradient de salinité dans l'étang qui influence la répartition des espèces comme nous le mettons en évidence dans le paragraphe suivant.

3.6.3 Influence sur les captures

La composition du peuplement ichthyologique dépend d'une combinaison de paramètres d'habitat et de caractéristiques physico-chimiques du milieu, dont elle intègre également les fluctuations temporelles. Le peuplement observé dans les captures est une résultante de cet ensemble caractérisant le milieu et de la sélectivité de l'engin utilisé.

L'analyse fonctionnelle menée dans les paragraphes précédents du point de vue spatial : l'ensemble des stations, et temporel : l'ensemble des campagnes, permet déjà de définir les caractéristiques du peuplement des stations et des différentes saisons. En complément, une analyse en composantes principales a été menée en intégrant les données hydrologiques relevées au moment des pêches (température, salinité, oxygène en surface et au fond) et les captures des espèces les plus abondantes ou représentant la plus forte biomasse dans les captures, qui représentent donc le mieux le peuplement. Cette analyse cherche à mettre en évidence une typologie des stations/campagnes en projetant dans un espace à 2 dimensions les unités d'observation spatio-temporelles (station-campagne) et les vecteurs variables abiotiques. Dans un deuxième temps l'analyse cherche à dégager les grands groupes de stations/campagnes en fonction de la composition du peuplement (principales espèces).

Typologie des stations/campagnes en fonction des paramètres physico-chimiques du milieu

Les vecteurs représentant les paramètres physicochimiques du milieu (température, salinité et oxygène au fond et en surface) expriment une forte variance de ces variables et une forte corrélation avec F1 et F2 (Figure 54). Les vecteurs température et oxygène sont logiquement diamétralement opposés : les augmentations de température dans l'eau s'accompagnent d'une diminution de la concentration en oxygène dissous, ce qui est le cas l'été, pouvant aller jusqu'à l'anoxie. La projection des stations/campagnes dans cet espace sépare ainsi nettement les campagnes de printemps-été (C1, C2, C5, C6) des campagnes d'automne-hiver (C3, C4, C7, C8). Les deux premiers facteurs expriment plus de 87% de la variance totale (Figure 54).

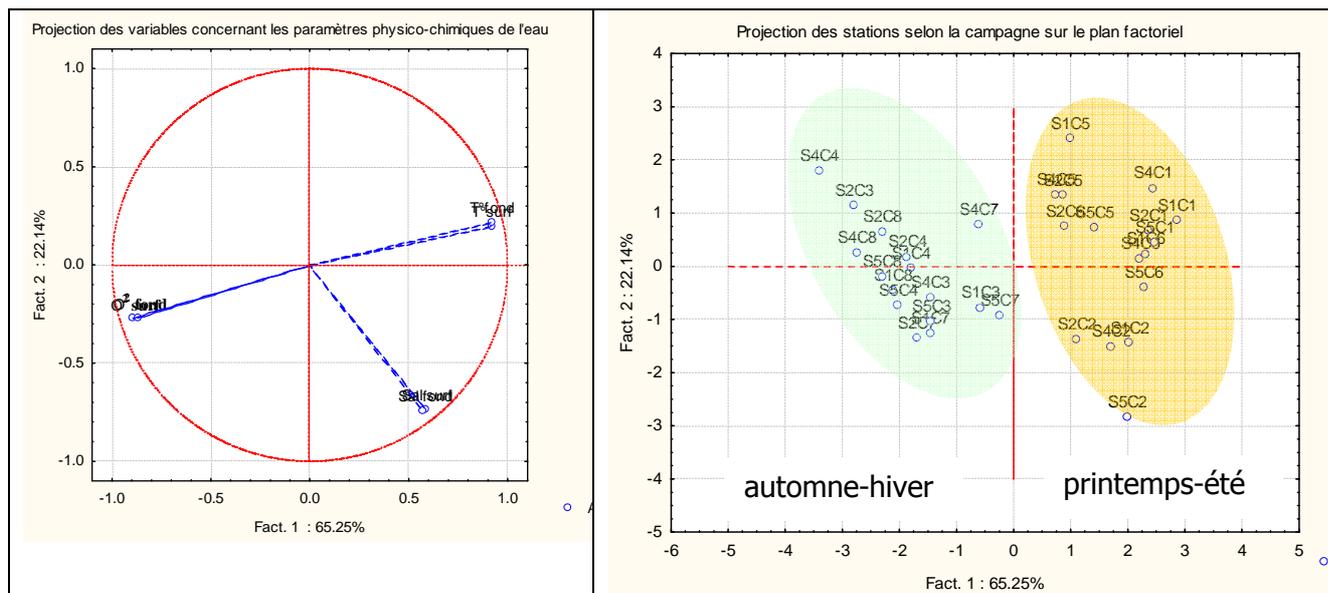
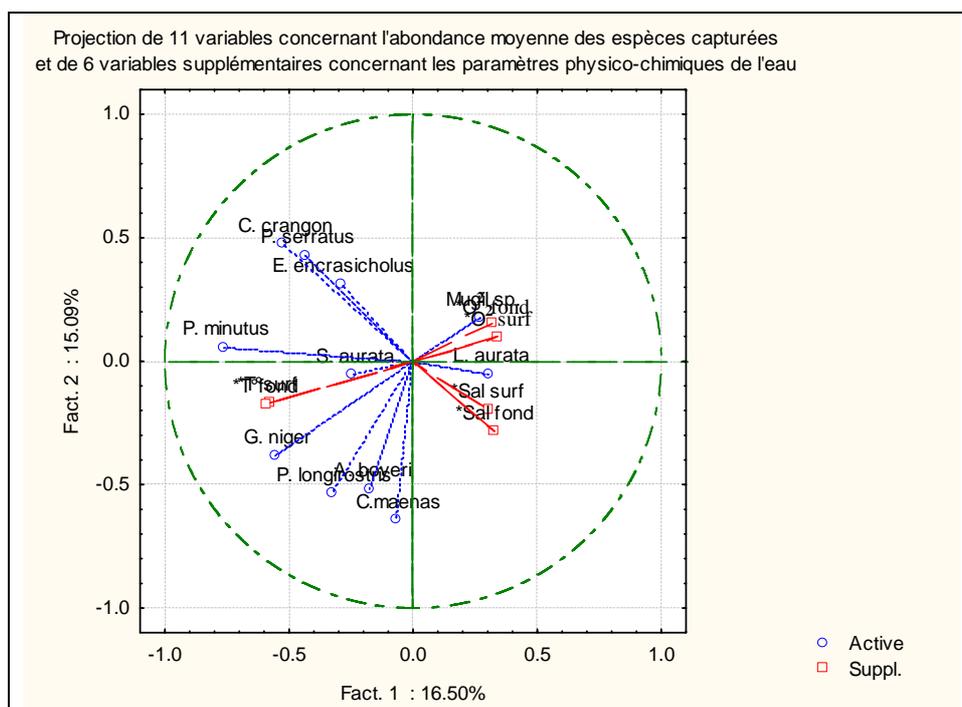


Figure 54 : Représentation dans l'espace des deux premiers axes principaux des stations-campagnes. Les variables actives sont les paramètres abiotiques température, salinité oxygène.

Typologie des stations/campagnes en fonction de la composition du peuplement (abondances et biomasses par espèces)

La mise en regard du résultat des pêches expérimentales avec les variations des paramètres du milieu est réalisée avec les données d'abondance et de biomasse moyenne par station par campagne à la fin des deux années de suivi pour les 11 taxons les plus représentatifs des pêches. L'analyse en composantes principales permet de dégager des groupes de stations-campagnes à partir de leur similitude d'abondance et de composition spécifique (Figure 55). Les vecteurs 'température', 'salinité' et 'oxygène' (en rouge) sont figurés en variables supplémentaires pour aider à l'interprétation.



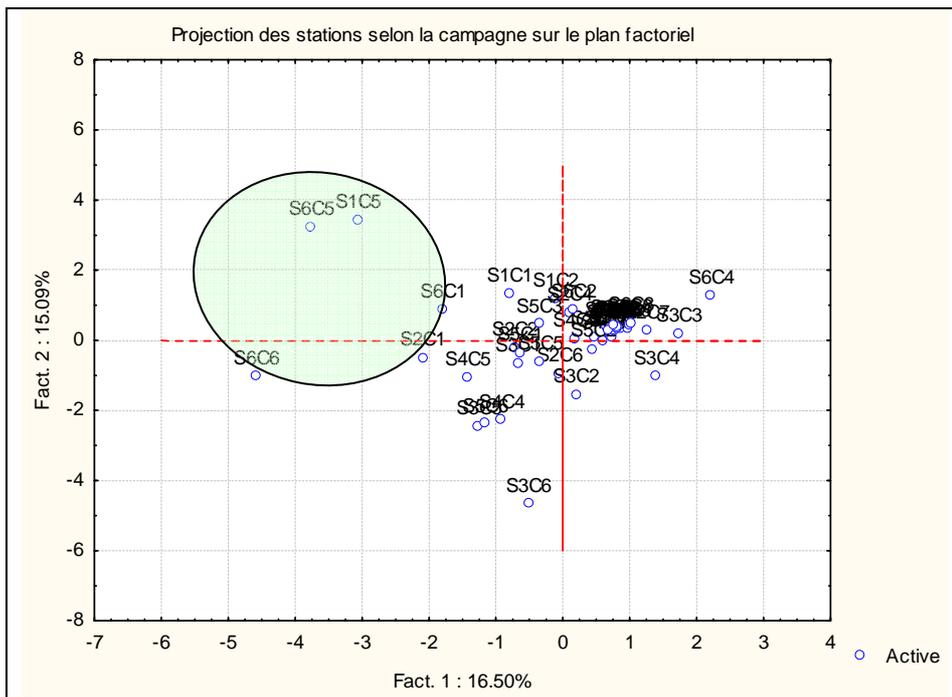


Figure 55 : Représentation dans l'espace des deux premiers axes principaux des stations-campagnes. Les variables actives sont les abondances moyennes des 11 taxons principaux composant les captures. Les paramètres abiotiques température, salinité oxygène sont ajoutés en variables supplémentaires (en rouge).

Les campagnes 5 et 6 se distinguent des autres campagnes en particulier aux stations 1 et 6 situées dans le nord de l'étang en raison notamment de l'abondance du gobie *P. minutus*. Ces campagnes et ces stations sont caractérisées par l'abondance d'espèces à affinité pour les eaux dessalées : *Crangon crangon*, *Palaemon serratus*, *Engraulis encrasicolus* et *P. minutus*, elles sont situées à l'opposé du vecteur salinité. Les stations 3 et 4 se trouvent groupées par l'abondance dans leurs prélèvements d'espèces à affinité plus halines et davantage sensibles aux variations du milieu, en particulier, l'oxygène : *Atherina boyeri*, *Carcinus maenas*, *Palaemon longirostris*, *Gobius niger*.

Si l'on ôte les crustacés de l'analyse et que l'on conserve uniquement les 7 taxons dominants de poissons, les stations 1 et 6 se détachent du groupe, et la station 2 à un moindre degré, avec les espèces euryhalines et les stations 3, 4, 5 restent groupées avec les espèces moins tolérantes à la dessalure et au manque d'oxygène (Figure 56).

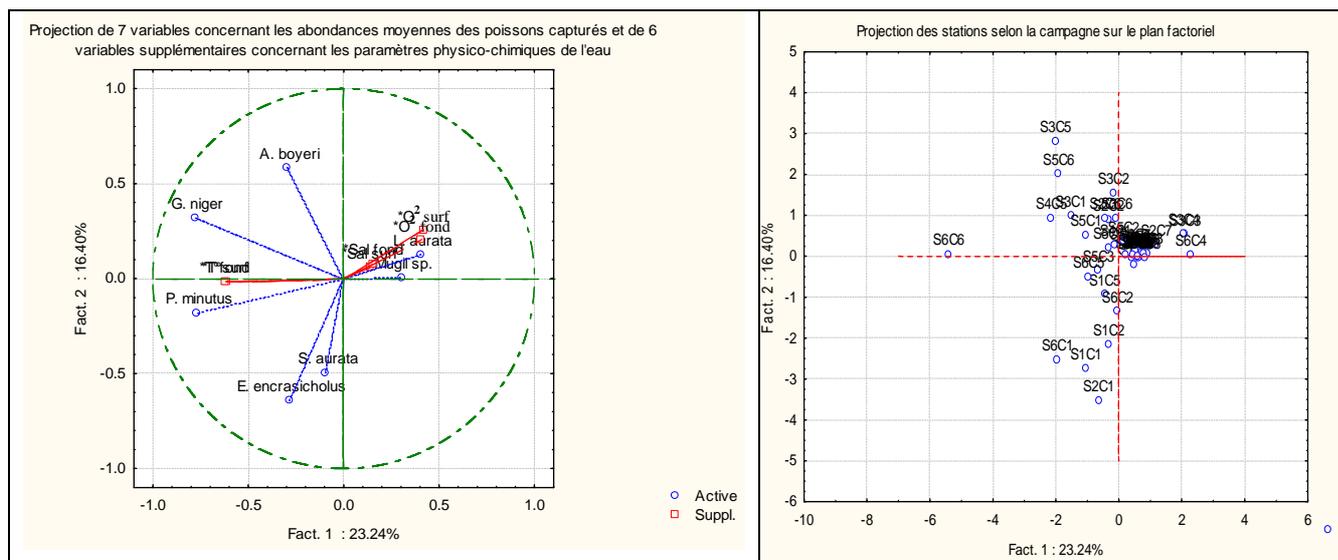


Figure 56 : Représentation des station-campagne dans l'espace des deux premiers axes principaux. Les variables actives sont les abondances moyennes des 7 espèces principales de poissons composant les captures. Les paramètres abiotiques température, salinité oxygène sont ajoutés en variables complémentaires (en rouge).

Les analyses pratiquées sur les données de biomasse confirment les assemblages *C. maenas/A. boyeri/G. niger/P. longirostris* (corrélé à température) et *C. crangon/P. serratus/E. encrasicholus/S. aurata* (affinités eau douce). *Liza aurata* se trouve diamétralement opposé à ces deux assemblages et fortement corrélé au vecteur oxygène.

Si l'on utilise l'abondance de la totalité des espèces échantillonnées, la projection des stations dans un espace simplifié à 2 dimensions fait apparaître de fortes similitudes entre les stations 2, 4 et 5, un groupe de stations 1 et 6, alors que la station 3 est opposée sur l'axe factoriel 2 (Figure 57).

Avec les données de biomasse de l'ensemble des espèces capturées, la projection des stations sur deux axes fait ressortir 3 associations nettement différenciées (Figure 58) :

- les stations 1 et 6 avec de fortes biomasses de *C. crangon*, *P. minutus*, *P. serratus*, *E. encrasicolus* et *A. anguilla* ; ce sont des espèces à affinité pour l'eau douce ;
- les stations 3, 4 et 5 avec des biomasses importantes d'atherines, de *G. niger*, *C. maenas*, *L. aurata* et la présence significative d'espèces complémentaires marines telles que *Solea* (plusieurs espèces), *Sarpa salpa* alors que *P. minutus* est plus faible ;
- la station 2, dont la biomasse est composée principalement par *P. longirostris*, *P. serratus*, *A. boyeri*, *C. maenas*, *L. aurata* mais aussi de *S. pilchardus*, *S. aurata* et *S. aegyptiaca*.

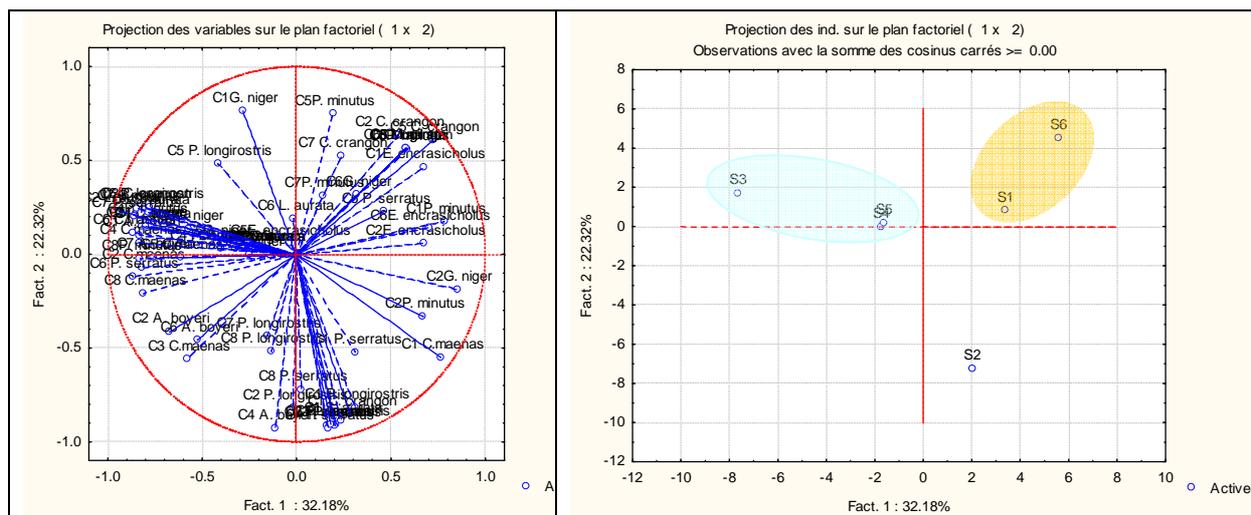


Figure 58 : Représentation dans l'espace des deux premiers axes principaux des stations. Les variables actives sont les biomasses moyennes de l'ensemble des espèces composant les captures. 54% de la variance sont expliqués par les deux axes.

Ces résultats sont cohérents avec l'analyse de la diversité spécifique par station présentée au début de ce rapport. L'analyse fonctionnelle dans le chapitre précédent a permis ensuite de définir les caractéristiques et de comparer les assemblages entre stations. Enfin, la typologie des stations et des campagnes est ici analysée en fonction des paramètres physico-chimiques du milieu en montrant bien des associations d'espèces caractéristiques et des différences entre stations et entre les campagnes réalisées à la belle saison et en automne-hiver.

En projetant dans l'espace les stations-campagnes en utilisant pour variable active l'abondance ou la biomasse moyenne des taxons principaux composant les captures, l'ajout en variables supplémentaires des paramètres abiotiques relevés (température, salinité, oxygène) a permis d'interpréter les différences entre stations-campagnes et de voir notamment l'influence des variations de salinité et d'oxygène. Seules les espèces tolérantes, voire euryhalines tolèrent les conditions le plus souvent présentes aux stations 1, 6 et 2. Le facteur oxygène étant limitant, elles ne résistent cependant pas aux épisodes d'anorexie, qui se produisent quasiment chaque été dans l'étang et qui peuvent se traduire par de fortes mortalités, qui nous ont été rapportées par le GIPREB, mais que nous n'avons pas constatées au moment précis de notre échantillonnage.

L'analyse de structure des tailles au chapitre 3.3.6 de 3 espèces dominantes du peuplement de Berre illustre bien l'adéquation de leur biologie et leur caractère adaptable aux conditions changeantes du milieu. Ces espèces à durée de vie courte ayant souvent 2 périodes de reproduction (gobie buhotte) assurent un peuplement permanent qui s'accommode mieux que d'autres espèces aux conditions abiotiques fluctuantes et aux diminutions de concentration d'oxygène dans l'eau, en particulier, en engendrant des cohortes successives dans le milieu.

3.6.4 Variations saisonnières : rôle des paramètres physico-chimiques sur la santé des poissons

Relation température-codes pathologie

Toutes stations confondues, la prévalence maximale de poissons présentant des lésions externes (« CP ») est atteinte en septembre 2008 (campagne C2 = 25,74 %) et la prévalence minimale est observée en décembre 2008 (campagne C3 = 1,73 %). En juin 2008 (campagne C1) et mars 2009 (campagne C4), les prévalences sont sensiblement de même ordre de grandeur (respectivement 4,95 % et 6,32 %). Se rapporter au chapitre matériel et méthodes pour les détails des légendes.

Tableau 18 : Valeurs du « code pathologie » et de la température de surface à chaque campagne.

Campagnes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Code Patho. (P%)	4,95	25,74	1,73	6,32	12,5	8,57	5,46	19,5
Température (°C)	19,98	17,94	7,43	7,90	21,00	19,87	9,98	5,91

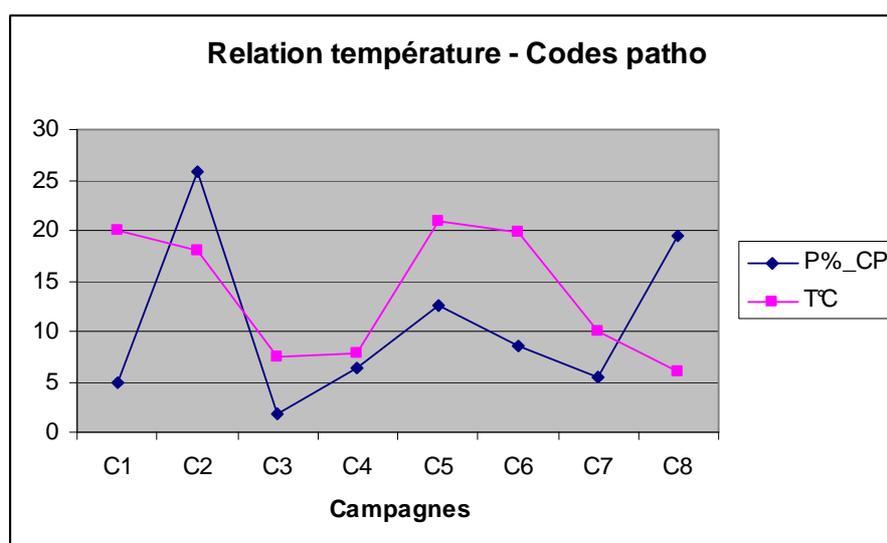


Figure 59 : Évolution des codes pathologiques et de la température à chaque campagne.

La température moyenne de l'eau de surface la plus élevée s'observe en juin 2009 (campagne C5 = 21,00 °C). Elle est légèrement plus basse en septembre 2009 (campagne C6 = 19,87°C). Les valeurs les plus basses s'observent respectivement en mars 2010 (campagne C8 = 5,91°C), décembre 2008 (campagne C3 = 7,43°C) et mars 2009 (campagne C6 = 7,90°C)

Commentaires

Quelques rares auteurs se sont intéressés aux effets de la température sur la santé des poissons (BRUN-YOUSFI, 2006 ; GIRARD, 2009 ; LEYNAUD, 1967 ; McCULLOGH, 1999 ; MARCOGLIESE, 2001 ; TRAVADE, 1975 ; WAHLI *et al.*, 2002).

La température peut avoir une action soit directe, soit indirecte. Directement, l'élévation ou les variations de la température induisent chez les poissons différents processus physio-pathologiques et anatomo-morphologiques. Ainsi, l'apparition d'un certain nombre de lésions a pu être corrélée directement avec le facteur température. Pour MÖLLER (1979), la destruction du tissu des nageoires existe chez toutes les espèces de poissons. Plusieurs bactéries sont impliquées chez les poissons marins et la fréquence de la maladie érosive des nageoires augmente de façon significative avec la température de l'eau. A noter que les érosions et les nécroses – ces dernières représentant le stade ultime des érosions – représentent quasiment 3 lésions sur 4 (73,91 % des lésions totales).

Toutefois, chez les poissons soumis à des stress ou des processus pathologiques chroniques, ces modifications anatomo-morphologiques mettent un certain temps à se mettre en place.

Mais la température agit également de façon indirecte : elle joue un rôle fondamental dans le développement chez les poissons de l'immunité, spécifique et non spécifique. En général, quelles que soient les espèces étudiées, l'élévation de la température de l'eau et les changements rapides de température sont un facteur majeur de stress^{NB} physiologique et peuvent affecter la fonction immunitaire des poissons (PROPHETE *et al.*, 2006) mais aussi interférer sur la présence, l'abondance et la virulence des organismes pathogènes, favorisant ainsi le développement de nombreuses maladies : maladies à agents biologiques virales, bactériennes, parasitaires ou mycosiques, mais également maladies à agents non biologiques (GIRARD, 2009).

De très nombreuses bactéries, pour la plupart opportunistes et potentiellement pathogènes pour le poisson (*Aeromonas* sp. ; *Flavobacter* sp.), sont continuellement présentes dans la plupart des milieux aquatiques, particulièrement dans les étangs et dans les retenues qui sont riches en matières organiques. Néanmoins, les épizooties touchent rarement les poissons s'ils n'ont pas été préalablement soit exposés à des conditions de milieu défavorables (anoxie ou sursaturation, températures ou salinités extrêmes), soit stressés. Dans les eaux chaudes, les températures élevées accélèrent la reproduction des bactéries et, en conséquence, augmentent leur diffusion et leur pathogénicité (FAO, 1982 ; PAPERNA, 1982).

NB : Le stress se définit comme un état de malaise consécutif à une situation d'inconfort, temporaire ou prolongée. Il perturbe et tend à dégrader l'état physiologique des organismes en affaiblissant leurs défenses immunitaires et il se traduit généralement par une sensibilité accrue aux infections dont la maladie est la principale manifestation (ABARNOU *et al.*, 1999).

Les prévalences des lésions externes semblent corrélées positivement avec la température de l'eau lors des campagnes C2 à C8 : prévalences élevées lorsque la température est élevée et prévalences faibles aux basses températures.

A cette tendance, deux exceptions : juin 2008 (campagne C1) et mars 2010 (campagne C8), campagnes au cours desquelles on observe deux phénomènes inverses : température élevée et prévalence faible C1), température basse et prévalence forte (C8).

Or, si l'on suppose que la température s'est élevée rapidement entre le printemps et juin 2008, il est plausible que ses effets, directs ou indirects, ne se soient manifestés que tardivement, de façon différée, ce qui expliquerait la faible prévalence (4,95 %) observée en juin 2008. En revanche, cette explication n'est pas acceptable pour C8.

Les prévalences des lésions externes les plus faibles s'observent en hiver (décembre 2008 & 2009). Ce phénomène peut avoir deux explications :

1- la guérison rapide des poissons atteints,

2- de fortes mortalités des poissons atteints, soit directement par action pathogène ou par misère physiologique, soit par prédation aviaire ou pisciaire, soit les deux.

L'hypothèse 2 semble, a priori, la plus probable.

◆ Pour affiner l'interprétation de ces résultats, il serait nécessaire de disposer et d'analyser les séries de températures journalières depuis mars-avril 2008 jusqu'à mars 2010.



Relation oxygène-Codes pathologie

Au cours des 8 campagnes^{NB}, les taux moyens d'oxygène dissous mesurés en surface et en profondeur sont sensiblement de même valeur, même si les valeurs de surface sont légèrement plus élevées que celles de fond.

Tableau 19 : Valeurs du « code pathologie » et de l'oxygène (S : surface ; F :fond) à chaque campagne.

Campagnes Paramètres	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Codes P (P%)	4,95	25,74	1,73	6,32	12,5	8,57	5,46	19,5
O ₂ (mg/l)	S	7,39	8,72	9,69	2,89	7,15	6,13	8,79
	F	6,88	8,35	9,33	2,84	6,74	4,52	8,55

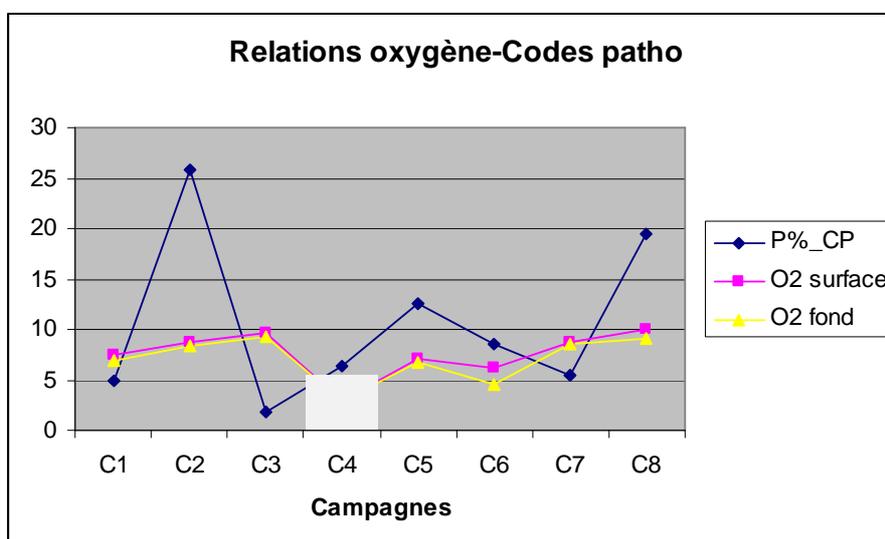


Figure 60 : Évolution des codes pathologiques et de l'oxygène à chaque campagne. NB : en mars 2009 (C4), une erreur de mesure s'est probablement produite, de telle sorte que seules les 7 autres mesures doivent être prises en compte.

Dans 6 cas sur 7, les valeurs sont proches ou supérieures à 7 mg/litre et, par conséquent, tout à fait compatibles avec la vie piscicole (Exception : septembre 2009).

Par ailleurs, la courbe des « Codes pathologie » ne suit pas celle de l'oxygène. Il ne semble donc pas y avoir, *a priori*, d'effet oxygène dissous sur les prévalences de lésions externes observées, les poissons étant très éloignés des zones de stress hypoxique.

Relation salinité-Codes pathologie

Les taux moyens de salinité varient de 15,24 g/l (décembre 2009) à 26,42 g/l (septembre 2008), les taux plus élevés se situant plutôt en été (sauf C5 : juin 2009) et les plus bas plutôt en hiver.

Tableau 20 : Valeurs du « code pathologie » et de la salinité à chaque campagne.

Campagnes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
CP (%)	4,95	25,74	1,73	6,32	12,5	8,57	5,46	19,5
Salinité (g/l)	22,62	26,42	18,57	19,01	17,58	21,06	15,24	18,08

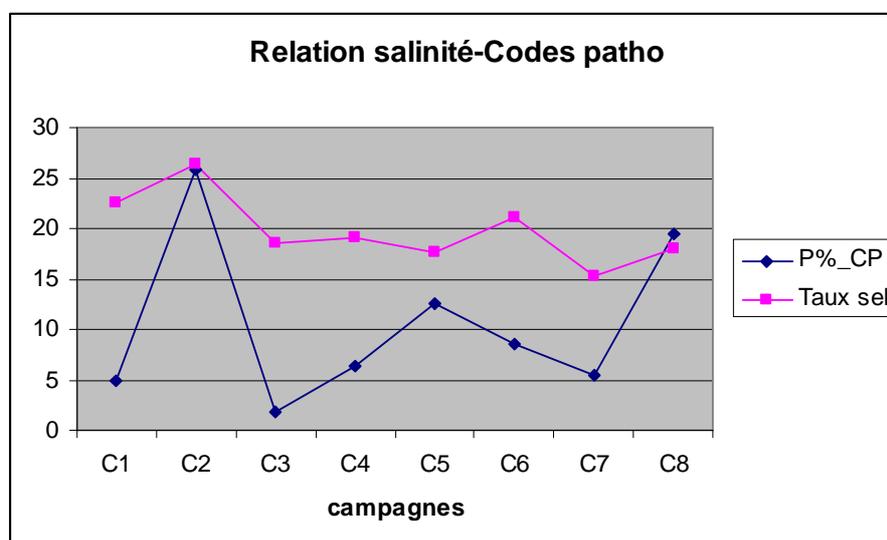


Figure 61 : Évolution des codes pathologiques et de la salinité à chaque campagne.

Dans des zones de fortes salinités, les prévalences des érosions des nageoires sont fortes (VETHAAK & JOL, 1996). La salinité influence également la présence et la virulence des organismes pathogènes ainsi que la biodisponibilité de certains contaminants (LANG *et al.*, 1999).

Cependant, il ne semble pas que le processus érosif et nécrotique observé chez la plupart des sujets atteints soit corrélé positivement au facteur « sel ».

Relation conductivité-Codes pathologie

Globalement, les valeurs moyennes de la conductivité suivent celles de la salinité : la valeur la plus élevée s'observe en septembre 2008 et la plus basse en décembre 2009.

Tableau 21 : Valeurs du « code pathologie » et de la conductivité à chaque campagne.

Campagnes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
CP (%)	4,95	25,74	1,73	6,32	12,5	8,57	5,46	19,5
Conductivité (ms/cm)	35,50	38,31	29,85	27,08	25,60	29,75	21,34	29,12

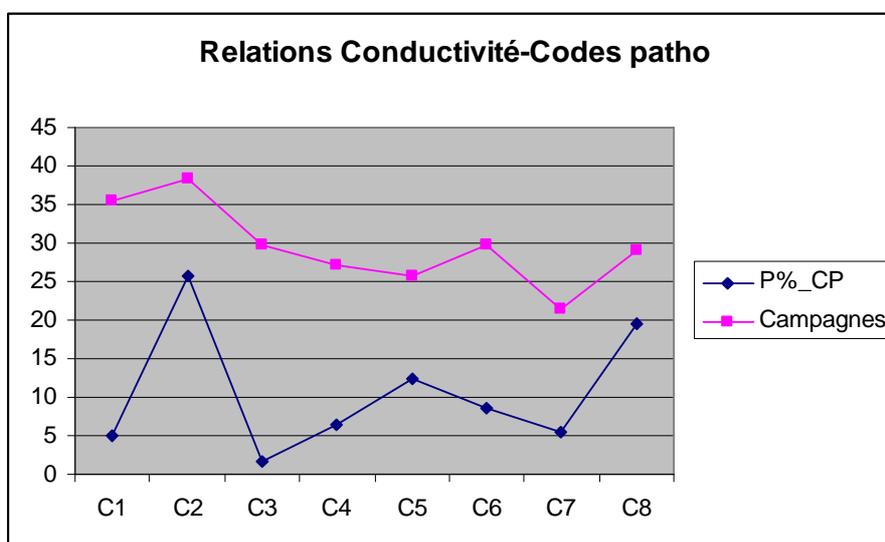


Figure 62 : Évolution des codes pathologiques et de la conductivité à chaque campagne.

Concernant la relation « conductivité-Codes pathologie », la valeur de conductivité la plus élevée s'observe en septembre 2008, coïncidant avec la prévalence de lésions la plus forte, alors que la valeur la plus basse s'observe en décembre 2009.

Il se pourrait donc que le facteur « conductivité » participe, au moins partiellement, au processus érosif et nécrotique observé chez la plupart des sujets atteints, même si aucune référence bibliographique ne puisse venir étayer cette hypothèse.

En conclusion : des 4 paramètres physico-chimiques mesurés, la température est celui qui a exercé l'influence la plus significative au cours de la période étudiée, sur la santé et l'intégrité physique des poissons, soit par action directe, soit en favorisant le développement de bactéries pathogènes. La salinité et, éventuellement, la conductivité ont aussi probablement joué un rôle, mais mineur. En revanche, la corrélation « oxygène-lésions externes » ne paraît pas évidente.

Relation température-parasitisme externe

Aucun des 3 genres ou espèces d'ectoparasites (*Trichodina* sp., *Trichodinella* sp. et *Gyrodactylus* sp.) n'a été observé au cours des campagnes C1 et C2, alors que l'un ou l'autre est systématiquement observé au cours des 6 campagnes suivantes : *Trichodina* sp. au cours des campagnes C3 à C6, et *Gyrodactylus* sp. de C3 à C8.

Tableau 22 : Valeurs de l'abondance de parasites externes et des température de surface à chaque campagne.

Campagnes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Abondance Pa ext	0	0	1	1	1	1	1	1
Température (°C)	19,98	17,94	7,43	7,90	21,00	19,87	9,98	5,91

Si les Gyrodactyles sont présents à toutes les températures, l'optimum de croissance et l'abondance maximale des Trichodines se situent entre 10 et 20°C.

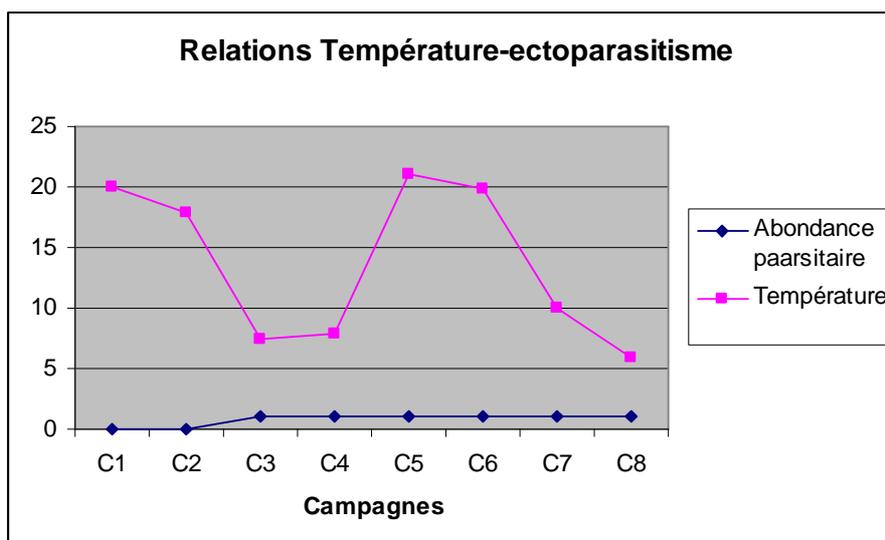


Figure 63 : Évolution de l'abondance de parasites externes et de la température à chaque campagne.

Par ailleurs, et d'une manière beaucoup plus générale, la température agit simultanément sur la sensibilité de l'hôte (le poisson) et sur la présence, l'abondance et la virulence des parasites.

– Action de la température sur l'hôte :

Pour l'hôte, l'élévation de température de l'eau et les changements rapides de température sont un facteur majeur de stress physiologique. À terme, le stress provoque la diminution, voire la suppression de l'immunité naturelle, altérant la capacité de résistance des organismes aux agents infectieux potentiellement pathogènes (champignons, parasites, bactéries et virus) présents normalement chez les poissons (BRUN-YOUSFI S., 2006 ; VETHAAK & JOL, 1996 ; LAFFERTY & KURIS, 1999).

– Action de la température sur les parasites

Le parasitisme représente un mode de vie dans lequel un ou plusieurs organismes distincts, les parasites, vivent en association proche et forcée dans ou sur un autre organisme, l'hôte, en trouvant chez ce dernier habitat et nourriture (MARCOGLIESE, 2001). Le parasitisme est une situation normale et une constante dans le règne animal » (LAMBERT, 1997). Il se retrouve naturellement chez les espèces vivant en milieu non perturbé, mais il peut également être favorisé par le stress que subissent les organismes soit par la pollution, la prédation ou tout autre mécanisme (ESCH *et al.*, 1975) et amplifié par divers facteurs environnementaux tels que la température (MÖLLER, 1981). Pour ce qui concerne les parasites, la température agit sur la vitesse d'accomplissement des cycles parasitaires et sur la virulence intrinsèque des parasites (MARCOGLIESE, 2001), l'élévation de la température jouant un rôle très important sur les biocénoses en augmentant la production primaire (CABANE, 1976).

C'est pourquoi, en considérant, d'une part, la tolérance thermique des parasites observés et, d'autre part, les effets positifs de la température sur les ectoparasites, le facteur température ne semble pas être, en fin de compte, le facteur limitant le parasitisme externe.

Relations oxygène-parasitisme externe

Exception faite de C4 (erreur de mesure ?), les taux d'oxygène sont tout à fait compatibles avec la vie piscicole et ne représentent en aucun cas un facteur limitant pour les ectoparasites, puisque ceux-ci apparaissent quel que soit le taux d'O₂ dissous.

Tableau 23 : Valeurs de l'abondance de parasites externes et de la température et de l'oxygène à chaque campagne.

Campagnes		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Abondance Pa ext		0	0	1	1	1	1	1	1
O ₂ (mg/l)	surface	7.39	8.72	9.69	2.89	7.15	6.13	8.79	10.08
	fond	6.88	8.35	9.33	2.84	6.74	4.52	8.55	9,18

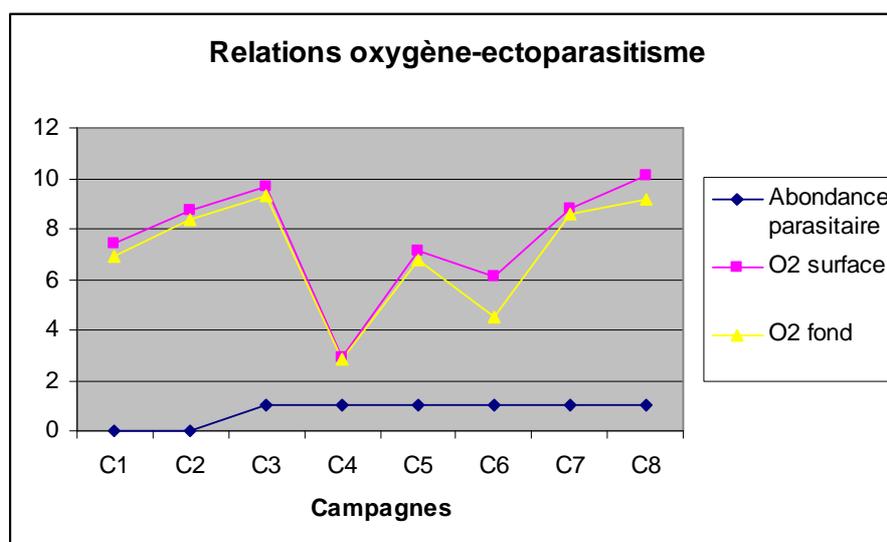


Figure 64 : Évolution de l'abondance de parasites externes et de l'oxygène à chaque campagne.

Relation salinité-parasitisme externe

Une corrélation positive entre la présence ou l'absence des ectoparasites et le taux de salinité est probable, le sel, au-dessus d'une certaine concentration, inhibant le développement de nombreux taxons parasites. Ici, le seuil autour de 20 g/l ($\pm \epsilon$) semble être le taux limitant. Pour preuve apparente, l'absence d'ectoparasites lors de C1 et C2 durant lesquelles la salinité était nettement plus élevée.

Tableau 24 : Valeurs de l'abondance de parasites externes et de la salinité à chaque campagne.

Campagnes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Ab_Pa ext	0	0	1	1	1	1	1	1
Salinité (g/l)	22,62	26,42	18,57	19,01	17,58	21,06	15,24	18,08

Bien que les Trichodines soient considérées comme halotérantes car elles peuvent supporter des concentrations élevées de sel et que les Gyrodactyles soient communs en Méditerranée, au-delà d'un certain seuil, cependant, l'abondance parasitaire est limitée (le sel est souvent utilisé à titre thérapeutique pour combattre les parasites en élevage piscicoles d'eau douce).

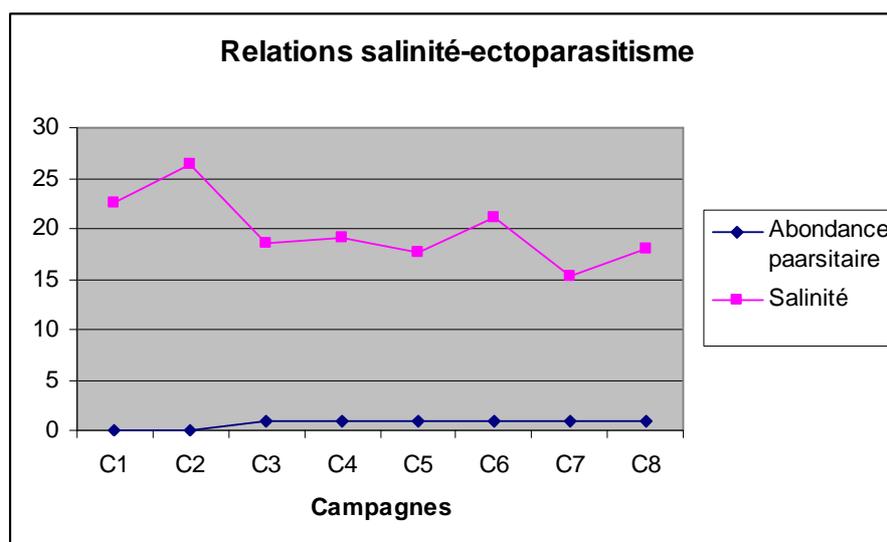


Figure 65 : Évolution de l'abondance de parasites externes et de la salinité à chaque campagne.

Aussi, un travail de recherche fondamentale sur la détermination spécifique et la biologie de ce parasite serait particulièrement intéressant à initier.

Relation conductivité-parasitisme externe

Les résultats des campagnes laissent penser qu'une corrélation positive entre la présence/absence des ectoparasites et la conductivité est probable. Le seuil de 30 mS/cm paraît être le seuil d'inhibition du développement parasitaire. La salinité et la conductivité étant liées, les résultats confirment logiquement ceux obtenus avec la salinité.

Tableau 25 : Valeurs de l'abondance de parasites externes et de la conductivité à chaque campagne.

Campagnes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Ab_Pa ext	0	0	1	1	1	1	1	1
Conductivité (mS/cm)	35,50	38,31	29,85	27,08	25,60	29,75	21,34	29,12

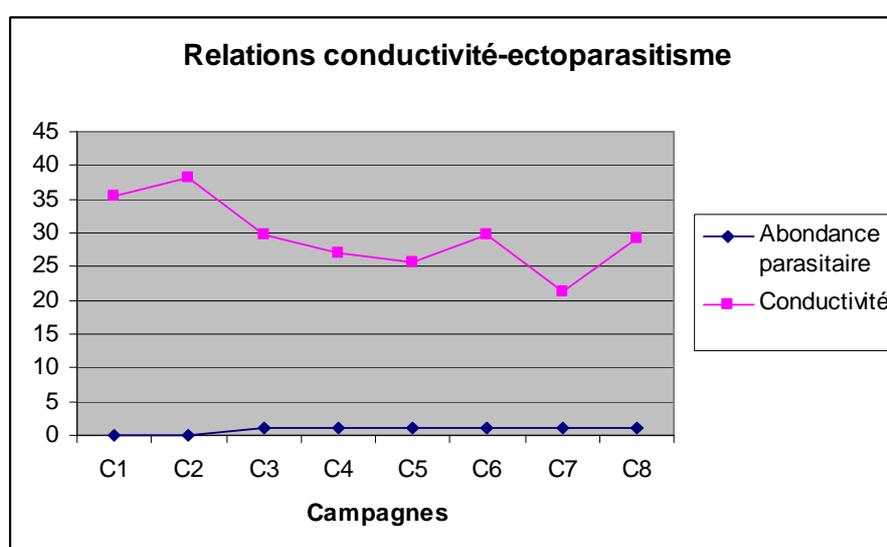


Figure 66 : Évolution de l'abondance de parasites externes et de la conductivité à chaque campagne.

Toutefois, aucune étude connue ne vient apporter des éléments objectifs sur les effets de la conductivité sur le microparasitisme externe des poissons. Tout au plus, on peut mentionner une abondance de *Gyrodactylus* sp. dans le mucus de truites fario de torrents de montagne inversement proportionnelle à la conductivité (GIRARD, obs. pers.).

En conclusion :

- La salinité et la conductivité semblent exercer une influence significative sur la présence et l'abondance des microparasites cutanés des poissons, l'abondance de ces derniers étant limitée quand elles augmentent au-dessus d'un certain seuil;
- La température, considérée intrinsèquement, interfère également sur les niveaux de parasitisme en accélérant le métabolisme des parasites et des hôtes ; ce paramètre n'a pas semblé déterminant au cours de cette étude ;
- En revanche, les conditions d'oxygénation du milieu ne semblent exercer ici aucune influence sur le parasitisme.

3.6.5 Conséquences sanitaires des variations des paramètres du milieu

Les résultats de l'analyse sanitaire pratiquée à chaque campagne nous permettent à partir d'indicateurs biologiques de formuler un premier diagnostic de la **qualité de l'eau et de la qualité du peuplement** à partir des pathologies observées. L'outil « Codes pathologie » est un bioindicateur pertinent à la fois de la **qualité de l'eau et du milieu** et de la **qualité du peuplement** et des populations en place (GIRARD, 1998 ; GIRARD & ELIE, 2007 ; KARR *et al.*, 1986), alors que le microparasitisme à *Trichodina* sp. est un bioindicateur pertinent, mais uniquement de la **qualité de l'eau et du milieu** (GIRARD, 1997 ; GIRARD, 1998).

L'interprétation en termes de qualité de l'eau et du milieu repose donc sur deux bioindicateurs : le microparasitisme externe : l'indice « *Trichodina* » et les « Codes pathologie » (= lésions externes). Les données fournies par les autres indicateurs (lésions internes, parasitisme interne) ne sont pas exploitables sur les données présentes.

Interprétation en termes de qualité de l'eau basée sur l'indice « *Trichodina* »

GIRARD (1998) estime que la qualité de l'eau et/ou des habitats est corrélée positivement à 1) l'absence/présence, et 2) l'abondance du parasitisme externe à *Trichodina* sp. conformément à la grille suivante calquée sur le modèle des grilles de qualité des Agences de l'eau :

Abondance parasitaire	Qualité de l'eau et habitat	Classes Agence
Absence de <i>Trichodina</i> sp.	excellente	1 A
<i>Trichodina</i> sp. en abondance faible	bonne	1 B
<i>Trichodina</i> sp. en abondance moyenne	médiocre	2
<i>Trichodina</i> sp. en abondance forte	mauvaise	3
<i>Trichodina</i> sp. en abondance très forte	très mauvaise	HC

Le parasite « *Trichodina* sp. » est absent au cours des campagnes C1, C2, C7 et C8, et présent en abondance faible au cours des campagnes C3 à C6.

:

Tableau 26 : Récapitulatif des classes d'abondance parasitaire (« Ab_Pa ext ») par campagnes :

Campagnes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Ab_Pa ext	0	0	1	1	1	1	1	1

➔ Selon l'indice « *Trichodina* », la qualité de l'eau est donc excellente au cours des campagnes C1, C2, C7 et C8, et bonne au cours des campagnes C3 à C6.

Interprétation en termes de qualité de l'eau basée sur les « Codes pathologie »

GIRARD (1998) estime que la qualité de l'eau et/ou des habitats est altérée lorsque la prévalence (P%) des lésions externes est supérieure à 5% conformément à la grille suivante calquée sur le modèle des grilles de qualité des Agences de l'Eau :

P%	Qualité de l'eau et habitat	Classes Agence
0-1 % (= NS)	excellente	1 A
1-5 % (= faible)	bonne	1 B
5-20 % (= moyenne)	médiocre	2
20-35 % (= forte)	mauvaise	3
> 35 % (= très forte)	très mauvaise	HC

Pour l'ensemble des 8 campagnes, la prévalence globale (P%) de poissons présentant des lésions externes (P%_CP) est égale à **8,4 %** (151/1790).

Tableau 27 : Récapitulatif des prévalences des lésions externes (% Codes patho) par campagnes

Campagnes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
%_Codes patho	4,95	25,74	1,73	6,32	12,5	8,57	5,46	19,5

→ Selon l'indice « Codes pathologie », la qualité de l'eau est bonne en juin et décembre 2008, mauvaise en septembre 2008 et médiocre au cours des 5 dernières campagnes (mars 2009 – mars 2010).

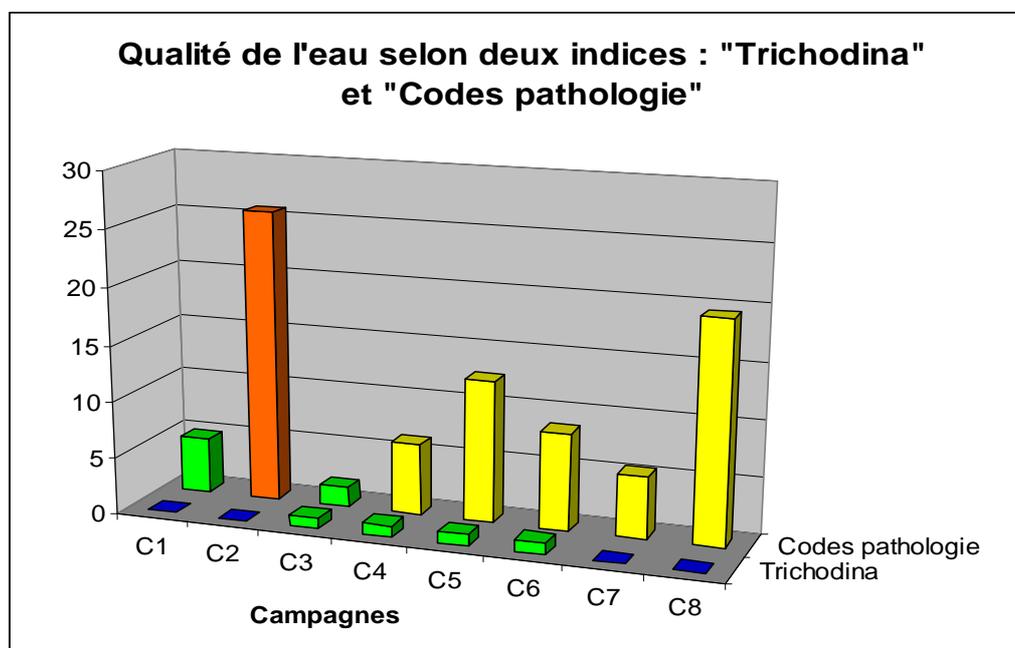


Figure 67 : Codes pathologiques et abondance des parasites selon les campagnes.



Toutefois, l'indice « *Trichodina* » ne paraît pas réellement pertinent ici pour évaluer la qualité de l'eau et des milieux car :

1. sa validation a été effectuée exclusivement en milieu dulçaquicole (GIRARD, 1997),
2. comme précisé précédemment, il est sous l'influence de plusieurs paramètres physico-chimiques qui sont susceptibles d'interférer sur l'abondance parasitaire.

En revanche, l'indice « Codes pathologie » semble nettement plus pertinent pour caractériser l'état du milieu.

Interprétation en termes de qualité des populations en place basée sur les « codes pathologie »

Elle repose sur un bioindicateur : les « Codes pathologie ». GIRARD (1998) estime que l'état de santé des populations est détérioré lorsque la prévalence (P%) des lésions externes est supérieure à 5%

De leur côté, KARR *et al.* (1986) estiment que la santé d'une communauté de poissons est bonne lorsque son taux d'anomalies externes de type DELT [Déformations, Erosion des nageoires, Lésions, Tumeurs] est inférieur à 2 %, qu'elle montre des signes de détérioration entre 2 % et 5 %, et devient mauvaise au-dessus de 5 % (**Tableau 28**).

Tableau 28 : Interprétation des valeurs de prévalence (P%) de lésions externes.

Variables	Interprétation		
	bonne	détériorée	précaire
Condition des poissons	0 - 2%	> 2 - 5%	> 5%
Prévalence des individus avec une ou plusieurs anomalies externes suivantes : D éformations, E rosions, L ésions et T umeurs			

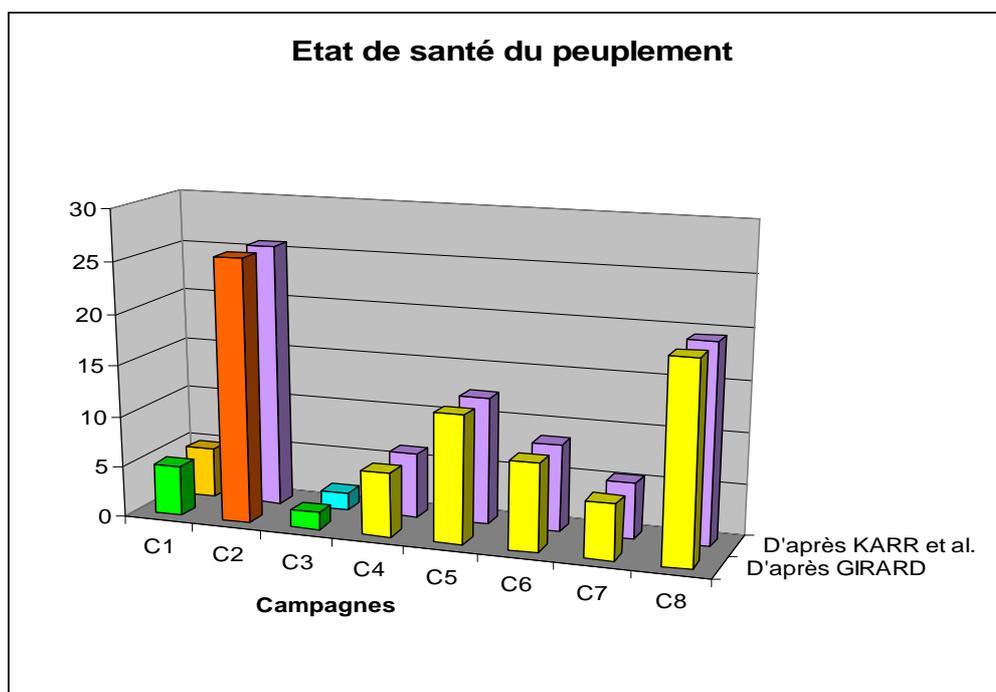


Figure 68 : Prévalence (P%) de lésions externes observées aux différentes campagnes.



Pour l'ensemble des 8 campagnes, la prévalence globale de poissons présentant des lésions externes (%_CP) est égale à **8,4 %** (151/1790).

→ Selon cet indice, l'état de santé moyen du peuplement sur l'ensemble de l'étude est médiocre (classe 2) ou précaire selon les auteurs.

Selon la grille proposée par GIRARD, par campagne, l'état de santé des populations de l'étang de Berre est bon en juin et décembre 2008, mauvais en septembre et médiocre de mars 2009 à mars 2010, alors que si l'on prend KARR comme référence, l'état de santé des populations de l'étang de Berre est bon décembre 2008, détérioré en juin 2008 et précaire au cours des six autres campagnes.

Cas particulier : état de santé de la population de gobies

Campagnes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
P%_CP des Gobies	2/130 = 1,5 %	1/24 = 4,2 %	1/138 = 0,7 %	8/185 = 4,3 %	3/130 = 2,3 %	2/131 = 1,5 %	0/66 = 0 %	2/119 = 1,7 %

Selon GIRARD, l'état de santé des populations de gobies de l'étang de Berre (toutes espèces confondues) est très bon au cours des campagnes C3 et C7, qui sont des campagnes d'automne et bon au cours des six autres campagnes ;

Selon KARR, l'état de santé des populations des populations de gobies de l'étang de Berre est bon au cours des campagnes C1, C3, C6, C7 et C8, et détérioré au cours des campagnes C2, C4 et C5.

Pour ce qui concerne les espèces de fond, l'incidence d'individus atteints par des anomalies est généralement forte. En effet, en raison, d'une part, de leur alimentation à la surface des sédiments et, d'autre part, de leur temps de contact prolongé avec ceux-ci, ils peuvent, absorber par voie transcutanée plus de contaminants que les autres poissons (Khan, 1990 ; La Violette & Richard, 1996).

Or, seulement 19 Gobies (sur 923 individus échantillonnés, soit P = 2,06 %) présentent des lésions cutanées et un très faible taux de parasitisme externe, alors que les deux espèces échantillonnées, *Pomatoschistus minutus* et *Gobius niger* sont des espèces benthiques. L'impact du milieu sur ces espèces semble donc minime, et ce, quelle que soit la saison.

Aussi, si l'on prend le gobie comme espèce de référence, on peut alors considérer la qualité globale et relative de l'eau et de l'habitat comme bonne tout au long de l'étude.

En conclusion, juin et décembre 2008 sont les périodes où la qualité de l'eau et la santé des populations semblent le moins dégradées. Selon le référentiel auquel on s'adresse, la qualité de l'eau et la santé des populations semblent varier selon les périodes. Il ne s'agit là cependant que de photographies instantanées prises sur des fractions de populations, elles-mêmes sous-échantillons d'échantillons ciblés selon le protocole DCE, qui ne rend compte que partiellement de la composition réelle du peuplement en place (espèces et classes de taille) en raison de la sélectivité des filets utilisés.

Les « codes pathologie » s'appliquent indifféremment et avec pertinence à toutes espèces de poissons et de tous milieux. Cette méthode d'estimation de l'état de santé des peuplements de poissons a été utilisée dans d'autres milieux d'interface ou lagunaires comme sur le site du They de Roustan (Girard, 2009, 2010) et dans l'étang du Pourra mettant également en évidence une variabilité interspécifique importante. Par exemple, dans l'étang du Pourra, l'état de santé des carpes a été estimé dégradé, détérioré pour les perches-soleil et bon pour les anguilles (Girard, 2010). Sur la Gironde et dans les Marais vendéens, les codes pathologie sont également intégrés aux diagnostics.



Pour l'ensemble des 8 campagnes, la prévalence globale (P%) de poissons présentant des lésions externes (P%_CP) est égale à 8,4 % (151/1790).

→selon la grille proposée par GIRARD, l'état de santé des populations de l'étang de Berre est bon en juin et décembre 2008, mauvais en septembre et médiocre au cours des 5 dernières campagnes : de mars 2009 à mars 2010 ;

→si l'on prend KARR comme référence, l'état de santé des populations de l'étang de Berre est bon en décembre 2008, détérioré en juin 2008 et précaire au cours des six autres campagnes.

L'état de santé moyen du peuplement sur l'ensemble de l'étude est donc qualifié de médiocre (classe 2) ou précaire selon les auteurs et moins bon depuis le début de l'année 2009.

Selon cet indice, la qualité de l'eau est bonne en juin et décembre 2008, mauvaise en septembre 2008 et médiocre (mars 2009 – mars 2010).



4 ELEMENTS DE COMPARAISON DES RESULTATS AVEC ETUDES ANTERIEURES SUR L'ETANG DE BERRE ET AUTRES LAGUNES MEDITERRANEENNES

Le travail réalisé pendant deux ans dans le cadre de cet inventaire du peuplement de poisson de l'étang de Berre constitue un état de référence sur le peuplement de l'étang alors que des mesures ont déjà été prises pour améliorer la qualité de son environnement. Pour émettre objectivement un avis sur l'efficacité des mesures engagées pour réguler les apports d'eau douce, il aurait fallu disposer, en toute rigueur, du même échantillonnage avant la modification de la fréquence et du volume des apports. L'échantillonnage réalisé permet néanmoins, à l'issue des deux années complètes, d'établir sur le peuplement de poisson un diagnostic et de comparer les variables diversité et abondance dans les captures aux différentes saisons pendant trois années.

4.1 Comparaison de l'inventaire 2008-2010 à celui de 2006 réalisé dans l'étang de Berre pour la DCE

A l'issue de la seconde année de suivi, les résultats des campagnes de pêche expérimentale 2008-2010 ont été comparés aux suivis réalisés au printemps et à l'automne 2006 pour le compte de la DCE. Une comparaison a également été réalisée aux données de référence pour l'étang de Berre issues de la littérature dans le but d'obtenir des éléments d'information pour la constitution de référence pour la masse d'eau.

Pour ce qui concerne la comparaison des résultats des campagnes de pêche expérimentale 2008-2010 avec ceux de la DCE 2006, des précautions sur les conditions d'utilisation des données ont été prises, à savoir :

- seules les quatre stations étudiées en 2006 ont été utilisées, les résultats obtenus aux stations 5 et 6, situées à Berre et face à la Centrale EDF, n'ont pas été pris en considération dans le pool de données 2008-2010,
- seules les saisons comparables ont été prises en compte. La campagne DCE 2006 a été réalisée au printemps entre le 8 et 12 mai, la campagne dite d'« automne » a été réalisée entre le 11 et 15 septembre. Pour les campagnes de pêche expérimentale 2008-2010, ont été retenues les campagnes de printemps 2008 et 2009, réalisées respectivement entre le 3 et 6 juin et entre le 9 et 12 juin, soit moins d'un mois d'intervalle entre les deux jeux de données et les campagnes estivales 2008 et 2009, réalisées respectivement entre le 16 au 19 septembre et entre le 15 et 18 septembre, soit moins d'une semaine d'intervalle. Les résultats des campagnes automnales et hivernales réalisées au cours des années 2008, 2009 et 2010 n'ont donc pas été utilisés pour cette partie de l'analyse.

De manière générale il apparaît que la richesse spécifique était plus importante en 2006, avec 33 espèces. Elle était seulement de 24 en 2008 et 26 en 2009 (Tableau 29). Elle atteignait 30 espèces pour les deux campagnes d'inventaire de 2008 et 2009 cumulées et était de 45 espèces pour les trois campagnes considérées. Les différences les plus notables sont principalement observées pour les campagnes d'été, où l'on comptabilise respectivement 16 et 13 espèces en 2008 et 2009, pour 21 espèces au total en 2006. De 2006 à 2009, une diminution notable du nombre d'espèce est donc enregistrée pour la période estivale. Au printemps, le nombre d'espèce apparaît plus stable (24 espèces) ; une légère baisse est toutefois constatée en 2008 (19 espèces). Le printemps 2009 est plus stable avec 23 espèces. Si l'on note une légère tendance à la diminution du nombre d'espèces entre 2006 et 2009, on constate par contre que l'abondance des espèces est en très nette augmentation,



passant de 11 571 individus en 2006 à 35 421 en 2008 et à 33 309 individus en 2009, soit un facteur d'augmentation supérieur à 2 si l'on considère le différentiel du nombre de stations étudiées entre les 2 études. Les athérines et le gobie *Pomatoschistus minutus* sont les deux espèces qui profitent au premier plan de cette augmentation.

Tableau 29. Abondance totale des espèces de poissons capturées lors des pêches DCE 2006 et des pêches expérimentales 2008-2010 dans l'étang de Berre et richesse spécifique pour chaque saison étudiée. Cellule **bleue : espèce absente en 2006 et présente en 2008 ou 2009 ; cellule **verte** : espèce présente en 2006 et présente en 2008 ou 2009 ; cellule **rouge** : espèce présente en 2006 et absente en 2008 ou 2009.**

Espèce (n=45)	DCE 2006			Pêches expérimentales						
	Printemps	Été	Total	2008		2009		Total		
				Printemps	Été	Total	Printemps	Été	Total	Total
<i>Anguilla anguilla</i>	202	282	484	7	1	8	44	19	63	71
<i>Atherina sp.</i>					22	22	29		29	51
<i>Atherina boyeri</i>	695	175	870	807	6544	7351	6772	4576	11348	18699
Gobiidae	6654	2183	8837							
<i>Pomatoschistus minutus</i>				15259	3273	18532	17257	873	18130	36662
<i>Engraulis encrasicolus</i>	12	537	549	39	73	112	73	6	79	191
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	17		17	1		1	102		102	103
<i>Gobius niger</i>	5	114	119	190	4	194	193	143	336	530
<i>Liza aurata</i>		1	1		8	8		4	4	12
<i>Mullus surmuletus</i>		1	1		14	14		37	37	51
<i>Salaria pavo</i>	84	8	92	38	7	45	54	6	60	105
<i>Sardina pilchardus</i>		245	245	1513	7	1520	46		46	1566
<i>Solea solea</i>		86	86	1	7	8	4	1	5	13
<i>Sparus aurata</i>		1	1	648	1	649	16		16	665
<i>Syngnathus abaster</i>	11	3	14	58	2	60	65	2	67	127
<i>Atherina hepsetus</i>				99	93	192	1		1	193
<i>Atherina punctata</i>					1207	1207	7	731	738	1945
<i>Solea aegyptiaca</i>							3	29	32	32
<i>Solea lascaris</i>							1		1	1
<i>Solea senegalensis</i>							2	1	3	3
<i>Belone belone</i>							1		1	1
<i>Gobius paganellus</i>				2		2				2
<i>Mugil cephalus</i>					1	1				1
<i>Pagellus erythrinus</i>							1		1	1
<i>Platichthys flesus</i>				1		1				1
<i>Alosa fallax</i>		1	1							
<i>Boops boops</i>	36	4	40	2		2	2		2	4
<i>Dicentrarchus labrax</i>	1	4	5	4		4	5		5	9
<i>Chelon labrosus</i>	8		8							
<i>Diplodus annularis</i>	13		13	1		1	1		1	2
<i>Diplodus sargus</i>	15	7	22	1		1				1
Mugilidae		36	36				1		1	1
<i>Gobius cobitis</i>	15		15							
<i>Gobius cruentatus</i>	1		1							
<i>Gobius geniporus</i>	50	3	53							
<i>Labrus merula</i>	3	1	4							
<i>Lithognathus mormyrus</i>	2		2							
<i>Liza ramada</i>		35	35							
<i>Liza saliens</i>		4	4							
<i>Oblada melanura</i>	1		1	2		2				2
<i>Parablennius sanguinolentus</i>	1		1							
<i>Pleuronectes platessa</i>	2		2							0
<i>Sarpa salpa</i>	5		5				28		28	28
<i>Spondylosoma cantharus</i>	1		1							
<i>Symphodus melops</i>	6		6							
Total	7840	3731	11571	18673	11264	29937	24708	6428	31136	61073
Richesse spécifique	24	21	33	19	16	24	24	13	26	32

D'après l'analyse de ces données, un groupe d'une quinzaine d'espèces peut être considéré comme le peuplement le plus stable de l'étang. Ces espèces sont retrouvées quasiment systématiquement sur l'ensemble des trois suivis (cellule verte), ce sont globalement les espèces les plus abondantes. Ces résultats sont en adéquation avec les travaux de Pérez-Ruzafa *et al.* (2007). Ces auteurs montrent, dans une analyse multicritères de 40 lagunes, dont 38 du pourtour méditerranéen, que plus de 70% des lagunes comportent au moins les six espèces suivantes *Anguilla anguilla*, *Atherina boyeri*, *Dicentrarchus labrax*, *Liza ramada*, *Mugil cephalus* et *Sparus aurata*. Un groupe de 5 espèces a été distingué (groupe d'espèces dont le texte est en bleu), il rassemble uniquement des espèces qui n'ont pas été observées en 2006, il s'agit d'espèces de soles et d'athérines (cellule bleue).



La détermination de ces espèces n'est pas aisée, demandant un travail approfondi, qui a été réalisé, pour les campagnes 2008 et 2009, à l'aide d'experts (athérines : J.P. Quignard, soles : F. Morat/M. Harmelin-Vivien. Dans le cadre de la DCE 2006, Lepage *et al.* (2008) mentionnent que certains individus, notamment de petites tailles, n'ont pas pu être identifiés jusqu'à l'espèce et ont été regroupés sous l'appellation du taxon supérieur. En tout état de cause, il est difficile de statuer sur l'absence de ces espèces en 2006. Elles étaient soit réellement absentes, soit n'ont pas pu être identifiées, confondues avec d'autres espèces assez semblables. Un second groupe de cinq espèces présente également des espèces uniquement rencontrées en 2008 et 2009, ces espèces ne posent pas de difficultés d'identification (cellule bleue). Ces espèces à affinité essentiellement marine sont rencontrées avec de très faibles abondances. Enfin, un dernier groupe de 25 espèces présentes en 2006 (cellule rouge), se distingue par leur disparition ou leur rareté lors des suivis 2008 et 2009. Pourtant certaines de ces espèces, comme la bogue *Boops boops*, le gobi *Gobius geniporus* ou le muge *Liza ramada*, ne peuvent pas être considérées comme extrêmement rares en 2006.

Cette simple comparaison des listes d'espèces de l'étude DCE 2006 et de la présente étude, même si elle reste critiquable, a l'avantage de reposer sur les bases d'un échantillonnage identique et standardisé. Un échantillonnage non homogène et non standardisé donnerait des résultats très différents. Pour illustrer cela, les résultats de 2006 ont été comparés avec ceux de 2008-2010 avec 4 stations et 2 saisons, comme décrit précédemment, mais également en considérant 4 stations et 4 saisons, 6 stations et 4 saisons, 6 stations + filets pêcheurs et 4 saisons (Tableau 30). De manière générale la diversité spécifique augmente avec l'intensité d'échantillonnage. Avec 8 campagnes réparties sur 2 années et les quatre saisons, nous considérons avoir rencontré une grande majorité des espèces présentes dans l'étang et disposer d'un échantillonnage représentatif. La diversité spécifique était au minimum de 32 si l'on considère uniquement 4 stations et 2 saisons, elle atteint au maximum 55 si l'on considère l'intensité d'échantillonnage maximale, à savoir 4 saisons, 4 stations, filets type DCE et filets pêcheurs, étude DCE 2006 et présente étude. **Cette valeur serait supérieure à celles observées pour les 40 lagunes Méditerranéennes étudiées par Pérez-Ruzafa *et al.***, qui détermine une variation de la richesse spécifique des poissons comprise entre 6 et 48.

Tableau 30. Diversité spécifique de la faune ichthyologique de l'étang de Berre selon l'intensité d'échantillonnage (nombre de réplicats, moyen de collecte) mis en œuvre dans le cadre des pêches expérimentales DCE 2006 et lors de la présente étude. Les filets pêcheurs ont été calés les mêmes jours que les filets de type DCE.

Année	Type filets	Nombre station	Nombre saison	Nombre espèce
2006	DCE	4	2	33
2008-2010	DCE	4	2	30
2008-2010	DCE	4	4	35
2008-2010	DCE	6	4	38
2008-2010	DCE + pêcheurs	6+1	4	46
2006 et 2008-2010	DCE + pêcheurs	6+1	4	55

Cet exercice de comparaison a permis de mettre en évidence que de nombreuses espèces de poissons inventoriées en 2006 n'ont pas été retrouvées en 2008 et inversement. Ces différences peuvent s'expliquer soit par de possibles erreurs de détermination soit par la "rareté" de certaines espèces rendant leur capture assez aléatoire et difficile. De 2006 à 2009, on constate finalement que seul un nombre très limité d'espèces constitue le peuplement « stable » de l'étang de Berre. En 2009, le peuplement apparaît finalement moins diversifié qu'en 2006 et d'autre part il présente une plus forte abondance au profit seulement de deux espèces : *Atherina boyeri* et *Pomatoschistus minutus*. Dans leur analyse multicritère de 40 lagunes Méditerranéennes, Pérez-Ruzafa *et al.* (2007), démontrent que la concentration en chlorophylle a est positivement corrélée aux captures par unité d'effort et



négativement corrélée à la richesse spécifique, ce qui suggère que l'augmentation de production primaire serait favorable à l'abondance de quelques espèces au profit d'une richesse spécifique croissante. Il conviendrait de pouvoir vérifier si ces résultats peuvent s'appliquer à Berre sur nos jeux de données, en prenant notamment en compte les différentes stations étudiées. La forte proportion de poissons planctonophages mise en évidence par l'analyse fonctionnelle donne également du poids à cette hypothèse.

Ce peuplement, dont le bilan apparaissait plus favorable en 2006 qu'en 2009, pourrait avoir été durablement affecté par la crise anoxique estivale aigüe, qui a touché l'ensemble de l'étang de Berre cette année là. Les peuplements de moules avaient alors péri dans la plus grande partie de l'étang (Bonhomme *et al.*, 2007), ainsi que les poissons peu mobiles (petites espèces benthiques en particulier) et crustacés qui se sont retrouvés piégés suite à ce phénomène, qui s'est répandu très rapidement (environ 7 jours) à l'ensemble de l'étang, depuis les couches les plus profondes jusqu'aux couches les plus superficielles (0.5 m). Les espèces benthiques, limitées dans leur déplacement, apparaissaient alors comme les plus touchées, ce n'est pas le cas des démersaux ou des pélagiques. En outre, cette année ayant été sèche une augmentation de la salinité peut avoir compliqué encore le processus et affecté davantage certaines espèces. En ce qui concerne les moules, le suivi des moulières a montré en 2009, que le peuplement n'avait pas encore retrouvé le niveau d'extension et de maturité qu'il avait lors du suivi 2006. Suite à cette crise, non seulement de nombreuses espèces se sont retrouvées impactées, voire ont disparu, mais c'est, en fait, l'ensemble de l'écosystème et de ses équilibres qui ont été affectés. Les travaux entrepris durant le suivi ne permettent pas d'évaluer la capacité du milieu et des espèces à récupérer, ni les échelles de temps et d'espace.

Un premier travail cherchant à dresser une liste des espèces présentes dans l'étang de Berre a été réalisé par Lepage *et al.*, 2007. Ce travail a été complété avec les données obtenues lors de la présente étude et est présenté dans le Tableau 31.

L'inventaire réalisé par Petit et Schachter (1955) mentionne 34 espèces en indiquant que la liste est certainement destinée à s'allonger de quelques espèces. Celle de Gourret (1907) comporte 38 espèces et 12 espèces considérées comme exceptionnelles ou rares, alors que son premier inventaire publié en 1896 atteint 60 espèces en englobant les espèces rares et un certain nombre d'espèces d'eau douce qui ne font plus partie de la faune de l'étang de Berre (Petit et Schachter, 1955).



Tableau 31. Inventaires ichthyologiques recensés dans la littérature (complété d'après Lepage *et al.*, 2008) (1) Petit 1955, (2) Gourret 1907, (3) Lepage *et al.*, 2008 – DCE 2006, (4) Présente étude. P : Présent, R: rare, E : Exceptionnel. * : 33 taxons en comptant les Mugilidés et les Gobiidés. ** : 46 taxons en comptant *Atherina sp.*, les Gobiidés et les Mugilidés.

Espèces	1	2	3	4
<i>Alosa alosa</i>		R		
<i>Alosa fallax</i>			P	
<i>Anguilla anguilla</i>	P	P	P	P
<i>Atherina cephalus</i>	(?)	1	P	
<i>Atherina boyeri</i>		P	P	P
<i>Atherina hepsetus</i>		P		P
<i>Atherina punctata</i>				P
<i>Belone belone</i>				P
<i>Boops boops</i>		R	P	P
<i>Bothus podas</i>		E		
<i>Callionymus risso</i>	P			
<i>Chelidonichthys lucernus</i>	P	R		
<i>Chelon labrosus</i>	P	P	P	P
<i>Conger conger</i>		E		
<i>Crenilabrus massa</i>		P		
<i>Dentex dentex</i>		R		
<i>Dicentrarchus labrax</i>	P	P	P	P
<i>Dicologlossa cuneata</i>				P
<i>Diplodus annularis</i>		R	P	P
<i>Diplodus sargus</i>	P	R	P	P
<i>Diplodus vulgaris</i>				P
<i>Engraulis encrasicolus</i>	P	P	P	P
<i>Gasterosteus aculeatus</i>			P	P
<i>Gobius cobitis</i>			P	P
<i>Gobius cruentatus</i>			P	
<i>Gobius fagei</i> ²	P			
<i>Gobius geniporus</i>			P	
<i>Gobius paganellus</i>				P
<i>Gobius niger</i>	P	P	P	P
<i>Gobius vittatus</i>	P			
<i>Hippocampus guttulatus</i>	P	P		
<i>Labrus merula</i>		P	P	
<i>Lithognathus mormyrus</i>			P	
<i>Liza aurata</i>	P	P	P	P
<i>Liza ramada</i>	P	P	P	P
<i>Liza saliens</i>			P	P
<i>Meletta phalerica</i> ³		P		
<i>Mugil cephalus</i>	P	P		P
<i>Mullus barbatus</i>		P		
<i>Mullus surmuletus</i>	P	R	P	P
<i>Nerophis ophidion</i>		R		
<i>Oblada melanura</i>			P	R

P : Présent, R: rare, E : Exceptionnel

* : 33 taxons en comptant les Mugilidés et les Gobiidés

** : 46 taxons en comptant *Atherina sp.*, les Gobiidés et les Mugilidés



Espèces	1	2	3	4
<i>Pagellus erythrinus</i>				R
<i>Pagellus bogaraveo</i>	P	E		
<i>Parablennius sanguinolentus</i>			P	
<i>Perca fluviatilis</i>				R
<i>Platichthys flesus</i>		P		P
<i>Pleuronectes platessa</i>			P	
<i>Pomatoschistus canestrinii</i>	P			
<i>Pomatoschistus microps</i>	P			
<i>Pomatoschistus minutus</i>		P		P
<i>Pomatoschistus pictus</i>	P			
<i>Ramphistoma belone</i>	P			
<i>Salaria pavo</i>	P	P	P	P
<i>Sardina pilchardus</i>	P	P	P	P
<i>Sardinella aurita</i>				P
<i>Sarpa salpa</i>	P	R	P	P
<i>Scophthalmus rhombus</i>		E		
<i>Scomber scomber</i>	P	R		
<i>Scorpaena porcus</i>		E		
<i>Serranus cabrilla</i>	P			
<i>Serranus hepatus</i>		P		
<i>Solea aegyptiaca</i>				P
<i>Solea lascaris</i>				P
<i>Solea senegalensis</i>				P
<i>Solea solea</i>	P	P	P	P
<i>Sparus aurata</i>	P	P	P	P
<i>Sparus melanurus</i>		E		
<i>Sparus erythrinus1</i>		E		
<i>Spicara smaris</i>		R		R
<i>Spondylosoma cantharus</i>			P	
<i>Sprattus sprattus</i>	P			
<i>Symphodus cinereus</i>	P			R
<i>Symphodus melops</i>			P	
<i>Symphodus ocellatus</i>		P		
<i>Symphodus tinca</i>		P		
<i>Syngnathus abaster</i>	P	P	P	P
<i>Syngnathus acus</i>	P			P
<i>Syngnathus typhle</i>	P	P		
<i>Trachinotus ovatus</i>				R
<i>Trachurus trachurus</i>		E		R
<i>Trisopterus luscus</i>				
<i>Trisopterus minutus</i>		E		
<i>Zosterisessor ophiocephalus</i>		P		
Richesse spécifique totale	33	47	31*	46**
Taxons exceptionnels	9			
Taxons rares	11			7



4.2 Comparaison de l'inventaire 2008-2010 à d'autres résultats obtenus dans le cadre de la DCE dans d'autres lagunes

Letourneur et al. (2001) font état de 47 espèces dans les pêches expérimentales qu'ils ont réalisées au chalut sur les fonds meubles du golfe de Fos entre 1983 et 1985, donc la portion de littoral la plus proche de l'étang de Berre. Comme dans la présente étude, ils observent une dominance marquée des Gobiidés et leur proportion importante pendant l'hiver, par rapport aux autres espèces. Ces auteurs relient les diminutions de densité, de biomasse et de richesse spécifique au cours de la période d'étude à la diminution des invertébrés benthiques due à la diminution de 28% du débit du Rhône. Leurs espèces comme les nôtres se nourrissent principalement d'invertébrés benthiques. Comme dans notre échantillonnage, densité et biomasse augmentent dans leur étude pendant la saison estivale.

Sur l'ensemble des 12 lagunes étudiées dans le cadre de la DCE, il apparaît que l'effort d'échantillonnage n'est pas le même, il est, en fait, dans la plupart des cas, dépendant de la taille de la lagune échantillonnée. Les comparaisons sont réalisées uniquement sur la richesse spécifique et pas sur l'abondance totale ou les captures par unité d'effort (CPUE) par lagune ; ces données n'étant pas disponibles pour l'ensemble des lagunes. En 2006, l'étang de Berre apparaissait comme le plus riche en termes de diversité spécifique même si certaines lagunes comme celles de Thau ou de Bages-Sigean affichaient une diversité comparable (30 espèces de poissons en 2006). En 2008 et 2009, l'étang de Berre avec respectivement 24 et 26 espèces présente des valeurs intermédiaires, entre celles de l'étang de l'Or et de Salses-Leucate (Tableau 32). Sa diversité a diminué par rapport à 2006.

Tableau 32. Richesse spécifique du peuplement de poisson dans les 12 lagunes étudiées par pêche expérimental dans le cadre de la DCE 2006 et de la présente étude (Berre 2005 et 2009) et nombre d'engins utilisés par lagune.

Lagunes	Année	Nb engins/saisons	Richesse spécifique		
			Printemps	Eté	Total
Etang de Biguglia	2006	2	9	8	11
Etang de Grand Bagnas	2006	4	12	12	15
Etang de La Palme	2006	4	14	12	16
Etang de Méjean	2006	2	14	11	18
Etangs de Charnier et Scamandre en Carmargue Gardoise	2006	1 (3 nasses)	18	15	19
Etang de l'Or	2006	2	17	16	24
Etang de Berre	2008	6	19	16	24
Complexe Vaccarès	2006	2	18	16	24
Etang de Berre	2009	6	24	13	26
Etang de Salses-Leucate	2006	4/8	16	20	27
Etang de Prévost	2006	2	16	20	27
Etang de Thau	2006	4/8	20	21	30
Etang de Bages-Sigean	2006	4	18	26	30



Etang de Berre	2006	4	24	21	33
-----------------------	-------------	----------	-----------	-----------	-----------

En ce qui concerne l'indicateur poisson pour les masses d'eau de transition, étant donné qu'il est en cours de consolidation au CEMAGREF, il ne nous a pas semblé pertinent de présenter les résultats provisoires du classement des différentes lagunes étudiées par la DCE, qui sont susceptibles d'évoluer jusqu'à ce qu'une version validée de l'indice soit proposée. Un travail de présélection de trois métriques a été effectué et montre des réponses statistiquement significatives vis-à-vis des différents niveaux de pression observés sur les masses d'eau. Il s'agit de la densité des migrateurs amphihalins, de la densité d'espèces benthiques et de la densité d'espèces zooplanctonophages.

5 FICHES DE SYNTHÈSE POUR LES PRINCIPALES ESPECES RENCONTREES DANS L'ETANG DE BERRE

Les fiches de synthèse proposées dans le projet pour les principales espèces rencontrées sont destinées à rappeler les données biologiques et écologiques de l'espèce d'une part et à mettre en évidence les principaux traits écologiques de l'espèce, sa répartition et son occurrence dans l'étang.

Ces fiches de synthèse sont illustrées par une photo de l'espèce et par une carte de répartition biogéographique autour de la Méditerranée basée sur les occurrences (Annexe 5). Au verso des fiches des informations sont rassemblées, concernant uniquement l'étang de Berre : noms vernaculaires locaux, modes de pêche, ainsi qu'une carte d'abondance dans les captures du suivi 2008-2010 de l'étang de Berre. L'ensemble des fiches proposées ici peuvent être utilisées par le GIPREB dans un document annexe qui pourra servir à une communication sur les mesures de suivis mises en œuvre et une sensibilisation sur la faune ichthyologique de l'étang de Berre, de manière plus générale.



6 CONCLUSIONS

6.1 Conclusions générales sur le déroulement de l'étude

A l'issue de ce suivi, nous pouvons dresser un bilan positif du déroulement des campagnes d'échantillonnage. Le matériel de pêche s'est avéré adapté et résistant, malgré les conditions parfois difficiles qui ont été rencontrées (mais qui sont fréquemment celles du delta du Rhône). Aucune perte n'est à déplorer et les filets pourront même resservir à de nouvelles pêches expérimentales.

L'échantillonnage a bénéficié de l'expérience des pêcheurs professionnels et de la maniabilité de leurs embarcations. Les pêches se sont déroulées dans de bonnes conditions, malgré le vent rencontré à certaines campagnes. Les pêcheurs se sont intéressés au travail effectué, malgré une perception parfois divergente des choses, notamment en termes de matériel ou de protocole. Leur proposition de mise à dispositions de certains de leurs filets sur la durée d'une campagne en témoigne et nous a permis d'avoir un point de comparaison avec nos filets et d'enrichir nos résultats de données complémentaires avec des captures d'autres espèces et d'adultes d'espèces dont nous n'avions que les juvéniles dans nos filets.

Le protocole standardisé utilisé est reproductible et éprouvé.

L'utilisation du N.O. AntedonII comme plate-forme de travail et de support des viviers s'est avérée très confortable et efficace pendant l'hiver et en conditions de mauvais temps, mais aussi l'été lorsqu'il faisait très chaud et qu'il était indispensable de pouvoir disposer d'une alimentation en eau de mer en continu pour maintenir les poissons vivants. Les dispositifs et l'organisation mis en place à bord de l'Antedon II se sont avérés efficaces et opérationnels, ils apportent un réel bénéfice par rapport à un travail à terre sans local équipé, comme c'était le cas en 2006, lors des campagnes DCE. L'équipage a activement coopéré à la réussite des campagnes. Les scientifiques ont pu se succéder à bord, le vétérinaire travailler dans de bonnes conditions à quai pour des examens microscopiques et chacun apporter ses compétences. On notera d'ailleurs que malgré les conditions météorologiques parfois défavorables (vent fort et mer formée), aucune campagne n'a été reportée et seulement 3 journées ont été annulées pour l'ensemble du suivi (septembre et décembre 2008, décembre 2009). La coopération, les compétences et le travail de tous, ainsi que les facilités accordées par les marins pompiers de Port de Bouc et l'équipe du GIPREB, ont largement contribué à la réussite de ce suivi, ce dont ils sont, ici, chaleureusement remerciés.

Les résultats obtenus au niveau des inventaires indiquent une efficacité plutôt bonne des filets en diversité spécifique. L'emploi des filets des pêcheurs sur des stations voisines nous montre cependant que certaines espèces ne sont pas échantillonnées dans ces filets postés en zone superficielle, en particulier les adultes d'espèces démersales et pélagiques bonnes nageuses, d'autres espèces de petite taille vivant dans des zones moins superficielles. Des compléments utiles d'information pourraient ainsi être apportés, pour optimiser l'objectif d'inventaire en optimisant certains aspects :

- en complétant l'échantillonnage avec d'autres types d'engins de pêche puisque les captures obtenues avec les filets de pêcheurs nous ont révélé des espèces non vues dans les filets DCE ; Patrice Francour pense aussi que la méthode d'échantillonnage utilisée « ne permet pas de dresser un inventaire complet des espèces de petite taille vivant sur le fond comme les Gobiidés ou les Blenniidés ».
- en échantillonnant la partie centrale profonde de l'étang.



6.2 Conclusions sur l'ichtyofaune de l'étang de Berre

L'analyse descriptive de la richesse, des abondances et des biomasses dans les captures

La première phase de cet inventaire a permis de recenser un nombre assez élevé d'espèces de poissons (35 au total dont certaines seulement 1 à 2 fois) et un nombre nettement moins important de crustacés décapodes (6 espèces), mais largement représentés au fil des campagnes et à toutes les stations. Ces résultats sont assez proches de ceux obtenus lors des inventaires DCE de 2006 qui avaient permis de recenser 33 espèces de poissons et 5 espèces de crustacés. La deuxième année d'échantillonnage a permis d'atteindre 46 espèces de poissons et 8 crustacés dans l'échantillonnage, ce qui montre bien l'utilité de suivis continus sur plus d'une année.

Ce suivi de 2 ans a permis de constater des fluctuations saisonnières au niveau des peuplements (nature, composition, et abondance), fluctuations cohérentes avec ce qui était attendu au regard des connaissances sur le fonctionnement des lagunes méditerranéennes. Des variations importantes peuvent se produire d'un jour à l'autre. L'analyse de la diversité, des abondances et des biomasses des différentes espèces selon les stations a permis de mettre en évidence une différence entre les stations situées dans le bassin nord (1, 2, 6) et celles du bassin sud de l'étang (3, 4, 5), une forte influence marine à la station 3 de Martigues et une station pauvre spécifiquement, dans la zone opposée, et probablement d'avantage confinée du nord de l'étang, la station 1 de la Poudrerie. Les captures de la phase 2 se sont avérées plus riches en espèces, en abondance et en biomasse. Outre les poissons, qui faisaient l'objet de cette étude, les pêches expérimentales ont apporté des crustacés crevettes et crabes en abondance. La proportion de crevettes des 3 espèces rencontrées se révèle être, d'après les résultats, un assez bon bioindicateur de la salinité du milieu en un site donné.

L'analyse fonctionnelle globale toutes campagnes confondues

L'étude du peuplement par les guildes fonctionnelles a permis de vérifier les variations saisonnières observées dans les lagunes méditerranéennes.

L'analyse fonctionnelle globale (toutes campagnes confondues) n'a pas mis en évidence de différences fortes dans la composition des guildes entre les stations échantillonnées, mais elle fait tout de même apparaître quelques traits particuliers aux stations 1, 3 et 6.

L'analyse comparée des campagnes des deux années réalisées à la même saison, a permis de mieux mettre en évidence les différences entre stations et l'arrivée et le départ de certaines espèces en raison de migrations de reproduction ou trophiques. Au printemps (juin) :

- la station 1 est généralement différente de toutes les autres stations ;
- la station 2 a un peuplement très variable parfois assez similaire à celui de la station 1 (juin 2008) ou parfois proche de celui de la station 3 (juin 2009) ;
- la station 3 est généralement différente de toutes les autres stations avec des fluctuations interannuelles fortes ;
- les stations 4 et 5 ont des peuplements similaires avec des différences parfois notables liées aux fluctuations interannuelles du peuplement de la station 5, ce qui n'est pas le cas de la station 4 ;
- la station 6 affiche un peuplement globalement différent de l'ensemble des autres peuplements avec là encore des fluctuations interannuelles non négligeables.

A certaines stations, des fluctuations interannuelles très importantes ont été constatées à cette saison et l'été, parfois supérieures aux différences notées entre les stations.



En conclusion, les différences entre les stations évoluent au gré des saisons et les regroupements entre certaines stations effectués pour une saison ne sont pas toujours valables pour les autres saisons. De façon très globale, la station 3, située à proximité du canal de Caronte (influence marine) se distingue assez fréquemment du reste des stations du point de vue des guildes écologiques recensées. Il se dégage également une spécificité des stations 1 (pointe nord de l'étang) et 6 (St Chamas - proximité immédiate de l'exutoire de l'usine hydroélectrique et sous l'influence moins marquée de la Touloubre) par rapport aux autres stations. Cette spécificité de la station 6 traduit très probablement l'influence des écoulements de la Durance au niveau de la station hydroélectrique.

L'analyse fonctionnelle par saison

L'étude de la diversité fonctionnelle par saison à l'échelle de l'étang de Berre permet de constater que celui-ci est un milieu en communication avec la mer avec des mouvements saisonniers d'entrée et de sortie de l'étang d'espèces marines, non négligeables en nombre d'espèces comme en biomasse de poissons. Il apparaît également que la démographie des espèces résidentes joue un rôle important en termes de biomasse puisque cette catégorie passe d'environ 5 kg capturés durant la campagne de mars 2009 à plus de 40 kg pêchés en juin 2009. Cependant, cette vision d'ensemble de l'étang masque des disparités entre les différentes stations échantillonnées, ce qui rend nécessaire leur étude particulière.

Ces échanges entre la mer et l'étang sont provoqués par des migrations de reproduction comme pour l'anchois, qui vient pondre des œufs dans l'étang ou par des migrations trophiques des stades juvéniles, qui viennent y trouver des conditions favorables à leur grossissement avant de retourner en mer à l'âge adulte (loup, muges, sardine). Ces migrations inscrites dans les traits de vie des espèces sont influencées en outre par les conditions physico-chimiques (température, salinité, crise anoxique), comme par l'abondance de nourriture planctonique, qui expliquent les décalages temporels des pics d'abondance d'une année sur l'autre. Les stations réparties *a priori* sur le pourtour de l'étang sont bien différenciées par certaines caractéristiques de leur peuplement :

- ✓ la station 1 est dominée par les gobies avec des biomasses totales modestes ;
- ✓ la station 2 est plus diversifiée avec une présence plus marquée des espèces marines et un équilibre entre les gobies et les athérines ;
- ✓ la station 3 est celle qui présente le maximum de diversité et celle pour laquelle le maximum de biomasse a été pêchée avec une influence forte des mouvements d'entrée et de sortie des espèces marines qui constituent une part importante de la biomasse pêchée ;
- ✓ la station 4, comme la station 1, malgré sa proximité du canal de Caronte est nettement dominée par les espèces résidentes, notamment les gobies pour ce qui est des biomasses ;
- ✓ la station 5 est atypique en raison d'un pic de biomasse situé en décembre. Pour le reste, le peuplement observé est largement dominé par les gobies même si la présence des espèces marines est bien perceptible ;
- ✓ la station 6 est la seconde station la plus riche en diversité et en biomasse après la station 3. Cependant, son peuplement est radicalement différent car malgré cette diversité et la présence d'espèces marines, ce sont les gobies qui dominent très nettement en biomasse.

L'analyse par groupes fonctionnels montre que certaines stations présentent des similarités de peuplement et qu'entre les conditions marines et l'eau douce, un gradient de conditions intermédiaires est offert à l'ensemble des espèces. L'influence marine marquée à la station 3, la plus proche du canal de Caronte se ressent également au niveau de la station 2 (Ranquet) et beaucoup moins à la station 4. Les espèces marines sont recensées dans la plupart des autres stations mais de façon nettement moins importante, surtout en termes de biomasse. La présence d'une espèce d'eau douce au sein du peuplement de la station 6, bien qu'anecdotique, est significative de conditions de salinité particulièrement faibles.



La présence de nombreux juvéniles d'espèces démersales marines, durant la belle saison (printemps-été), équilibre le peuplement fortement dominé par les petits benthiques Gobiidés et Blennidés dont la densité et la biomasse restent importantes durant l'hiver. Parmi l'ensemble des espèces collectées lors du suivi, certaines comme les gobies et les athérines sont présentes en effectifs très importants à presque toutes les stations et les saisons. Ces espèces résidentes, en majorité carnivores invertivores, représentent donc une part importante de la biomasse et servent de base à l'alimentation d'autres espèces comme c'est le cas pour les gobies de petite taille (poisson fourrage). Avec près de 70% de poissons planctonophages ou consommateurs d'invertébrés benthiques ou omnivores le peuplement ichtyologique de l'étang est dominé par les espèces carnivores avec des interactions trophiques 'simples' de type microphytobenthos ou plancton, -> petits invertébrés -> petits carnivores (Gobiidés, poissons plats), mais les grands ichtyophages habituellement rencontrés sur le littoral y sont très peu représentés dans nos captures. Cette limitation est due à la sélectivité des engins utilisés, le loup, par exemple, est bien présent saisonnièrement dans l'étang, il fait l'objet de captures croissantes dans les filets des pêcheurs professionnels depuis deux ans (Bonhomme et Ruchon, 2010) Ce schéma est assez proche de celui décrit par Letourneur et al. (2001) sur les fonds meubles voisins du golfe de Fos.

La lecture des indices de diversité au sein des guildes

L'utilisation d'indices de diversité nous a paru intéressante pour compléter l'analyse du peuplement des différentes stations et campagnes. Leur emploi apporte plusieurs enseignements, en particulier en utilisant les guildes trophiques :

- ✓ la diversité au sein de la guildes trophique est sensiblement plus faible pour les stations 1 et 5 comparativement aux autres stations étudiées ;
- ✓ les déséquilibres au sein de la guildes trophique sont sensiblement plus marqués pour les stations 1, 5 et 6 comparativement aux autres stations étudiées ;
- ✓ la station 6 est celle pour laquelle la diversité est la plus basse et les déséquilibres les plus importants sur l'ensemble de l'étude, pour ce qui est de la guildes trophique;
- ✓ la station 2 est celle qui présente la diversité la plus importante au sein de la guildes trophique avec les déséquilibres les plus faibles ;
- ✓ la diversité au sein de la guildes de répartition dans la masse d'eau est sensiblement plus faible pour les stations 1, 5 et 6 comparativement aux autres stations étudiées ;
- ✓ les déséquilibres au sein de la guildes de répartition dans la masse d'eau sont sensiblement plus marqués pour les stations 1, 5 et 6 comparativement aux autres stations étudiées ;

Les variations saisonnières observées dans l'évolution de la diversité et des équilibres entre les groupes au sein des guildes rendent compte des entrées et sorties d'espèces marines ainsi que de la démographie et de la mortalité des espèces résidentes.

Le fait que les stations 1, 5 et 6 présentent de façon sensible, sur l'ensemble de la durée de l'étude, des diversités plus faibles et des déséquilibres plus importants pour la guildes trophique (station 6 surtout) et la guildes de répartition dans la masse d'eau, indique qu'il existe au niveau de ces stations des perturbations du milieu dues à de fortes variations des conditions abiotiques. Ces perturbations, même discrètes, en étant répétées dans le temps semblent à même de générer des modifications de la chaîne trophique par le biais du compartiment macro-invertébré et planctonique. Si les apports d'eau douce sont réguliers un certain équilibre peut finir par apparaître comme à la station 6, qui peut présenter un peuplement relativement diversifié par la présence d'espèces rares dans les autres sites de l'étang comme les espèces d'eau douce. En raison de l'observation de ces déséquilibres de composition spécifique et de cette diversité plus basse sur l'ensemble de la durée de l'étude, nous estimons que les perturbations responsables de cet état sont fréquentes, voire permanentes ou quasi-permanentes et que leur ampleur est suffisante pour être détectée au niveau de la communauté ichtyologique. L'analyse proposée à l'aide des indices de diversité, permet en l'absence d'indicateur de la qualité du milieu de formuler un premier diagnostic reposant sur la qualité des peuplements. Connaissant la biologie et l'écologie des espèces et en analysant la composition des assemblages les traits de vie apportent déjà des réponses quant aux caractéristiques dominantes de l'environnement des sites ou aux conditions abiotiques lors des différentes campagnes.



L'étude sanitaire

Les résultats obtenus dans les différents volets de l'étude sanitaire à partir de l'échantillonnage d'une journée à chaque campagne, indiquent un état global médiocre de l'ichtyofaune, certains indices de dégradation du milieu ayant des incidences sur la santé des poissons. Cependant, sans analyses bactériologiques complémentaires sur des échantillons représentatifs de poissons, il est extrêmement difficile de proposer une explication objective sur l'origine du syndrome érosif (et nécrotique) observé. L'expertise vétérinaire permet cependant de supposer une cause bactérienne corrélée avec une altération physique (température) ou chimique (à préciser) de la qualité du milieu.

Le microparasitisme cutané est particulièrement frustrant. Il se résume à deux groupes de parasites observés uniquement lors des campagnes C3 à C8 : deux protozoaires ciliés, *Trichodinella* sp. et *Trichodina* sp., et un monogène, *Gyrodactylus*^{NB} sp. Par ailleurs, l'abondance parasitaire globale est faible.

Le parasitisme interne est quasiment nul et se résume à la présence d'un monogène, *Pseudodactylogyrus* sp., observé sur la branchie d'une anguille. On remarque une absence totale de parasites gastro-intestinaux et du nématode *Anguillicola crassus* chez les anguilles ainsi que l'absence de lésions internes et branchiales.

Selon les indices utilisés pour l'expertise sanitaire (déjà utilisés dans d'autres milieux lagunaires), l'état de santé moyen des poissons examinés pendant le suivi est médiocre (classe 2) ou précaire selon les auteurs. En revanche, si l'on prend le *Gobie* comme espèce de référence, on peut alors considérer la qualité globale et relative de l'eau et de l'habitat comme bonne tout au long de l'étude. Cette variabilité des résultats selon les espèces a déjà été constatée dans d'autres travaux utilisant les mêmes indices.

Il ne s'agit là cependant que de photographies instantanées prises sur des fractions de populations.

Selon l'indice « *Trichodina* », l'état de santé des poissons examinés témoigne d'une qualité du milieu excellente au cours des campagnes C1, C2, C7 et C8, et bonne au cours des campagnes C3 à C6 et, selon l'indice « Codes pathologie », la qualité du milieu est bonne en juin et décembre 2008 (C1 et C3), mauvaise en septembre 2008 (C2) et médiocre au cours des campagnes C4 à C8 (mars 2009 à mars 2010).

Des 4 paramètres physico-chimiques mesurés, la température est celui qui exerce l'influence la plus significative sur la santé et l'intégrité physique des poissons, soit par action directe, soit en favorisant le développement de bactéries pathogènes. La salinité et, à un degré moindre, la conductivité jouent probablement un rôle, mais mineur. En revanche, la corrélation « oxygène-lésions externes » n'a pas paru évidente.

En ce qui concerne les parasites des 4 paramètres physico-chimiques mesurés, la salinité est celui qui semble exercer, l'influence la plus significative sur la présence et l'abondance des microparasites cutanés des poissons. Le facteur température, considéré intrinsèquement, interfère également sur les niveaux de parasitisme en accélérant le métabolisme des parasites et des hôtes. La conductivité joue peut-être un rôle, mais mineur. Les conditions d'oxygénation du milieu n'exercent aucune influence sur le parasitisme.

Ce travail indique également une saisonnalité de la prévalence de certaines pathologies probablement liée à l'augmentation estivale de la température (et à la diminution d'oxygène concomitante), qu'il serait intéressant de valider la seconde année.



La comparaison des données avec antériorité et autres données

La comparaison des données de ce suivi avec celles du suivi DCE de 2006, montre une diversité spécifique plus importante mais des abondances plus faibles en 2006 qu'en 2009. L'étang pourrait avoir été durablement affecté suite à la crise anoxique très aigüe qui l'a touché en 2006. Les peuplements de moules avaient alors péri sur la plus grande partie de l'étang (Bonhomme *et al.*, 2007), ainsi que les poissons et crustacés qui se sont retrouvés piégés, suite à ce phénomène qui s'est répandu très rapidement (environ 7 jours) à l'ensemble de l'étang, depuis les couches les plus profondes jusqu'aux couches les plus superficielles (0.5 m). Les espèces benthiques, limitées dans leur déplacement, apparaissaient alors comme les plus touchées. En ce qui concerne les moules, le suivi des moulières a montré en 2009, que le peuplement n'avait pas encore retrouvé le niveau d'extension et de maturité qu'il avait lors du suivi 2006. Suite à cette crise, non seulement de nombreuses espèces se sont retrouvées impactées, voire ont disparu, mais c'est en fait, l'ensemble de l'écosystème et de ses équilibres qui ont été affectés. La capacité du milieu et des espèces à récupérer dans le temps et l'espace est donc posée dans cet étang. La réponse en ce qui concerne le compartiment poisson, pourtant plus mobile que celui des invertébrés benthiques dont on a vu l'état des peuplements, semble également aller dans le sens d'une certaine durée de récupération et qui va au-delà des 3-4 années après la crise observée, d'après les résultats et malgré les efforts de lissage des apports en eau douce. Toutefois, les indicateurs que constituent la diversité spécifique, l'abondance et la biomasse présentent des valeurs plus élevées en 2009 par rapport à 2008, ce qui peut être l'amorce d'une amélioration de la qualité du peuplement.

En 2006, l'étang de Berre apparaissait comme le plus riche en termes de diversité spécifique même si certaines lagunes comme celles de Thau ou de Bages-Sigean affichaient une diversité comparable (30 espèces de poissons en 2006). En 2008 et 2009, l'étang de Berre avec respectivement 24 et 26 espèces présente des valeurs intermédiaires, entre celles de l'étang de l'Or et de Salses-Leucate, il a donc rétrogradé en diversité spécifique, bien que les abondances pêchées soient plus importantes.

Le bilan final

Ce suivi de deux ans de l'ichtyofaune de l'étang de Berre permet de donner une description de la nature du peuplement en place, des variations spatiales et temporelles dominantes, ainsi que de l'état de santé global du peuplement de poissons. Le traitement plus approfondi des données sur la totalité des deux phases a permis de fournir un état de référence complet comprenant en outre une expertise sanitaire. La standardisation des pêches conformément au protocole DCE autorise une comparaison des résultats du suivi aux pêches expérimentales de 2006 et permet de voir l'évolution lente et peu satisfaisante en diversité notamment de l'état du peuplement de poissons de l'étang.

Le présent travail fournit un état descriptif complet du peuplement ichtyologique de l'étang et de l'état de santé des poissons pour la période étudiée, qui pourra servir de référence dans le cadre de suivis futurs. Evidemment nous préconisons que soit reproduit assez régulièrement cet échantillonnage de manière à suivre l'état de santé du peuplement de poissons de l'étang. Trois années consécutives de suivi sont préconisées afin de cerner les tendances et de tenir compte des modifications et de l'évolution rapide du milieu (parfois même très rapides). Entre ces périodes de suivi, un pas de temps de 3 à 5 ans serait suffisant.

Les mesures de gestion des écoulements de la Durance mises en œuvre, dans la mesure où effectivement elles parviennent à diminuer les amplitudes de variation de la salinité, ne peuvent être que préférables pour le peuplement de poissons de l'étang, mais n'ont pas permis pour le moment d'améliorer véritablement son état. Les impacts des rejets d'eau douce sur ce peuplement sont visibles en termes de diversité spécifique et de composition de la faune, nous l'avons analysé en comparant les stations et leur composition spécifique. La diversité spécifique a diminué depuis 2006, même si les abondances augmentent, ce qui n'est pas souhaitable. Les apports en provenance des



rivières, qui ont toujours existé dans l'étang et contribuent à la caractérisation de ses eaux, ne peuvent être incriminés et leurs apports demeurent très inférieurs en quantité aux rejets de St Chamas. Nous avons vu également que seules quelques espèces très résistantes comme le gobie buhotte parviennent à s'adapter à ces conditions instables en raison de son cycle de vie. Les poissons étant mobiles, ils se déplacent et, hors évènements catastrophiques de mortalité. Pour les espèces non sédentaires, les impacts sont moins visibles et difficiles à mesurer. En effet, les espèces qui ne supportent pas les conditions quittent vraisemblablement les zones impactées pour se rapprocher de la mer. Malgré les capacités d'adaptation et la mobilité des espèces présentes, nous parvenons grâce à des échantillonnages réguliers à travers différents indicateurs, en particulier composition et faible diversité spécifique, à évaluer la qualité du peuplement de l'étang.

La lecture des ouvrages anciens (Gourret, 1907) sur l'étang de Berre nous rappelle qu'il abritait autrefois un peuplement de poisson extrêmement riche et diversifié (60 espèces inventoriées par Gourret en 1896), qui supportait une activité de pêche artisanale importante pour la région (Annexe), loin d'être égalée aujourd'hui (annexe). Cette activité reposait en particulier sur l'exploitation d'espèces marines telles que muges, labres, rougets, dentis, canthares et même congres d'importance commerciale, en tonnages importants. Petit et Schachter signalent le fléchissement de la pêche aux muges et l'augmentation de la pêche à la sardine dans les années 1945 à 1950, une augmentation du nombre des poissons pélagiques (sardines, maquereaux) et une diminution des poissons benthiques et limnivores. Au reflet des captures, les modifications de l'étang étaient déjà importantes à cette époque par rapport au début du XXème siècle et de probables conséquences sur le peuplement de poissons du déversement des eaux de la Durance dans la cuvette de Berre déjà annoncées.



BIBLIOGRAPHIE

ABARNOU A., BURGEOT T., CHEVREUIL M., LÉBOULENGER F., LOIZEAU V., MADOULET-JAOUEN A., MINIER C., 1999. Les contaminants organiques : quels risques pour le monde vivant ? Programme scientifique Seine-Aval. Editions Ifremer. 35 p.

ABOUSSOUAN A., 1996. A propos de la faune ichtyologique de l'étang de Berre. *Mésogée*, 55: 3_8.

AUBERT M., AUBERT J., GAUTHIER M., 1982. Recherches sur les nécroses des poissons. CERBOM, rapport final de synthèse 1977-1982. 35 p.

BONHOMME P., PICHOT Y., RUITTON S., LE GALL P., GRAVEL R., BONHOMME D., OHEIX J., CADIOU G., ASTRUCH P., ZIBROWIUS H., 2007. Suivi des peuplements de moules (*Mytilus galloprovincialis*) de l'étang de Berre. Mise en place d'un protocole de suivi – Résultats de la première année de suivi 2006-2007. Contrat GIPREB & GIS Posidonie/IFREMER. GIS Posidonie publ., Fr. : 1- 85.

BONHOMME P., RUCHON F. 2010 . Suivi des pêcheries de l'étang de Berre. Rapport intermédiaire Contrat GIPREB/EI Groupe/GIS Posidonie (sous presse), Fr , 41 pp.

BRUN-YOUSFI S., 2006. Effets mesurés du changement climatique chez les poissons d'eau douce : mécanismes en jeu et conséquences. Measured effects of global changes in freshwater fish: mechanisms and consequences. ENGREF-Office International de l'Eau - EN-06-01. 15 p.

BULLOCK G.L., SNIESZKO S.F., 1970. Fin rot, cold water disease, and peduncle disease of salmonid fishes. U.S. Bur. Sport Fish. Wildl. Fish. Di. Leaflet. 25 : 5p.

CABANE, 1976. La pollution thermique. Synthèse bibliographique. CNEXO/COB. Mai 1975-juillet 1976.

CAMERON T., 2002. "2002: The year of the 'diversity - Ecosystem function' debate." *Trends in Ecology and Evolution* 17 (11): 495-496.

CHAPIN III F. S., ZAVALETA E. S., EVINER V. T., NAYLOR R. L., VITOUSEK P. M., REYNOLDS H. L., Hooper, D. U., Lavorel, S., Sala, O. E., Hobbie, S. E., Mack, M. C. et Diaz, S. (2000). "Consequences of changing biodiversity." *Nature* 405 (6783): 234-242.

CHRISTENSEN N.O., 1980. Diseases and anomalies in fish and invertebrates in Danish littoral regions which might be connected with pollution. *Rapp. P.-v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer*, 179 : 103-109

DIPNET, 2007. Review of disease interactions and pathogen exchange between farmed and wild finfish and shellfish in Europe. Editors: R. Raynard, Th. Wahli, L. Vatsos, S. Mortensen. Published by VESO, Norway. 459 p.

ESCH G.W., GIBBONS J.W., BOURQUE J.E., 1975. An analysis of the relationship between stress and parasitism. *American Midland Naturalist*, 93, 339-353,

FAO, 1982. Maladies associées aux infections bactériennes. Archives de la FAO: *Parasites, infections et maladies du poisson en Afrique*. Département des pêches. CPCA, Document technique N°7 - CPCA/T7.

FRANCOUR P., 2008. First records of *Didogobius splechnai* along the French Mediterranean coast and additional comments about *D. schlieweni*. *Acta. Ichthyol. Piscat.*, 38(2): 139_142.

FRANCOUR P., BILECENOGLU M., KAYA M. 2007. *In situ* observation on new and rare gobies from the Eastern Mediterranean sea. *Rapp. Commiss. int. Mer Médit.*, 38: 478.



- FRANCOUR P., MANGIALAJO L. 2007. *Gobius kolombatovici*, a common species of Gobiidae in the north-western Mediterranean Sea ? *Cybium*, 31(3): 389_390.
- FRY F.E., 1971. The effects of environmental factors on the physiology of fish. In Hoar W.S. and Randall D.J. (eds). *Fish Physiology*, Vol.4. Academic Press, New-York, 98 pp.
- GILLER P. S. et O'DONOVAN G., 2002. Biodiversity and ecosystem function: Do species matter? *Proceedings of the Royal Irish Academy - Section B Biology and Environment* 102 (3): 129-139.
- GIRARD P., 1997. Validation du parasitisme à *Trichodina* sp. comme bioindicateur de la qualité des milieux. Etude réalisée sur les stations d'inventaire du réseau hydrobiologique et piscicole (RHP) des régions Seine-Normandie, Languedoc-Roussillon et Provence-Alpes-Côte d'Azur. Rapport de synthèse. Convention CSP/Groupe Inter-Agences. 7 p.
- GIRARD P., 1998. Le poisson sentinelle des milieux aquatiques : pertinence et optimisation des indicateurs sanitaires. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 300-351, 429-443
- GIRARD P., 2000-2007. Cours de parasitologie. Formation DESTA. Santé des élevages et gestion du bien-être des organismes. MEZE-ARDAM. Années 2000, 2002, 2004, 2006 & 2007.
- GIRARD P., 2005-2008. Surveillance biologique (« Codes pathologie », parasitisme externe et interne) des populations piscicoles en amont et en aval de deux centrales thermonucléaires (Tricastin & Bugey). Convention EDF (Plan « canicule », dans le cadre de l'arrêté "situation climatique exceptionnelle" du 11 Juin 2004).
- GIRARD, 2009. Influence de la température sur l'état sanitaire des poissons. Rapport de synthèse. Convention EDF R&D. 73 p.
- GIRARD P., ELIE P., 2007. Les mécanismes d'induction de stress chez les poissons des eaux douces, estuariennes et marines et leurs répercussions : proposition d'un indice anatomo-morphologique et parasitaire externe pour l'évaluation de l'état de santé des poissons. Programme Seine Aval. Etude Cemagref n°113. 130 p.
- GIRARDIN M., LEPAGE M., AMARA R., BOET P., COURRAT A., DELPECH C., DUROZOI B., LAFFARGUE P., LE PAPE O., LOBRY J., PARLIER E., PASQUAUD S., 2009. Développement d'un indicateur poisson pour les eaux de transition. Rapport scientifique de fin de programme - LITEAU2, 2005.
- GOURRET P., 1907. Topographie zoologique des étangs de Caronte, de Labillon de Berre et de Bolmon. Flore, faune, migrations, etc. *Annales du musée d'histoire naturelles de Marseille. Zoologie.* Tome XI. 383 pages.
- HUVE H., KIENER A., RIOUALL R. 1973. Modifications de la flore et des populations ichtyologiques des étangs de Berre et de Vaine (Bouches_du_Rhône) en fonction des conditions hydrologiques créées par le déversement de la Durance. *Bull. Mus. Hist. nat. Marseille*, 33: 123-134.
- JOBLING, 1994. *Fish Bioenergetics*. Chapman and Hall, London, 309 pp.
- JOHNSON K. H., 2000. Trophic-dynamic considerations in relating species diversity to ecosystem resilience. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 75 (3): 347-376.
- KARR J.R., FAUSCH K.D., ANGERMEIER P.L., YANT P.R., SCHLOSSER I.J., 1986. Assessing biological integrity in running waters: a method and its rationale. *Illinois Natural History Survey Special Publication* 5, 28 p.

KINNE O., 1964. The effects of temperature and salinity on marine and brackish water animals. II. Salinity and temperature-salinity combinations. *Oceanogr. mar. biol. Ann. Rev.*, 2:281-339.

LAFFERTY K.D., KURIS A.M., 1999. How environmental stress affects the impacts of parasites ? *Limnol. Oceanograph.*, 44(3, partie 2), 925-931

LAMBERT A., 1997. Introduction de poissons dans les milieux aquatiques continentaux : «*Quid de leurs parasites ?* ». *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 344/345 : 323-333

LANG T., MELLERGAARD S., WOSNIOK W., KADAKAS V., NEUMANN K., 1999. Spatial distribution of grossly visible diseases and parasites in flounder (*Platichthys flesus*) from the Baltic Sea: a synoptic survey. *ICES Journal of Marine Science*, 56: 138-147

LA VIOLETTE N., RICHARD Y., 1996. Le bassin de la rivière Châteauguay : les communautés ichtyologiques et l'intégrité biotique du milieu. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des Ecosystèmes aquatiques, Québec. *Envirodoq* n° EN960454, rapport n° EA-7, 64 p. + 9 annexes.

LEPAGE M., ALIAUME C., CRIVELLI A., LEBEL I., ABDALLAH Y., BOUCHOUCHA M., ORSONI V., 2008. Etat des lieux des peuplements dans les eaux de transition du bassin Rhône Méditerranée et Corse, Cemagref Ed., Fr : 1-180.

LEPAGE M., GIRARDIN M., BOUJU V., 2008. Inventaire poisson dans les eaux de transition. Protocole d'échantillonnage pour le district Rhône Méditerranée Corse. CEMAGREF, Unité de recherche écosystèmes estuariens et poissons migrateurs amphihalins. ECOSEMA_802.3doc.

LETOURNEUR Y., DARNAUDE A., SALEN-PICARD C., HARMELIN_VIVIEN M., 2001. Spatial and temporal variations of fish assemblages in a shallow Mediterranean soft-bottom area (Gulf of Fos, France). *Oceanologica Acta*, 24(3) : 273-285.

LEYNAUD G., 1967. Les pollutions thermiques. Influence de la température sur la vie aquatique, Extrait du Bulletin Technique d'information, n° 224.

LOREAU M., MOUQUET N. et GONZALEZ A., 2003. Biodiversity as spatial insurance in heterogeneous landscapes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100 (22): 12765-12770.

MARCOGLIESE D.J., 2001. Implications of climate change for parasitism of animals in the aquatic environment. *Can. J. Zool.* 79(8): 1331-1352

McCULLOUGH D.A., 1999. A review and synthesis of effects of alterations to the water temperature regime on freshwater life stages of salmonids, with special reference to Chinook salmon. US EPA 910-R-99-010. 291 p.

MÖLLER H., 1979. Geographical distribution of fish diseases in the NE Atlantic. 217-235

MÖLLER, 1981. Fish diseases in German and Danish coastal waters in summer 1980. *Meeresforschung*, 29, 1-16

MOORE M. J., SHEA D., HILLMAN R.E., STEGEMAN J. J., 1996. Trends in hepatic tumours and hydropic vacuolation, fin erosion, organic chemicals and stable isotope ratios in winter flounder from Massachusetts, USA. *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 32, No. 6, pp. 458-470.

NAEEM S., 2002. "Disentangling the impacts of diversity on ecosystem functioning in combinatorial experiments." *Ecology* 83 (10): 2925-2935.



NOUNOU P. *et al.*, 1980. Ulcérations des poissons et mammifères marins pêchés dans les eaux côtières françaises. Rapports scientifiques et techniques n°43. CNEXO. 94 p.

PAPERNA I., 1982. Parasites, infections et maladies du poisson en Afrique. H. Steinitz Marine Biology Laboratory Hebrew, University of Jerusalem, Elat, Israël. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome

PEREZ-RUZAF A., MONPEAN C., MARCOS C., 2007. Hydrographic, geomorphologic and fish assemblage relationship in coastal lagoons. *Hydrobiologia* 577:107-125.

PETIT G, SCHACHTER D., 1955. Notes sur l'étang de Berre et sa faune ichtyologique. Bulletin de l'Institut Océanographique de Monaco, 1053. 1-9p.

PROPHETE C., CARLSON E.A., LI Y., DUFFY J., STEINETZ B., LASANO S., ZELIKOFF J.T., 2006. Effects of elevated temperature and nickel pollution on the immune status of Japanese medaka. *Fish & Shellfish Immunology*. 21: 325-334

REED P., FRANCIS-FLOYD R., KLINGER R.E., 1996. Monogenean Parasites of Fish. Fisheries and Aquatic Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida

SAINT-JACQUES N., RICHARD Y., 2002. Le bassin de la rivière Saint-Maurice : les communautés Ichtyologiques et l'intégrité biotique du milieu, 1996. Direction du suivi de l'état de l'environnement. Ministère de l'Environnement Gouvernement du Québec. 75 p. + annexes.

SCHWARTZ M. W., BRIGHAM C. A., HOEKSEMA J. D., LYONS K. G., MILLS M. H. et VAN MANTGEM P. J.? 2000. "Linking biodiversity to ecosystem function: Implications for conservation ecology." *Oecologia* 122 (3): 297-305.

SINDERMANN C.J., 1979. Pollution associated diseases and abnormalities of fish and shellfish : a review. *Fishery Bulletin*, Vol. 76, 717-749

STORA G. 1976. Evolution des peuplements benthiques d'un étang marin soumis à un effluent d'eaux douces. *Bull. Ecol.*, 7(3): 275_281

STORA G., ARNOUX A., GALAS M. 1995. Time and spatial dynamics of Mediterranean lagoon macrobenthos during an exceptionally prolonged interruption of freshwater inputs. *Hydrobiologia*, 300/301: 123_132

THERRIault, T.W., HERBORG, L.M., LOCKE, A., ET C.W. MCKINDSEY. 2008. "Risk Assessment for European green crab (*Carcinus maenas*) in Canadian Waters". Canadian Science Advisory Secretariat. Research Document : 2008/042. 44 p.

TILMAN, D., KNOPS, J., WEDIN, D., REICH, P., RITCHIE, M. et SIEMANN, E., 1997. "The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes." *Science* 277 (5330): 1300-1302.

TRAVADE F., 1975. Influence du réchauffement des eaux continentales sur les maladies des poissons. Etude bibliographique. EDF. Rapport F41-75 n° 22. ARD F4D02. 59 pages

UHLAND C., MIKAELIAN I, MARTINEAU D., 2000. Maladies des poissons d'eau douce du Québec. Guide de diagnostic. Les presses de l'Université de Montréal. 466 p.

VETHAAK A.D., JOL J.G., 1996. Diseases of flounder *Platichthys flesus* in Dutch coastal and estuarine waters, with particular reference to environmental stress factors. I. Epizootiology of gross lesions. *DAO* 26:81-97



WAHLI T, KNUESSEL R, BERNET D, SEGNER H, PUGOVKIN D, BURKHARDT-HOLM P, ESCHER M, SCHMIDT-POSTHAUS H., 2002. Proliferative kidney disease in Switzerland: current state of knowledge. J. Fish Dis.; 25:491-500

WELLINGS *et al.*, 1976. Fin erosion disease of starry Flounder (*Platichthys stellatus*) and english Sole (*Parophrys vetulus*) in the estuary of the Duwanish river, Seeattle, Washington. J. Fish Res. Board Can. 33: 2577-2586.

WILSON E. O., 1998. Biodiversity. Washinton, DC, USA, National Academy Press.



ANNEXES

Annexe 1. Récapitulatif des échantillonnages pour la surveillance sanitaire des poissons de l'étang de Berre

Espèces Stations		ABO	ANC	ANG	ATH	BAR	BLE	BOG	CHI	DI P	DOR	FLE	GOB	MUL	ROU	SAR	SAU	SOL	TRA	Σ	
Filet pêcheur	C1			2						1			10				9		1	23	
	C2			2	3													3		8	
	C3																	5		5	
	C4													10						10	
	C5																				
	C6							16	2							3			1		22
	C7																				
	C8																				
Filet pêcheur 4	C5				21		18						7							46	
	C6																				
	C7																				
	C8																				
Filet pêcheur 5	C5												23							23	
	C6																				
	C7																				
	C8																				
Station 1	C1																				
	C2																				
	C3				10								20							30	
	C4				21								17							38	
	C5				33								10							43	
	C6												40							40	
	C7												7	20						27	
	C8				1								19							20	
Station 2	C1			1									20			40				61	
	C2		5		13									1						19	
	C3				5								24	1						30	
	C4				10								31							41	
	C5				23								20							43	
	C6				15								20					9		44	
	C7				20								1							21	
	C8				1								12							13	
Station 3	C1	10			10															20	
	C2						5										1			6	

	C3				4								14							18
	C4												26	14						40
	C5				26						2		19							47
	C6				16		1						12		3					32
	C7				40															40
	C8				6								32							38
Station 4	C1												100							100
	C2				29								4							33
	C3												20	10						30
	C4				7								38							45
	C5				21								34							55
	C6				34								15							49
	C7				20								24							44
	C8				8								19							27
Station 5	C1	12			8															20
	C2		8		20								10		2			1		41
	C3												30							30
	C4												49							49
	C5				34	3							4							41
	C6				29								16							45
	C7				2								4							6
	C8												33	3						36
Station 6	C1		30	9							20									59
	C2		8		10							1	10							29
	C3												30							30
	C4				6								24							30
	C5				18								13							31
	C6				13								28					7		48
	C7				15								30							45
	C8												4	15						19
Totaux :	22	51	14	552	3	24	16	2	1	22	1	923	74	8	41	9	26	1	1790	
Espèces Stations	ABO	ANC	ANG	ATH	BAR	BLE	BOG	CHI	DIP	DOR	FLE	GOB	MUL	ROU	SAR	SAU	SOL	TRA	Σ	

ABO = *Atherina boyeri* ; ANC = *Engraulis encrasicolus* ; ANG = *Anguilla anguilla* ; ATH = *Atherina sp.* ; BLE = *Blennius normani* ; DIP = *Diplodus vulgaris* ; DOR = *Sparus aurata* ; FLE = *Platichthys flesus* ; GOB = *Gobies sp.* ; MUL = *Mugil cephalus* ; ROU = *Mullus surmuletus* ; SAR = *Sardina pilchardus* ; SAU = *Sarpa salpa* ; SOL = *Solea solea* ; TRA = *Trachurus trachurus*.

Annexe 2. « Codes pathologie »

Grille de description

ALTERATIONS ANATOMIQUES

Maigreur
Déformations, difformité
Absence d'organes
Gros ventre (hydropisie)
Anus rouge saillant

ALTERATION DE LA COULEUR

Coloration anormale
Coloration terne
Coloration gris-bleu

LESIONS DE LA PEAU ET DES NAGEOIRES

Hypersécrétion de mucus
Excroissances, grosseurs, tumeurs, kystes
Hémorragies
Lésions ouvertes (plaies, blessures)
Ulcères hémorragiques
Nécrose, érosion
Lésions anciennes (cicatrices)
Bulles de gaz
Vésicules contenant du liquide

LESIONS OCULAIRES

Gros yeux (exophtalmie)
Hémorragies
Kératite
Opacité
Perte d'œil (énucléation)
Parasitisme oculaire

LESIONS BRANCHIALES

Pâleur
Congestion

Nécrose, érosion (« Pourriture »)
Kystes

ETAT PATHOLOGIQUE MULTIFORME

COMPORTEMENT ANORMAL

STADE « PRE-MORTEM »

INDIVIDU SAIN

AA LOCALISATION

AM	Tout le corps	C
AD	Tête	T
AO	Bouche	G
HY	Lèvre	L
US	Mâchoire	M
AC	Oeil	Y
CA	Œil gauche	g
CT	Œil droit	d
CB	fente branchiale : ANG	O
LD	Branchie	B
SM	Ecaille	E
AG	Nageoire principale (ANG)	N
HE	Nageoire pectorale	P
PL	Nageoire caudale	Q
UH	Nageoire dorsale	D
NE	Nageoire anale	S
TC	Abdomen	A
BG	Dos	H
VL	Colonne vertébrale	V
LO	Flanc	F
EX	Orifice urogénital	U
HO		

OK PARASITISME

CO	Parasitisme externe	PE
OE	Points blancs	PB
PO	Points noirs	PN
LB	Mycoses (« mousse »)	PM
BP	Crustacés branchiours (Argules)	CB
BC	Crustacés copépodes (Lernées, <i>Ergasilus</i>)	CC
NB	Crustacés Isopodes (<i>Gnathia</i> sp.)	CI
BK	Hirudinés (Piscicola)	PH

Parasitisme interne

ZO	Trématodes (<i>Bucephalus</i> ,...)	HT
AT	Acanthocéphales	HA
HS	Nématodes (<i>A. crassus</i>)	HN
IS	Cestodes (<i>Ligula</i> , <i>Bothriocephalus</i> ,...)	HC

LESIONS :

<u>ABONDANCE (N)</u>	<u>% DE RECOUVREMENT (S²)</u>	
Absence : N = 0	S ² = 0%	0
Abondance faible : N < 3	S ² < 5%	1
Abondance moyenne: N = 4-6	S ² = 5-10%	2
Abondance forte : N = 7-10	S ² = 10-20%	3
Abondance très forte: N = > 10	S ² = >20%	4

ABONDANCE PARASITAIRE :

Absence	0
Abondance faible	1
Abondance moyenne	2
Abondance forte	3
Abondance très forte	4

Annexe 3. Profondeurs, durées et paramètres physico-chimiques des pêches

PARAMETRES HYDROLOGIQUES, HEURES, DUREES DE PECHE ET PROFONDEUR

Cam- pagne	Date	Station /Filet	Heure calée veille	Heure levée jour	Durée (h)	Prof. (m)	T° surface (°C)	T° fond (°C)	Salinité surface (g°/oo)	Salinité fond (g°/oo)	Cdté surface (mS/cm ²)	Cdté fond (mS/cm ²)	O2 % surface	O2 % fond	O ² surface (mg/l)	O ² fond (mg/l)
1	02/06/2008	1														
1	02/06/2008	2														
1	02/06/2008	3														
1	02/06/2008	4														
1	02/06/2008	5														
1	02/06/2008	6														
1	02/06/2008	P														
1	03/06/2008	1	2/6/08 9:40	3/6/08 8:45	23:05:00	1.4	22.30	22.38	19.90	20.27	31.91	32.43			1.46	1.55
1	03/06/2008	2	2/6/08 10:15	3/6/08 9:15	23:00:00	1.5	20.34	20.36	21.81	21.91	34.59	34.73			2.66	2.76
1	03/06/2008	3	2/6/08 8:30	3/6/08 8:29	23:59:00											
1	03/06/2008	4	2/6/08 8:00	3/6/08 8:02	24:02:00											
1	03/06/2008	5	2/6/08 9:15	3/6/08 9:17	24:02:00											
1	03/06/2008	6	2/6/08 10:45	3/6/08 9:40	22:55:00	0.9	20.93	20.96	21.01	21.03	33.47	33.48			2.67	2.68
1	03/06/2008	P	2/6/08 8:00	3/6/08 8:10	24:10:00											
1	04/06/2008	1	3/6/08 8:45	4/6/08 8:40	23:55:00	1.4										
1	04/06/2008	2	3/6/08 9:15	4/6/08 9:15	24:00:00	1.5										
1	04/06/2008	3	3/6/08 8:29	4/6/08 8:47	24:18:00	1.6	20.04	20.03	22.76	22.78	32.96	35.98			3.48	3.53
1	04/06/2008	4	3/6/08 8:02	4/6/08 8:08	24:06:00	1.4	20.40	20.30	20.58	21.68	32.83	34.40			2.52	2.15
1	04/06/2008	5	3/6/08 9:17	4/6/08 13:45	28:28:00											
1	04/06/2008	6	3/6/08 9:40	4/6/08 9:45	24:05:00											
1	04/06/2008	P		08:10												
1	05/06/2008	1	4/6/08 8:40	5/6/08 8:45	24:05:00	1.3	18.76	18.81	22.78	22.95	35.95	36.17			2.32	2.23
1	05/06/2008	2	4/6/08 9:15	5/6/08 9:40	24:25:00	1.4	20.39	20.37	22.82	22.86	36.06	36.11			3.37	3.31
1	05/06/2008	3	4/6/08 8:47	5/6/08 8:38	23:51:00											
1	05/06/2008	4	4/6/08 8:08	5/6/08 9:32	25:24:00											
1	05/06/2008	5	4/6/08 13:45	5/6/08 12:00	22:15:00	1.5	20.58	20.56	23.07	23.23	36.35	36.66			3.53	3.36
1	05/06/2008	6	4/6/08 9:45	5/6/08 9:15	23:30:00	0.9	18.76	18.77	23.96	24.02	37.64	37.74			3.13	3.10
1	05/06/2008	P		08:47												
1	06/06/2008	1	5/6/08 8:45	6/6/08 8:15	23:30:00	1.3	18.78	18.81	25.23	25.48	39.40	39.80			1.83	1.70
1	06/06/2008	2	5/6/08 9:40	6/6/08 9:28	23:48:00	1.5	19.71	19.68	23.23	23.23	36.62	36.62			3.86	3.83
1	06/06/2008	3	5/6/08 8:38	6/6/08 10:45	26:07:00											
1	06/06/2008	4	5/6/08 9:32	6/6/08 8:23	22:51:00											
1	06/06/2008	5	5/6/08 12:00	6/6/08 9:47	21:47:00											
1	06/06/2008	6	5/6/08 9:15	6/6/08 8:53	23:38:00	0.9	18.78	18.79	24.35	24.35	38.22	38.21			3.88	3.92

Cam- pagne	Date	Station /Filet	Heure calée veille	Heure levée jour	Durée (h)	Prof. (m)	T°		Salinité surface (g°/oo)	Salinité fond (g°/oo)	Cdté		O2 % surface	O2 % fond	O2	
							surface (°C)	T° fond (°C)			surface (mS/cm²)	Cdté fond (mS/cm²)			surface (mg/l)	O2 fond (mg/l)
2	15/09/2008	3														
2	15/09/2008	P3														
2	15/09/2008	4														
2	15/09/2008	P4														
2	16/09/2008	3	15/9/08 9:10	16/9/08 8:13	23:03:00	1.0	17.53	17.70	1.40	28.95	2.70	44.70	81.3	76.2	7.66	6.07
2	16/09/2008	P3	15/9/08 9:25	16/9/08 8:20	22:55:00											
2	16/09/2008	4	15/9/08 8:30	16/9/08 7:45	23:15:00	1.8	16.66	16.64	27.57	27.76	42.74	43.01	82.6	78.1	6.78	6.41
2	16/09/2008	P4	15/9/08 8:35	16/9/08 7:55	23:20:00											
2	17/09/2008	1	16/9/08 7:50	17/9/08 8:45	24:55:00	1.3	17.76	17.82	28.13	28.20	43.51	43.61	66.6	54.4	5.32	4.35
2	17/09/2008	2	16/9/08 8:20	17/9/08 9:05	24:45:00	1.6	18.16	18.14	27.37	27.41	42.48	42.51	95.2	92.7	7.57	7.45
2	17/09/2008	3	16/9/08 8:16	17/9/08 9:00	24:44:00				28.65		44.27					
2	17/09/2008	4	16/9/08 7:45	17/9/08 8:20	24:35:00				21.62		34.32		68.2		5.45	
2	17/09/2008	5	16/9/08 9:05	17/9/08 9:30	24:25:00	1.9	18.89	18.02	29.16	28.72	2.62	44.33	88.7	85.9	8.13	6.81
2	17/09/2008	6	16/9/08 9:00	17/9/08 9:35	24:35:00	0.9	16.75	17.35	9.71	15.16	17.67	24.71	94.4	86.8	8.71	7.60
2	18/09/2008	1	17/9/08 8:48	18/9/08 8:06	23:18:00				27.51		42.71		84.0		6.45	
2	18/09/2008	2	17/9/08 9:08	18/9/08 8:28	23:20:00				26.08		40.68		92.0		7.20	
2	18/09/2008	3	17/9/08 9:03	18/9/08 8:25	23:22:00	1.1	18.77	18.55	28.55	28.67	44.11	44.27	70.8	58.6		
2	18/09/2008	4	17/9/08 8:23	18/9/08 7:36	23:13:00	1.6	18.44	19.64	21.85	28.97	34.55	44.70	85.4	53.2		
2	18/09/2008	5	17/9/08 9:32	18/9/08 8:00	22:28:00	1.5	19.58	19.59	29.12	29.16	44.33	44.17	83.7	83.1		
2	18/09/2008	6	17/9/08 9:38	18/9/08 9:05	23:27:00				17.59		28.46		93.7		7.50	
2	18/09/2008	P3	17/9/08 9:10	18/9/08 8:35	23:25:00											
2	19/09/2008	1	18/9/08 8:09	19/9/08 7:55	23:46:00	1.3	18.57	19.52	22.22	25.28	30.58	35.48	86.8	70.6	7.14	5.58
2	19/09/2008	2	18/9/08 8:31	19/9/08 8:20	23:49:00	1.5	18.38	18.42	24.17	22.38	37.93	35.30	100.0	100.0	8.23	8.10
2	19/09/2008	3	18/9/08 8:28	19/9/08 8:25	23:57:00				28.14		43.58					
2	19/09/2008	4	18/9/08 7:40	19/9/08 7:30	23:50:00				23.17		36.55					
2	19/09/2008	5	18/9/08 8:03	19/9/08 7:55	23:52:00				28.64		44.27					
2	19/09/2008	6	18/9/08 9:08	19/9/08 9:00	23:52:00	0.9	15.84	16.02	6.29		11.01	12.95	104.0	100.7	9.97	9.51

Cam- pagne	Date	Station /Filet	Heure calée			Prof. (m)	T°		Salinité surface (g°/oo)	Salinité fond (g°/oo)	Cdté surface (mS/cm ²)	Cdté fond (mS/cm ²)	O2 % surface	O2 % fond	O ² surface (mg/l)	O ² fond (mg/l)
			veille	Heure levée	jour		Durée (h)	surface (°C)								
4	09/03/2009	1				1.2	7.60	7.44	16.98	17.03	24.28	24.35	58.1	59.2	6.28	6.40
4	09/03/2009	2				1.4	7.61	7.58	16.48	16.55	23.63	23.71	58.3	57.0	6.97	6.19
4	09/03/2009	3				1.4										
4	09/03/2009	4				1.4										
4	09/03/2009	5				1.9										
4	09/03/2009	6				1.0	7.79	7.85	16.87	16.88	24.15	24.17	64.3	63.9	6.90	6.85
4	10/03/2009	1	9/3/09 8:35	10/3/09 8:35	24:00:00	1.2										
4	10/03/2009	2	9/3/09 9:15	10/3/09 8:55	23:40:00	1.4										
4	10/03/2009	3	9/3/09 9:00	10/3/09 9:03	24:03:00	1.4	7.60	7.64	20.67	20.82	29.07	29.27	92.9	92.5	9.80	9.75
4	10/03/2009	4	9/3/09 8:25	10/3/09 8:03	23:38:00	1.4	7.50	8.30	10.07	20.10	14.98	28.27	103.0	96.5	11.66	10.01
4	10/03/2009	5	9/3/09 9:30	10/3/09 8:34	23:04:00	1.9	7.80	7.75	21.06	21.70	30.30	30.40	95.7	94.5	10.01	9.85
4	10/03/2009	6	9/3/09 9:55	10/3/09 9:20	23:25:00	1.0										
4	11/03/2009	1	10/3/09 8:35	11/3/09 8:30	23:55:00	1.1	8.29	8.29	21.84	21.86	30.61	30.63	97.1	95.2	9.97	9.80
4	11/03/2009	2	10/3/09 8:55	11/3/09 8:06	23:11:00	1.4	7.69	7.68	20.40	20.60	28.71	28.99	97.0	95.0	10.21	9.98
4	11/03/2009	3	10/3/09 9:05	11/3/09 8:34	23:29:00				21.52		30.71					
4	11/03/2009	4	10/3/09 8:05	11/3/09 7:42	23:37:00				10.51		15.90					
4	11/03/2009	5	10/3/09 8:37	11/3/09 8:11	23:34:00				20.98		29.99					
4	11/03/2009	6	10/3/09 9:20	11/3/09 7:50	22:30:00	0.9	8.58	8.59	20.73	20.83	29.21	29.33	102.9	100.1	10.57	10.31
4	12/03/2009	1	11/3/09 8:30	12/3/09 8:35	24:05:00				21.34		30.64					
4	12/03/2009	2	11/3/09 8:06	12/3/09 8:56	24:50:00				21.59		30.94					
4	12/03/2009	3	11/3/09 8:37	12/3/09 8:57	24:20:00	1.1	7.79	7.73	20.77	20.81	29.22	29.27	96.4	94.9	10.16	10.00
4	12/03/2009	4	11/3/09 7:45	12/3/09 8:00	24:15:00	1.1	7.23	8.37	9.90	18.53	14.70	22.61	98.9	90.9	11.33	9.81
4	12/03/2009	5	11/3/09 8:13	12/3/09 8:27	24:14:00	2.0	7.89	8.08	21.73	21.32	30.46	29.95	98.7	99.2	10.33	10.72
4	12/03/2009	6	11/3/09 7:50	12/3/09 9:17	25:27:00				21.16		30.44					
4	13/03/2009	1	12/3/09 8:35	13/3/09 8:35	24:00:00		8.18	8.16	21.56	21.64	30.22	30.34	105.5	103.4	10.87	10.68
4	13/03/2009	2	12/3/09 8:56	13/3/09 9:10	24:14:00		8.21	8.19	21.64	21.79	30.33	30.53	98.1	93.1	10.11	9.52
4	13/03/2009	3	12/3/09 8:59	13/3/09 9:12	24:13:00											
4	13/03/2009	4	12/3/09 8:02	13/3/09 9:30	25:28:00											
4	13/03/2009	5	12/3/09 8:29	13/3/09 8:28	23:59:00											
4	13/03/2009	6	12/3/09 9:17	13/3/09 9:38	24:21:00		8.79	8.77	21.53	21.58	30.22	30.29	100.9	99.7	10.26	10.12

Cam- pagne	Date	Station /Filet	Heure calée veille	Heure levée jour	Durée (h)	Prof. (m)	T° surface (°C)	T° fond (°C)	Salinité surface (g°/oo)	Salinité fond (g°/oo)	Cdté surface (mS/cm ²)	Cdté fond (mS/cm ²)	O2 % surface	O2 % fond	O ² surface (mg/l)	O ² fond (mg/l)
5	08/06/2009	1														
5	08/06/2009	2														
5	08/06/2009	3														
5	08/06/2009	4														
5	08/06/2009	5														
5	08/06/2009	6														
5	09/06/2009	1	8/6/09 9:25	9/6/09 8:41	23:16:00	1.5	20.50	21.12	16.08	17.93	23.75	26.27	59.5	64.5	4.88	5.10
5	09/06/2009	2	8/6/09 9:00	9/6/09 9:10	24:10:00	1.7	21.01	21.06	20.00	20.04	29.05	29.07	92.0	91.0	7.25	7.18
5	09/06/2009	3	8/6/09 9:06	9/6/09 9:46	24:40:00				21.92		31.97					
5	09/06/2009	4	8/6/09 8:05	9/6/09 7:54	23:49:00				18.14		26.92					
5	09/06/2009	P4	8/6/09 14:00	9/6/09 7:47	17:47:00											
5	09/06/2009	5	8/6/09 8:40	9/6/09 8:58	24:18:00				21.16		30.94					
5	09/06/2009	P5	8/6/09 10:00	9/6/09 8:39	22:39:00											
5	09/06/2009	6	8/6/09 8:40	9/6/09 9:51	25:11:00	1.0	16.93	16.93	6.72	8.49	10.54	13.80	98.7	92.8	9.13	8.42
5	10/06/2009	1	9/6/09 8:43	10/6/09 8:40	23:57:00				16.83		25.18					
5	10/06/2009	2	9/6/09 9:12	10/6/09 9:00	23:48:00				19.01		28.13					
5	10/06/2009	3	9/6/09 9:48	10/6/09 8:51	23:03:00	1.4	20.64	21.08	18.05	20.06	26.27	29.08	94.3	85.3	7.69	6.88
5	10/06/2009	4	9/6/09 7:56	10/6/09 7:43	23:47:00	1.2	21.61	22.74	18.46	20.11	26.99	27.41	109.0	105.0	8.81	8.73
5	10/06/2009	5	9/6/09 9:00	10/6/09 8:22	23:22:00	1.3	22.57	22.61	21.36	21.38	30.92	30.94	61.2	75.5	4.72	5.82
5	10/06/2009	P5	9/6/09 8:39	10/6/09 8:15	23:36:00											
5	10/06/2009	6	9/6/09 9:51	10/6/09 9:22	23:31:00				6.65		10.71					
5	11/06/2009	1	10/6/09 8:42	11/6/09 8:35	23:53:00	1.4	23.63	23.7	17.78	18.10	26.30	26.70	77.6	79.1	6.20	5.91
5	11/06/2009	2	10/6/09 9:02	11/6/09 9:21	24:19:00	1.4	21.56	21.47	20.11	20.34	29.20	29.50	78.0	75.0	6.11	5.79
5	11/06/2009	3	10/6/09 8:53	11/6/09 8:32	23:39:00				20.61		30.29					
5	11/06/2009	4	10/6/09 7:45	11/6/09 7:34	23:49:00				17.85		26.68					
5	11/06/2009	5	10/6/09 8:24	11/6/09 8:04	23:40:00				20.84		30.63					
5	11/06/2009	6	10/6/09 9:24	11/6/09 9:44	24:20:00	1.1	17.41	18.99	6.81	9.78	10.80	15.00	114.9	122.1	10.91	10.77
5	11/06/2009	P6a	10/6/09 0:00	11/6/09 0:00	24:00:00											
5	11/06/2009	P6b	10/6/09 0:00	11/6/09 0:00	24:00:00											
5	12/06/2009	1	11/6/09 8:35	12/6/09 8:45	24:10:00				20.38		29.69					
5	12/06/2009	2	11/6/09 9:21	12/6/09 9:15	23:54:00				18.43		27.09					
5	12/06/2009	3	11/6/09 8:34	12/6/09 8:57	24:23:00	1.7	21.97	21.86	20.01	20.07	29.14	29.16	92.3	92.6	7.22	7.24
5	12/06/2009	4	11/6/09 7:36	12/6/09 7:38	24:02:00	1.3	22.34	22.41	21.00	20.58	30.46	30.37	72.3	75.9	5.59	5.92
5	12/06/2009	P4	10/6/09 8:00	12/6/09 7:34	47:34:00											
5	12/06/2009	5	11/6/09 8:06	12/6/09 8:15	24:09:00	1.4	21.83	21.82	21.89	21.91	31.54	31.60	93.2	94.5	7.29	7.38
5	12/06/2009	P5	10/6/09 15:00	12/6/09 8:10	41:10:00											
5	12/06/2009	6	11/6/09 9:44	12/6/09 9:50	24:06:00				7.15		11.30					

Cam- pagne	Date	Station /Filet	Heure calée			Prof. (m)	T°		Salinité		Cdté		O2 %		O2	
			veille	Heure levée	jour		Durée (h)	surface (°C)	T° fond (°C)	surface (g°/oo)	fond (g°/oo)	surface (mS/cm²)	Cdté fond (mS/cm²)	surface	fond	surface (mg/l)
6	14/09/2009	1					20.58	20.55	24.87	24.79	35.29	35.20	44.9	30.1	3.12	2.33
6	14/09/2009	2					21.49	21.39	23.06	23.06	33.03	33.07	103.6	94.1	7.92	6.95
6	14/09/2009	3							38.15		24.26					
6	14/09/2009	4							38.57		24.56					
6	14/09/2009	5														
6	14/09/2009	6					18.5	19.05	7.05	14.30	11.17	16.94	103.5	87.2	9.44	8.17
6	15/09/2009	1	14/9/09 8:20	15/9/09 8:58	24:38:00											
6	15/09/2009	2	14/9/09 8:50	15/9/09 9:16	24:26:00											
6	15/09/2009	3	14/9/09 8:40	15/9/09 9:25	24:45:00		20.86	20.88	24.16	24.16	34.40	34.42	32.4	29.9	2.47	2.30
6	15/09/2009	4	14/9/09 8:07	15/9/09 8:05	23:58:00		20.73	20.46	23.73	23.74	33.86	33.89	56.3	30.3	4.31	2.35
6	15/09/2009	5														
6	15/09/2009	P5	10/9/09 9:00	15/9/09 8:36	119:36:00		21.34	21.36	24.05	24.05	34.30	34.31	56.4	48.7	4.27	3.68
6	15/09/2009	6	14/9/09 9:42	15/9/09 9:36	23:54:00											
6	15/09/2009	P6														
6	16/09/2009	1	15/9/09 8:58	16/9/09 8:14	23:16:00	1.3	20.05	20.12	24.07	24.17	34.23	34.39	59.2	50.9	4.57	3.81
6	16/09/2009	2	15/9/09 9:16	16/9/09 8:39	23:23:00	1.6	19.42	19.75	22.71	22.99	32.63	32.86	82.0	52.7	6.28	4.11
6	16/09/2009	3	15/9/09 9:27	16/9/09 8:48	23:21:00				23.33		36.95					
6	16/09/2009	P3	14/9/09 10:00	16/9/09 9:30	47:30:00											
6	16/09/2009	4	15/9/09 9:08	16/9/09 8:10	23:02:00				23.57		37.14					
6	16/09/2009	5	15/9/09 8:41	16/9/09 15:10	30:29:00	3.4	21.12	21.30	24.16	24.80	38.02	38.93	80.9	73.1	6.22	5.59
6	16/09/2009	6	15/9/09 9:36	16/9/09 9:04	23:28:00	1.0	17.30	18.54	10.20	13.72	15.59	20.52	97.0	68.0	8.41	5.80
6	17/09/2009	1	16/9/09 8:14	17/9/09 8:04	23:50:00				20.87		33.25					
6	17/09/2009	2	16/9/09 8:39	17/9/09 8:24	23:45:00				22.80		35.41					
6	17/09/2009	3	16/9/09 8:42	17/9/09 9:15	24:33:00	1.3	18.08	19.92	19.43	23.35	31.31	36.92	76.7	64.8	6.43	5.11
6	17/09/2009	4	16/9/09 8:12	17/9/09 8:10	23:58:00	1.4	18.18	20.85	15.36	23.98	25.29	37.74	96.2	19.3	8.27	1.47
6	17/09/2009	5	16/9/09 15:10	17/9/09 8:38	17:28:00	1.3	20.33	20.91	24.23	24.88	38.10	39.03	65.2	37.3	5.08	2.82
6	17/09/2009	6	16/9/09 9:04	17/9/09 8:42	23:38:00				6.25		10.99					
6	17/09/2009	P	10/9/09 9:00	17/9/09 9:00	168:00:00	2.5										
6	18/09/2009	1	17/9/09 8:04	18/9/09 8:41	24:37:00		21.19	21.38	20.01	23.53	32.67	37.28	86.4	49.9	6.78	3.71
6	18/09/2009	2	17/9/09 8:24	18/9/09 9:12	24:48:00		19.43	19.50	16.29	16.59	26.65	27.13	89.1	88.3	7.40	7.36
6	18/09/2009	3	17/9/09 9:17	18/9/09 9:30	24:13:00				16.41		26.84					
6	18/09/2009	4	17/9/09 8:12	18/9/09 8:41	24:29:00				14.24		23.58					
6	18/09/2009	5	17/9/09 8:40	18/9/09 8:42	24:02:00				24.21		38.08					
6	18/09/2009	6	17/9/09 8:42	18/9/09 8:42	24:00:00		19.28	19.10	15.70	8.83	25.80	25.60	82.8	83.5	7.10	7.00

Cam- pagne	Date	Station /Filet	Heure calée			Prof. (m)	T°		Salinité surface (g°/oo)	Salinité fond (g°/oo)	Cdté surface (mS/cm²)	Cdté fond (mS/cm²)	O2 % surface	O2 % fond	O² surface (mg/l)	O² fond (mg/l)
			veille	Heure levée	jour		Durée (h)	surface (°C)								
7	07/12/2009	1				1.2	10.76	10.67	21.72	22.99	30.54	32.19	110.0	126.0	10.40	13.40
7	07/12/2009	2				1.7	10.23	10.23	21.23	22.01	29.92	30.81	154.0	133.0	14.50	13.01
7	07/12/2009	3														
7	07/12/2009	4														
7	07/12/2009	5														
7	07/12/2009	6				0.9	10.76	10.73	22.11	21.66	31.25	30.62	125.0	122.0	11.93	11.77
7	08/12/2009	1	7/12/09 8:50	8/12/09 8:33	23:43:00											
7	08/12/2009	2	7/12/09 9:35	8/12/09 8:44	23:09:00											
7	08/12/2009	3	7/12/09 8:54	8/12/09 9:13	24:19:00	1.3	10.72	10.71	23.86	23.84	33.29	33.28	77.5	76.6	7.36	7.30
7	08/12/2009	4	7/12/09 8:07	8/12/09 8:09	24:02:00	1.4	10.86	11.01	22.98	24.09	30.92	33.60	52.7	49.3	5.08	4.64
7	08/12/2009	5	7/12/09 8:34	8/12/09 8:38	24:04:00	2.3	10.71	11.03	23.56	24.22	32.92	33.77	79.5	71.2	7.56	6.75
7	08/12/2009	6	7/12/09 10:05	8/12/09 8:58	22:53:00											
7	09/12/2009	1	8/12/09 8:33	9/12/09 8:25	23:52:00		9.61	9.65	23.29	23.33	32.55	32.58	91.4	90.5	8.95	8.89
7	09/12/2009	2	8/12/09 8:44	9/12/09 8:54	24:10:00		10.07	10.02	23.47	23.55	32.77	32.88	84.4	85.5	8.20	8.32
7	09/12/2009	3	8/12/09 9:15	9/12/09 9:11	23:56:00											
7	09/12/2009	4	8/12/09 8:11	9/12/09 7:45	23:34:00				23,5*		32,89*					
7	09/12/2009	5	8/12/09 8:40	9/12/09 8:16	23:36:00				24,12*		33,74*					
7	09/12/2009	6	8/12/09 8:58	9/12/09 8:37	23:39:00		9.48	9.58	23.64	23.75	32.96	33.10	87.0	86.9	8.56	8.51
7	10/12/2009	1	9/12/09 8:27	10/12/09 8:35	24:08:00				23,34*		32,77*					
7	10/12/2009	2	9/12/09 8:56	10/12/09 9:07	24:11:00				23,73*		33,25*					
7	10/12/2009	3	9/12/09 9:13	10/12/09 8:55	23:42:00	1.2	9.97	9.97	21.18	22.17	29.91	31.23	71.9	72.1	7.12	7.07
7	10/12/2009	4	9/12/09 7:47	10/12/09 7:55	24:08:00	1.3	7.34	10.06	8.90	22.00	13.34	31.42	73.1	66.2	8.43	5.88
7	10/12/2009	5	9/12/09 8:18	10/12/09 8:19	24:01:00	2.1	9.29	9.89	23.17	22.75	32.36	31.03	74.0	70.6	7.35	7.01
7	10/12/2009	6	9/12/09 8:39	10/12/09 8:47	24:08:00				23,41*		32,86*					

Cam- pagne	Date	Station /Filet	Heure calée		Durée (h)	Prof. (m)	T°		Salinité surface (g°/oo)	Salinité fond (g°/oo)	Cdté surface (mS/cm ²)	Cdté fond (mS/cm ²)	O2 % surface	O2 % fond	O ²	
			veille	Heure levée jour			surface (°C)	T° fond (°C)							surface (mg/l)	O ² fond (mg/l)
8	09/03.10	1	8/3/09 8:51	9/3/09 9:03	24:12:00	1.5	6.05	6.23	21.00	22.15	33.33	33.75	99.9	98.6	10.77	10.61
8	09/03.10	2	8/3/09 9:29	9/3/09 9:39	24:10:00	1.3	6.39	6.9	18.45	18.66	29.81	30.16	94.5	85.7	10.33	9.25
8	09/03.10	3	8/3/09 9:40	9/3/09 9:15	23:35:00	1.7			20.00		32.08					
8	09/03.10	4	8/3/09 8:30	9/3/09 8:17	23:47:00	1.6			17.76		28.85					
8	09/03.10	5	8/3/09 9:00	9/3/09 8:43	23:43:00	1.6			20.20		32.39					
8	09/03.10	6	8/3/09 10:03	9/3/09 10:17	24:14:00	0.9	5.61	6.18	1.55	8.48	2.78	14.72	109.0	98.9	13.60	11.62
8	10/03/2010	1	9/3/09 9:05	10/3/09 8:45	23:40:00	1.5										
8	10/03/2010	2	9/3/09 9:41	10/3/09 9:04	23:23:00	1.3										
8	10/03/2010	3	9/3/09 9:17	10/3/09 9:09	23:52:00	1.7	6.1	6.1	19.20	19.10	30.90	30.80	99.7	99.6	10.90	10.90
8	10/03/2010	4	9/3/09 8:19	10/3/09 8:08	23:49:00	1.6	5.8	7.2	17.70	19.60	28.45	31.60	105.5	81.9	11.70	8.80
8	10/03/2010	5	9/3/09 8:45	10/3/09 8:36	23:51:00	1.6	6.6	6.6	20.30	20.30	32.50	32.50	91.5	91.2	9.80	9.80
8	10/03/2010	6	9/3/09 10:19	10/3/09 9:42	23:23:00	0.9										
8	11/03/2010	1	10/3/09 8:47	11/3/09 8:54	24:07:00	1.5										
8	11/03/2010	2	10/3/09 9:06	11/3/09 9:17	24:11:00	1.3										
8	11/03/2010	3	10/3/09 9:11	11/3/09 9:07	23:56:00	1.7			17.87		28.98					
8	11/03/2010	4	10/3/09 8:10	11/3/09 8:13	24:03:00	1.6			18.29		29.59					
8	11/03/2010	5	10/3/09 8:39	11/3/09 8:38	23:59:00	1.6			20.03		32.12					
8	11/03/2010	6	10/3/09 9:44	11/3/09 9:42	23:58:00	0.9										
8	12/03/2010	1	11/3/09 8:49	12/3/09 7:05	22:16:00	1.5	5.54	5.82	19.93	20.19	31.99	32.38	74.8	70.3	8.30	7.69
8	12/03/2010	2	11/3/09 9:08	12/3/09 7:48	22:40:00	1.3	4.98	6.3	18.26	18.76	29.36	30.28	72.5	64.6	8.06	7.06
8	12/03/2010	3	11/3/09 9:13	12/3/09 8:34	23:21:00	1.7			18.15		29.41					
8	12/03/2010	4	11/3/09 8:12	12/3/09 7:45	23:33:00	1.6			17.83		28.92					
8	12/03/2010	5	11/3/09 8:41	12/3/09 8:08	23:27:00	1.6			19.21		30.95					
8	12/03/2010	6	11/3/09 9:46	12/3/09 8:12	22:26:00	0.9	6.11	6.4	19.79	19.85	31.74	31.89	66.8	63.7	7.29	6.87

Annexe 4 : Extrait des « observations zoologiques spéciales de la topographie zoologique des étangs de Caronte, de Labillon, de Berre et de Bolmon de Paul Gourret, 1907 ». Crustacés.

PALÆMON RECTIROSTRIS, ZADD.

(*P. adpersus*, RATHKE.)

Les *Carambo-joubert* des pêcheurs martégaux correspondent bien à l'espèce de la mer Noire décrite par Rathke sous le nom de *Palæmon adpersus*. Ils se rencontrent partout dans les algues littorales et les Zostères de Caronte et de Berre, ils s'engagent même avec leur congénère, du reste assez peu fréquent, le *Palæmonetes varians*, Hell., dans les eaux les plus salées de Bolmon.

Leur nombre est plus grand de Septembre à la fin de l'hiver que pendant la saison chaude ; il est néanmoins toujours représenté par quelques individus.

Avec les Crangons il donne lieu en hiver à une pêche suivie (drague à crevettes). D'ailleurs toutes les crevettes capturées dans le courant de l'année

par les divers ganguis (gangui à moulinet, gangui à Cabassons, etc.) servent pour amorcer les palangres.

Les femelles portent les œufs entre les pattes depuis Mai jusqu'au début de Septembre, tandis que celles du Crangon les portent dès la première dizaine de Décembre jusqu'à la fin de Février.

Les Macroures des eaux saumâtres comptent encore d'autres espèces, *Homarus vulgaris*, M. Edw., *Palinurus vulgaris*, toutes deux très rares et prises jusqu'à la Mède, ainsi que *Diogenes varians*, Heller, dans les *Nassa reticulata* et les *Cerithium vulgatum* de la vase du Canal maritime.

Annexe 5 : Quelques statistiques de pêche des années 1900 et 1950

— 153 —

TABLEAU RÉCAPITULATIF
DES POISSONS, CRUSTACÉS ET MOLLUSQUES COMESTIBLES
pris dans Caronte, l'Étang de Berre, Bolmon et Saint-Chamas.

DÉSIGNATION	1886	1887	1888	1891	1900	1901
Muges.....	128.249	102.000	146.579	60.662	121.387	171.400
Loups ou Bars.....	8.468	26.007	39.212	21.952	21.808	48.057
Daurades.....	1.598			982	19.490	19.589
Anguilles.....	90.025	12.377	35.875	21.917	73.700	89.390
Aiguilles.....	505	1.500	3.200	350	1.308	1.137
Mullidés.....	585	755	1.500	3.878	12.071	11.043
Saupes, Sparailleurs, Sars, Dentés et Aloses.....	369	*	*	*	*	*
Anchois.....	2.500	9.700	16.000	3.090	*	*
Sardines.....	34.776	32.600	28.580	8.658	53.932	68.325
Mélettes.....	500	*	*	200	3.366	12.670
Sauclets.....	280	*	*	*	*	*
Athérines Mochons.....	8.460	200	3.700	940	15.600	14.330
Soles.....	1.985	*	*	5.682	23.308	37.823
Flets Moineaux.....	320	*	900	6.038	11.533	8.566
Crénilabres et Gobies.....	61.400	1.300	8.837	10.745	12.138	12.608
Carcinus Mœnas.....	1.100	10.500	23.500	3.688	11.600	7.600
Crevettes et Crangons.....	905	*	4.500		450	570
Moules (hectolitres).....	713.215	28.800	374.000	143.747	15.935	29.090

Voici donc un relevé de la pêche de quelques espèces de poissons en 1946-1952. (Quantités calculées en Kg.)

Année	Sardines	Muges	Loups	Daurades	Anguilles	Solles	Maquereaux	Divers
1946	132.739	36.571	8.324	5.064	23.246	4.165	12.502	46.711
1947	173.223	98.396	12.590	1.574	13.611	10.075	9.538	55.415
1948	201.754	72.674	17.882	2.612	62.215	6.522	19.579	72.007
1949	262.812	63.211	11.197	2.761	62.935	6.159	30.529	48.139
1950	69.203	62.663	12.005	4.013	25.547	4.065	29.576	29.357
1951	198.006	53.809	9.999	3.170	67.981	5.643	11.866	22.664
1952	69.078	76.630	22.940	7.008	71.879	5.746	22.957	48.894

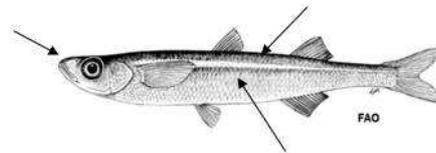
Extrait de Petit et Schachter (1955)

Annexe 6 : Fiches de synthèse des principales espèces rencontrées .

Sauclet (*Atherina hepsetus*, Linné, 1758)



Taille adulte : 10–13 cm
Age reproduction : 1 an
Période reproduction : Mars à Juin
Longévité : 3–4 ans
Fécondité : Plusieurs milliers d'ovocytes



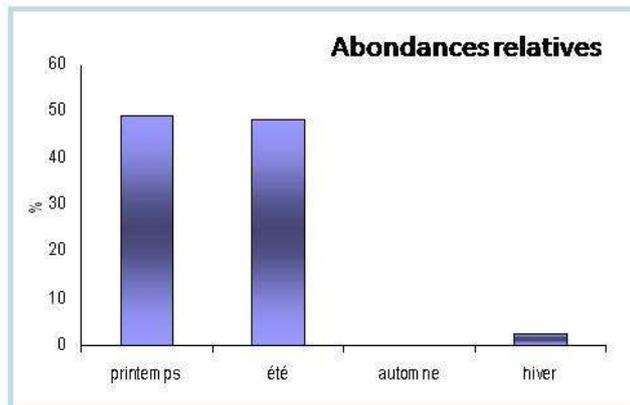
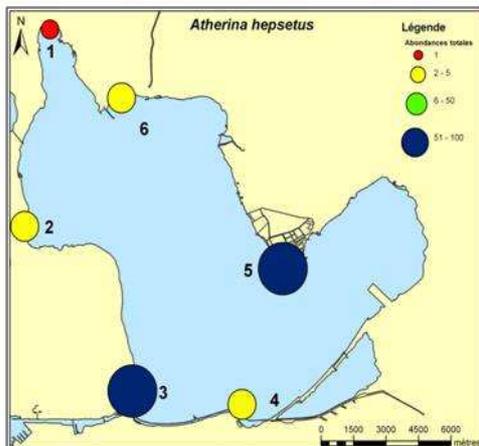
Guilde écologique : estuarienne résidente
Guilde trophique : zooplanctonophage
Répartition verticale : pélagique
Comportement : grégaire, sédentaire
Place dans chaîne alimentaire : fourrage

Identification :

- tête fine à museau long (environ diamètre de l'œil)
- corps fin subcylindrique
- dos gris-beige translucide orné de petites écailles cercleées de noir
- bande longitudinale sombre surmontée d'une ligne brillante souvent bleue

Habitat : estuaires et lagunes côtières, zones littorales abritées et fonds rocheux à sableux, 1 à 10m

Statut UICN : Préoccupation mineure



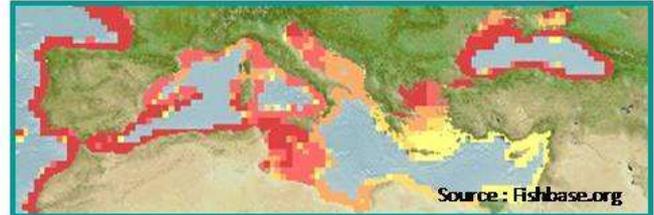
Mode de pêche dans Berre :
capêchage maille fine

**Espèce peu présente, peu abondante
avec fluctuations saisonnières**

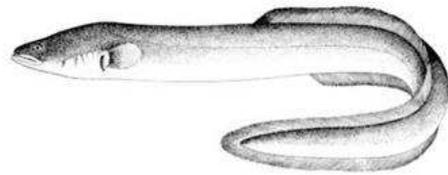
Habitat, zone prédilection dans Berre :
espèce typique des zones littorales qui affectionne les fonds sableux à rocheux entre 1 et 10 m de profondeur.

- **nom local :** sauclet ou cabasson
- **consommation :** en friture

Anguille d'Europe (*Anguilla anguilla*, Linné, 1758)



Taille adulte : 30-120 cm
Age reproduction : 5-20 ans
Période reproduction : avril à juin
Longévité : 10-20 ans
Fécondité : 0,7 à 2,5 millions ovocytes par kg



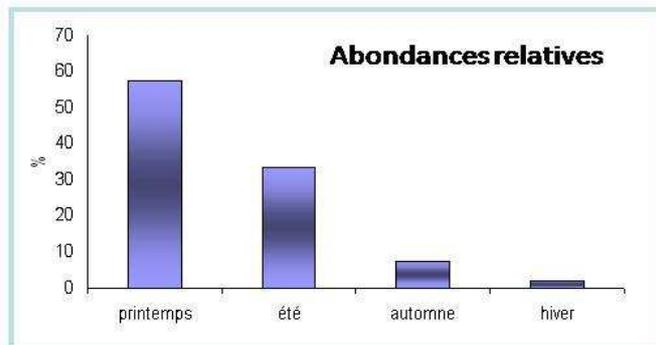
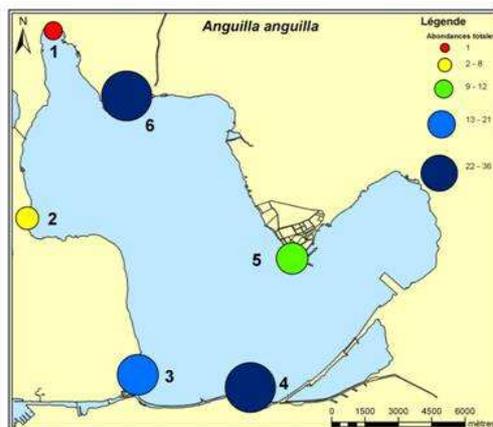
Guilde écologique : catadrome
Guilde trophique : omnivore
Répartition verticale : démersal
Comportement : migrateur
Place dans chaîne alimentaire : prédateur ubiquiste

Identification :

- corps serpentiforme
- nageoire dorsale, caudale et anale fusionnées
- absence de nageoires pelviennes

Habitat : eaux littorales (estuaires, lagunes, marais...) et continentales (fleuves, rivières, lacs...)

Statut UICN : En danger critique d'extinction



Mode de pêche dans Berre :
capéçhade

Espèce très présente depuis "toujours"

Habitat, zone prédilection dans Berre :
fonds sableux, vaseux et enrochements

- **nom local :** anguille, fine
- **consommation :** très pêchée mais peu consommée, vente aux mareyeurs italiens

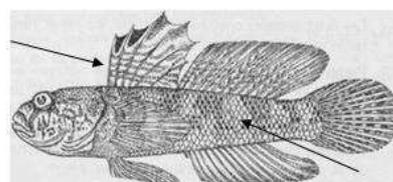
Gobie noir (*Gobius niger*, Pallas, 1811)



Taille adulte : 20-25 cm
Age reproduction : 2 ans
Période reproduction : Mars à septembre. 6 à 8 pontes par an par femelle
Longévité : 4-5 ans
Fécondité : 4 000 à 35 000 œufs au total

Guilde écologique : estuarienne résidente
Guilde trophique : invertébrés benthiques
Répartition verticale : benthique
Comportement : comportement social (couple avec défense du nid par le mâle) en période de reproduction. Sédentaire territorial
Place dans chaîne alimentaire : prédateur de crustacés divers, des vers et des bivalves

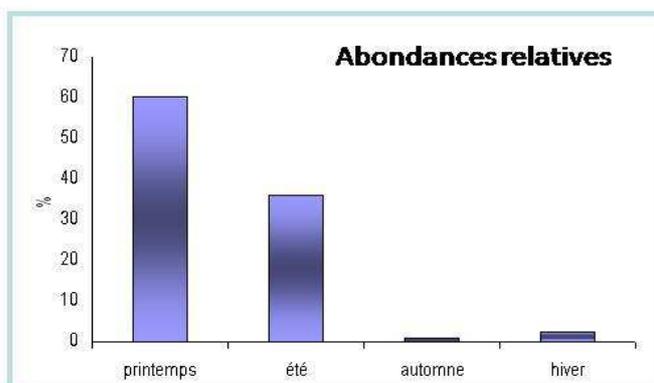
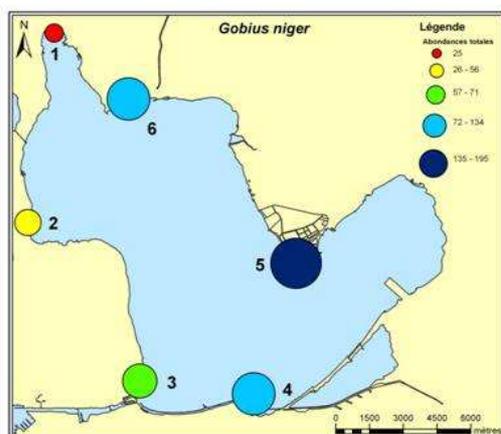
Habitat : milieux saumâtres à marin; fonds vaseux à sableux voire herbiers de phanérogames et zones peu profondes 10-15 m max



Identification :

- 1ère nageoire dorsale pointue chez l'adulte très haute chez le mâle
- coloration marbrée très variable. Ligne de points noirs groupés par 3 superposée à rangée de tâches sombres
- nuque couverte d'écaillés. Touffe peu développée de rayons filamenteux en haut de la nageoire pectorale

Statut UICN : Non évalué



Mode de pêche dans Berre :
 non concernée

Espèce présente, relativement abondante avec fluctuations saisonnières

Habitat, zone prédilection dans Berre :
 zone peu profonde avec substrat sableux ou vaseux

- **nom local :** gobie noir
 - **consommation :** non concernée

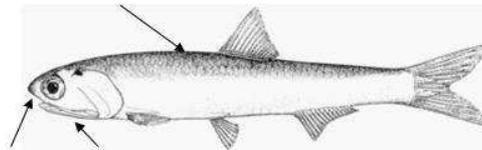
Anchois (*Engraulis encrasicolus*, Linné, 1758)



Taille adulte : 15-20 cm
Age reproduction : 1 an
Période reproduction : avril à novembre
Longévité : 3-4 ans
Fécondité : 9 000 à 30 000 œufs

Guide écologique : marine saisonnière
Guide trophique : zooplanctonophage
Répartition verticale : démersal
Comportement : grégaire formant de larges bancs, plutôt côtier, migrateur supportant eaux dessalées
Place dans chaîne alimentaire : fourrage

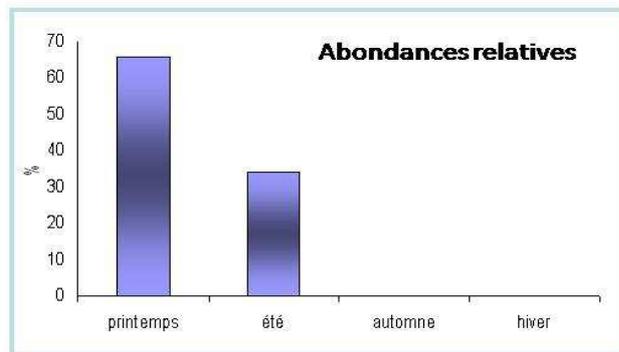
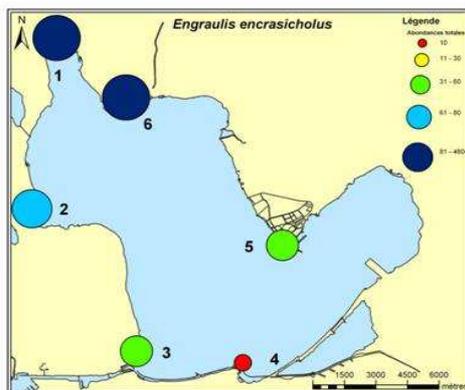
Habitat : zone côtière entre 2 et 50 m de profondeur avec salinité entre 5 et 41 ppt. Entre dans les estuaires et les lagunes



Identification :

- museau conique très proéminent
- grande bouche fendue très en arrière de l'œil
- corps très élancé, cylindrique, dos bleu-vert, flancs argentés et ventre blanc

Statut UICN : Non évalué



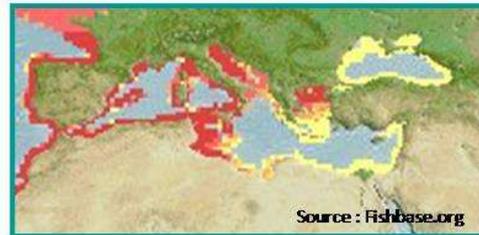
Mode de pêche dans Berre :
 capéçhade ou filets droits

Espèce présente depuis "toujours" avec fluctuations saisonnières

Habitat, zone prédilection dans Berre :
 zone littorale

- **nom local :** anchois
 - **consommation :** sous diverses formes (grillé, salé ...)

Bogue (*Boops boops*, Linné, 1758)



Source : Fishbase.org

Taille adulte : 20–25 cm

Age reproduction : 1 an

Période reproduction : avril à mai

Longévité :

Récondité : entre 300 000 et 400 000 ovocytes

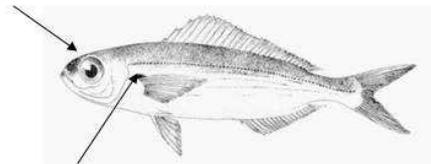
Guide écologique : marine adventice

Guide trophique : omnivore

Répartition verticale : pélagique

Comportement : vit en banc sur fonds variés avec préférence pour fonds rocheux

Place dans chaîne alimentaire : juvéniles carnivores et adultes plutôt herbivores



Identification :

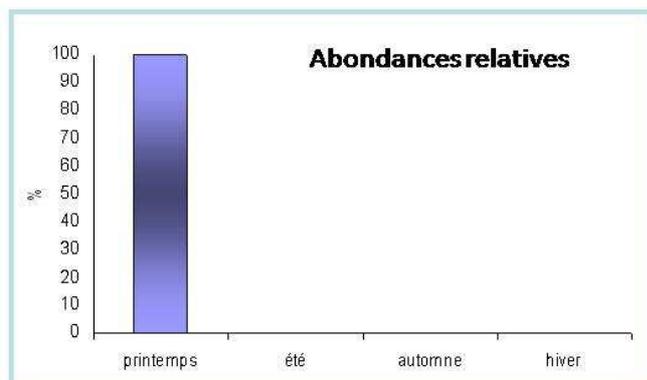
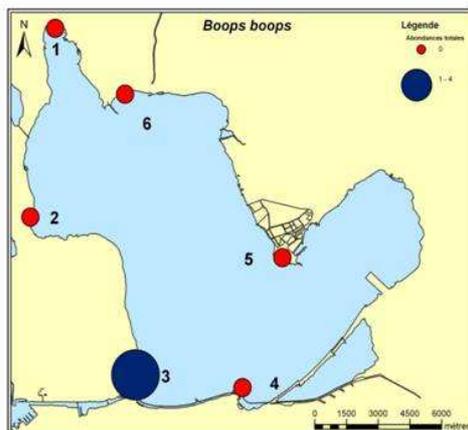
- œil gros (diamètre supérieur à la longueur du museau) et ligne latérale foncée

- corps fusiforme, tête arrondie

- dos gris, flancs argentés, tache noire à l'aisselle de la pectorale

Statut UICN : Non évalué

Habitat : zone côtière entre 5 et 30 m de fond (jusqu'à 200m)



Mode de pêche dans Berre :
capêchage ou filets droits

Espèce présente, peu abondante avec fluctuations saisonnières

Habitat, zone prédilection dans Berre :
espèce typique des zones littorales qui affectionne les fonds sableux à rocheux entre 1 et 10 m de profondeur.

- nom local : bogue