

Définition d'un protocole national de surveillance scientifique des "Fonctions écologiques des prés salés (ouverts à la mer) pour l'ichtyofaune" et sa mise en place sur le Bassin Seine-Normandie en 2017.

Observatoire du Patrimoine Naturel Littoral (RNF-AFB)

Rapport final – convention de partenariat AAMP/16/047



Mars 2018

Rédaction :

Emilie Le Luherne - Chargée d'étude scientifique RNF, en charge du volet "fonctions écologiques des prés salés (ouverts à la mer) pour l'ichtyofaune" de l'Observatoire Patrimoine Naturel Littoral RNF-AFB &

Emmanuel Caillot - Chargé de mission scientifique RNF, responsable de l'Observatoire du Patrimoine Naturel Littoral RNF-AFB

Relecture :

Aurélien Besnard, Alexandre Carpentier, Sylvain Duhamel, Emmanuel Joyeux, Yann Joncourt, Julien Pétilion, Alain Ponsero, Gwenola De Roton & Anthony Sturbois.

Clichés 1^{ère} de couverture : (haut) Vue à marée haute des prés salés de la RNN de la Baie de Saint-Brieuc / sources : RNN Baie de Saint-Brieuc ; (bas : à gauche et au milieu) Echantillonnage de l'ichtyofaune des prés salés de la Baie du Mont Saint-Michel / sources : RNF ; (bas : à droite) Prélèvements de bars pour l'analyse des contenus stomacaux / sources : RNF

Remerciements

Aux personnels des Aires Marines Protégées et de toutes les structures qui apportent leur contribution technique et scientifique à ce programme de surveillance :

Cellule de Suivi du Littoral Normand, Université de Rennes 1, Museum National d'Histoire Naturelle, RNN Baie de Saint-Brieuc, Vivarmor Nature, Saint-Brieuc Agglomération, RNN Marais de Séné, Bretagne Vivante-SEPNB, RNCFS Golfe du Morbihan, ONCFS, RNN Baie de l'Aiguillon, RNN Moëze-Oléron, LPO, CREN Poitou-Charentes et RNN Prés salés d'Arès et de Lège-Cap Ferret, ARPEGE.

Et plus particulièrement, aux membres du groupe de travail "fonctions écologiques des prés salés pour l'ichtyofaune" :

Aurélien Besnard, Sylvain Brun, Jérôme Cabelguen, Alexandre Carpentier, Gwenola De Roton, Philippe Delaporte, Richard Deneuic, Sylvain Duhamel, Christine Dupuy, Guillaume Gélinaud, Stéphane Guenneteau, Thomas Hérault, Yann Joncourt, Bastien Jorigne, Emmanuel Joyeux, Vincent Lelong, Jean-Christophe Lemesle, Julien Pétilion, Alain Ponsoero, Fanny Richard, Frédéric Robin, Manuel Sarraza, Anthony Sturbois et Loïc Valéry.

Aux partenaires qui apportent leur soutien financier et technique au développement de ce programme :

L'Agence Française pour la Biodiversité (AFB), l'Agence de l'Eau Seine Normandie (AESN), le Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive (CEFE), les Réserves Naturelles de France (RNF), la Cellule de Suivi du Littoral Normand (CSLN), l'Université de Rennes 1, le Museum National d'Histoire Naturelle (MNHN), l'UMR Littoral ENvironnement Et Sociétés et enfin le Grand Port Maritime du Havre (GPMH) qui a mis à la disposition de cette étude les séries de données disponibles pour l'Estuaire de la Seine.

Merci à Alexandre Carpentier (Maitre de conférences, Université de Rennes 1) et à Sylvain Duhamel (Ingénieur, responsable de projet, Cellule de Suivi du Littoral Normand) pour leurs conseils avisés et leur accompagnement en tant qu'ichtyologues, avec une mention spéciale pour Sylvain pour la mise à disposition et l'expertise des séries de données de l'Estuaire de la Seine. Merci à Aurélien Besnard (Maitre de conférences, CEFE/CNRS, Montpellier) pour son accompagnement scientifique dans l'analyse statistique des jeux de données. Merci à Julien Pétilion (Maître de conférences, HDR, Université de Rennes 1) pour ses conseils et sa collaboration dans la partie s'intéressant la communauté d'arthropodes des prés salés. Merci à Christine Dupuy (Professeur, HDR, UMR LIENSs, Université de La Rochelle) pour ses conseils et sa collaboration vis à vis du méso-zooplancton des chenaux des prés salés. Merci à Loïc Valéry (chercheur contractuel, MNHN, Paris), Frédéric Bioret (Professeur, HDR, Université de Bretagne Occidentale) et Sébastien Gallet (Maître de conférences, Université de Bretagne Occidentale) pour leurs conseils sur le volet optionnel du protocole relatif à la végétation des prés salés aux abords des stations d'échantillonnage. Et enfin, un grand merci à Pierre Thiriet (Chargé de mission DCSMM, MNHN, Dinard) pour ses conseils avisés, engageant les premières pistes de développement de descripteurs et d'indicateurs en lien avec le programme de surveillance de la DCSMM.

Sommaire

Remerciements	1
Sommaire	2
Introduction	4
1. L'Observatoire du Patrimoine Naturel Littoral (RNF-AFB)	4
1.1. Présentation.....	4
1.1. Objectifs	4
1.2. Fonctionnement.....	5
2. Intérêts des prés salés pour l'ichtyofaune.....	5
2.1. Les habitats de prés salés	5
2.2. Fonctions écologiques des prés salés (ouverts à la mer) pour l'ichtyofaune	6
2.3. Modification et gestion des prés salés	7
2.4. Développement du volet "fonctions écologiques des prés salés (ouverts à la mer) pour l'ichtyofaune" de l'Observatoire	8
Champs d'action	11
3. Recueil et harmonisation des jeux de données "Fonctions écologiques des prés salés pour l'ichtyofaune"	11
4. Formulation des principales questions communes de gestion	12
5. Bilan des profils environnementaux des sites suivis et développement de l'approche intersites	12
5.1. Profils environnementaux des sites suivis	12
5.2. Premières pistes de développement de descripteurs et d'indicateurs en lien avec le programme de surveillance de la DCSMM	19
6. Vers une bonne adéquation entre l'effort d'échantillonnage et les données attendues pour répondre aux questions communes de gestion	22
6.1. A quelle fréquence réaliser les campagnes de pêche pour avoir une bonne représentation de la variabilité interannuelle ?.....	22
6.2. Quels sont les mois à suivre pour avoir une bonne représentation des assemblages ichtyologiques utilisant les prés salés ?.....	25
6.3. A quel moment du jusant faut-il réaliser les pêches pour échantillonner un assemblage ichtyologique représentatif de la station ?	28
6.4. Combien de station par site faut-il choisir pour échantillonner un assemblage ichtyologique représentatif du site ?	32
6.5. Combien de réplicats de mesure physico-chimique (température et salinité) faut-il réaliser par pêche pour évaluer leur variabilité intra-campagne ?.....	35

7. Proposition d'un protocole d'échantillonnage.....	38
7.1. Choix des stations	38
7.2. Socle commun.....	39
7.3. Volets optionnels	41
8. Valorisation et communication du travail	47
Perspectives	49
9. Poursuivre l'évaluation de la capacité du protocole à produire des données adaptées pour répondre aux questions de gestion communes au réseau de sites.....	49
10. Poursuivre et consolider le réseau de surveillance scientifique initié pour développer en routine des argumentaires scientifiques au service de la gestion des sites et alimenter le programme de surveillance de la DCSMM.....	49
10.1. Gestion adaptative des sites	49
10.2. Programme de surveillance de la DCSMM	50
Bibliographie.....	52
Annexes	57

Introduction

1. L'Observatoire du Patrimoine Naturel Littoral (RNF-AFB)

1.1. Présentation

Animé par les Réserves Naturelles de France (RNF) depuis 2000, l'Observatoire du Patrimoine Naturel Littoral (RNF-AFB) doit son origine à un groupe de gestionnaires de réserves naturelles littorales souhaitant accéder à une meilleure compréhension de leurs espaces naturels. Dans cet objectif, l'Observatoire fonde sa démarche sur l'élaboration de méthodes de surveillance standardisées permettant la mise en œuvre d'approches intersites.

Les programmes de surveillance scientifique de l'Observatoire sont organisés pour répondre aux besoins de connaissance et d'évaluation de quelques grands enjeux de conservation du patrimoine naturel au service d'une gestion adaptative. Actuellement, trois programmes de surveillance sont développés par l'Observatoire : le volet "Limicoles côtiers", le volet "Habitats benthiques intertidaux" et le volet "Fonctions écologiques des prés salés pour l'ichtyofaune". Ces programmes sont élaborés en complémentarité et en lien avec les réseaux et les dispositifs de surveillance existants (e.g. WI ; REBENT ; OEZH ; DCE ; WSG ; MigrAction ; DCSMM). L'ensemble des Aires Marines Protégées (e.g. sites Natura 2000, Réserves Naturelles, sites du Conservatoire du Littoral, Parcs Naturels Marins, réserves de chasse, APPB) ainsi que des secteurs sans classement particulier (i.e. appartenant au Domaine Public Maritime) du littoral national sont ainsi susceptibles d'être intégrés aux programmes de l'Observatoire.

Au sein de l'Observatoire, RNF anime la construction des protocoles de surveillance standardisés, accompagne les gestionnaires pour la mise en œuvre de ces protocoles (via des formations, ateliers techniques, etc.) et assure la bancarisation et la valorisation des données. L'analyse de ces données standardisées permet de caractériser et d'évaluer l'état de conservation et/ou l'état écologique des habitats ciblés via la production d'indicateurs en routine. Ce processus de connaissance et d'évaluation intersites est valorisé à l'échelle locale pour la gestion des sites (documents de gestion et tableaux de bords associés) et à l'échelle nationale pour alimenter les différents niveaux de rapportage relatifs aux engagements de l'Etat et des Collectivités territoriales (DHFF et DCSMM).

1.1. Objectifs

Les principaux objectifs de l'Observatoire sont de :

- Dynamiser et structurer des échanges entre les différents sites et gestionnaires d'espaces naturels littoraux pour disposer d'un outil de surveillance littorale adapté aux enjeux de conservation de ces milieux
- Elaborer et mettre en œuvre des outils de suivis scientifiques communs et standardisés
- Alimenter l'Observatoire National de la Biodiversité et favoriser le partenariat avec les autres réseaux et acteurs de surveillance

- Fournir des éléments de réflexion sur le rôle des espaces protégés pour la conservation et la protection du patrimoine naturel littoral
- Intégrer les espaces naturels du littoral à des programmes de surveillance et de recherche
- Accompagner l'émergence de nouvelles stratégies de gestion et de conservation de la nature

1.2. Fonctionnement

Le fonctionnement de l'Observatoire repose sur l'animation d'un comité de pilotage dont les rôles sont :

- L'accompagnement des sites et des gestionnaires dans une démarche de mise en réseau
- Le dimensionnement des moyens techniques et financiers du réseau
- La définition et l'ajustement des protocoles d'acquisition de données, standards et reproductibles via l'animation de groupes de travail thématiques associant gestionnaires et scientifiques
- L'animation d'un comité scientifique et technique pérenne et inter-réseau, garant de la validation scientifique des dispositifs de surveillance développés
- Le développement de connections avec les autres réseaux et acteurs du suivi et leurs projets à plusieurs échelles géographiques, nationales, européennes et internationales

Cette activité se traduit par le développement d'une base de données commune pour la centralisation des données nationales. Les données collectées sont stockées via le logiciel SERENA. Les contributions et les restitutions de l'information se font sous différentes formes :

- Production de synthèses annuelles, publications et extractions de données selon les besoins des contributeurs
- Alimentation de l'Observatoire National de la Biodiversité, via le SINP volet mer
- Contribution à la réalisation des tableaux de bord de l'Agence Française pour la Biodiversité et des Réserves Naturelles marines et littorales

2. Intérêts des prés salés pour l'ichtyofaune

2.1. Les habitats de prés salés

Situés à l'interface entre milieux terrestres et océaniques, les écosystèmes côtiers et estuariens sont des zones de transferts dynamiques jouant un rôle fondamental d'un point de vue biologique et écologique. Ces écotones (i.e. zone de transition entre deux écosystèmes) sont caractérisés par la forte variabilité de leurs conditions abiotiques le long de gradients géographiques et temporels (i.e. salinité, température, pH et oxygène dissous; Allen et al., 2006) ainsi que par des apports importants de nutriments et de matière organique d'origines terrestre et marine.

Localisés en fond de baie et d'estuaire, les prés salés font partie de ces écotones régis par les submersions tidales. Un réseau de chenaux permet la circulation périodique de la mer au sein du pré salé lors du flot et du jusant (Fig. 1). La surface inondée ainsi que la périodicité et la durée de l'inondation dépendent du régime et de l'amplitude tidale (Laffaille, 2000). En Europe du Nord, le régime tidal semi-diurne inonde les prés salés deux fois par jour. Cette alternance d'inondation et d'exondation structure l'installation de la flore et de la faune. Deux zones se distinguent : la slikke, zone de vase nue, et le schorre, zone herbacée (Fig. 1). Sur le schorre, un gradient complexe résultant de l'expression de multiples facteurs environnementaux (i.e. principalement la salinité, les conditions

édaphiques, l'hydromorphie et l'héliophilie) structure la composition de la végétation en permasséries (Fig. 1 ; Rivas-Martinez, 2005). Une permassérie est une association végétale correspondant à une végétation permanente d'un secteur littoral (Rivas-Martinez, 2005).

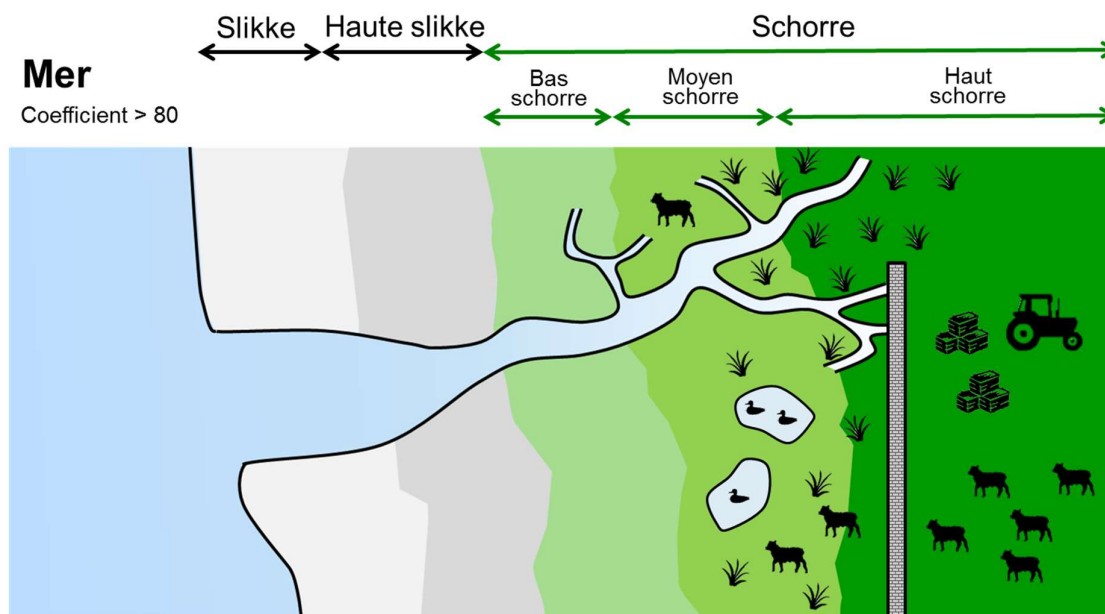


Figure 1 – Zonation de la végétation et schématisation des principales perturbations anthropiques du pré salé (i.e. mare de chasse, envahissement par le chiendent littoral (*Elymus athericus*), polder d'endiguement, fauchage et pâturage).

La haute slikke est caractérisée par une végétation clairsemée d'espèces pionnières telles que les salicornes (*Salicornia spp.*) et les spartines (*Spartina spp.*). En amont, le bas schorre est dominé par la puccinellie maritime (*Puccinellia maritima*) et le moyen schorre est essentiellement composé de l'obione faux-pourpier (*Halimione portulacoides*). Le haut schorre correspond à la permassérie la moins influencée par la marée. Les principales espèces qui s'y développent sont des graminées telles que la fétuque rouge (*Festuca rubra*), l'agrostis stolonifère (*Agrostis stolonifera*), le jonc de Gérard (*Juncus gerardii*) et le chiendent littoral (*Elymus athericus*) (Verger, 1995).

Dans ces systèmes, la production végétale n'est pas la seule source de carbone et d'énergie pour les hétérotrophes (Adam, 1990). La productivité de ces écotones est caractérisée par un "coupling system" (Hasler, 1975) combinant les phénomènes "d'inwelling" et "d'outwelling". Les nutriments sont importés par la marée et le ruissellement des eaux dans les bassins versants (phénomène "d'inwelling"; Dame and Allen, 1996), et la matière organique est exportée par la marée et les vecteurs biotiques (phénomène "d'outwelling"; Odum, 1968).

Cette caractéristique confère à ces écosystèmes une productivité primaire parmi les plus importantes de la biosphère (jusqu'à 36 tonnes de matière sèche/ha/an en Europe; Teal, 1962; Lefeuvre et al., 2000).

2.2. Fonctions écologiques des prés salés (ouverts à la mer) pour l'ichtyofaune

Les prés salés sont des milieux très riches et hétérogènes qui possèdent des conditions et des habitats uniques assurant de nombreuses fonctions écosystémiques (Lefeuvre et al., 2003). Leurs

caractéristiques physiques offrent une protection contre la houle aux habitats situés en amont (Meirland et al., 2012) et permettent d'intercepter et de recycler le surplus d'azote issu des bassins versants avant leur arrivée en mer (Nelson and Zavaleta, 2012).

Par ailleurs, ce sont des habitats privilégiés pour de nombreuses espèces (Pennings and Bertness, 2001) bien que leurs contraintes écologiques en fassent des milieux supportant une faible diversité spécifique (Whitfield et al., 1994). La localisation géographique de ces habitats, à l'interface entre les milieux marins et dulçaquicoles, permet l'accueil de différentes espèces marines, dulçaquicoles, migratrices et estuariennes pouvant tolérer des forts gradients de salinité. Ainsi, selon l'espèce ichtyologique considérée, ces habitats peuvent remplir différentes fonctions écologiques. Ils peuvent être utilisés en tant que zone de nourricerie, zone de frayère, zone d'alimentation ou corridor de migration (Laffaille et al., 2000, 2001; Cattijisse and Hampel, 2006). La fonction de nourricerie de ces habitats a été étudiée dans différents sites européens (e.g. Costa et al., 1994; Minello et al., 2003; Cattijisse and Hampel, 2006) et plus particulièrement en France (e.g. Laffaille, 2000; Parlier, 2006; Gouin, 2012). Ces études ont appuyé le rôle fonctionnel des prés salés en tant que nourricerie côtière, notamment pour le bar européen (*Dicentrarchus labrax*; Laffaille et al., 2000). Les nourriceries sont des habitats spécifiques aux superficies restreintes qui offrent des conditions favorables à la survie et à la croissance des juvéniles, notamment des températures estivales plus élevées que dans les eaux du large, de fortes disponibilités alimentaires et une protection accrue contre les prédateurs (Gibson, 1994; Beck et al., 2001; Le Pape and Bonhommeau, 2015). Les juvéniles de nombreuses espèces dépendent de ces secteurs de nourricerie et profitent de leurs conditions particulières en terme d'habitat et de productivité pour se développer, puis ils rejoignent le stock adulte plus au large jusqu'à leur maturité sexuelle (i.e. phase de recrutement).

Une diminution de la superficie et/ou de la qualité de ces habitats peut affecter les fonctions écologiques qu'ils remplissent et donc impacter les populations de poissons associées. De plus, il a été mis en évidence que la spécificité et la structure des communautés végétales du pré salé influencent directement les possibilités d'alimentation de l'ichtyofaune (Laffaille et al., 2005) et donc les fonctions écologiques du pré salé.

Il est alors intéressant de se pencher sur l'analyse des fonctions écologiques des prés salés sur le littoral français et des effets de différentes mesures de gestion et du réchauffement climatique sur leurs fonctions.

2.3. Modification et gestion des prés salés

En France, les prés salés couvrent environ 100 km² soit 0.02 % du territoire et sont considérés comme des espaces rares et remarquables (Meunier and Joyeux, 2003), inscrits à la Directive Habitat (1992). La conservation de ces habitats est classée prioritaire au niveau européen.

Toutefois, ces habitats sont utilisés pour diverses activités anthropiques d'exploitation et de loisir et peuvent être soumis à des actions de gestion conservatoire (Fig. 1).

Historiquement, ils ont été fortement aménagés par les polders d'endiguements afin de gagner des terres sur l'estran pour les activités agricoles comme le pâturage et le fauchage et pour faire face à des enjeux démographiques croissants (Bertrand and Goeldner, 1999). De lourds aménagements maritimes et portuaires ont aussi été réalisés sur ces habitats pour faciliter les déplacements maritimes des villes portuaires situées en amont des estuaires (Cox et al., 2003). Ces modifications du trait de côte et de l'estran s'accompagnent d'autres usages anthropiques des prés salés tels que la

conchyliculture, la mytiliculture et des activités professionnelles de pêche, de pêche à pied et de cueillette de salicornes. A ces activités économiques s'ajoute la pratique d'activités de loisirs cynégétiques (mares de chasse) et naturalistes.

Ces utilisations du pré salé tendent à modifier directement et indirectement la structure et le fonctionnement de ces habitats.

La gestion de ces habitats dans des zones protégées (e.g. Réserve Naturelle) peut aussi modifier leurs fonctions écologiques. Par exemple, la mise en œuvre de pratiques de fauchage pour favoriser l'accueil d'espèces avicoles dans des reposoirs de pré salé peut modifier indirectement la composition de la communauté d'arthropodes et donc le régime alimentaire d'espèces de l'ichtyofaune (Laffaille et al., 2005; Parlier, 2006; Joyeux et al., 2014). La mise en œuvre de pratiques de gestion dans ces habitats doit donc intégrer leurs potentielles répercussions sur l'ensemble de l'écosystème (Joyeux et al., 2014). Actuellement, de plus en plus de Réserves Naturelles se tournent vers le choix d'une limitation de l'interventionnisme dans ces habitats (Joyeux et al., 2014).

Des perturbations liées aux changements globaux viennent s'ajouter aux modifications de ces habitats induites par les activités anthropiques d'exploitation, de loisir et de gestion. Les modifications des régimes de submersion, de température, d'acidité et de salinité des eaux sont susceptibles d'impacter les prés salés (Allen and Duffy, 1998; Simas et al., 2001).

2.4. Développement du volet "fonctions écologiques des prés salés (ouverts à la mer) pour l'ichtyofaune" de l'Observatoire

Actuellement, les fonctions écologiques des prés salés pour l'ichtyofaune ont été étudiées au cas par cas dans différents sites de prés salés en France (e.g. Laffaille, 2000; Parlier, 2006; Joyeux et al., 2017) et ailleurs dans le monde (e.g. Minello et al., 2003; Cattrijsse and Hampel, 2006). Peu d'études se sont intéressées à des comparaisons inter-sites des assemblages ichtyologiques présents dans les prés salés et aux rôles joués par les prés salés pour ces assemblages en fonction de leurs caractéristiques écologiques (Mathieson et al., 2000). Les prés salés sont des écosystèmes dynamiques faisant face à diverses perturbations anthropiques et climatiques. Le suivi des fonctions écologiques des prés salés pour l'ichtyofaune en prenant en compte les évolutions spatiales et temporelles de ces écosystèmes apparaît primordial. C'est dans ce contexte que se situent cette étude et le réseau de surveillance scientifique initié par RNF.

Le programme de surveillance scientifique des fonctions écologiques des prés salés pour l'ichtyofaune a été initié en 2012 par des premières campagnes d'échantillonnage réalisées indépendamment dans les Réserves Naturelles de la baie de Saint-Brieuc et la baie de l'Aiguillon. Ces études se sont penchées sur l'intérêt des prés salés comme zone de nourricerie pour les juvéniles de poissons.

En 2014, un séminaire s'intéressant aux "Suivis des prés salés" a été organisé à Agon-Coutainville par RNF et l'AFB (anciennement AAMP) avec le soutien de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie. Ce séminaire a permis de préciser les principaux enjeux de conservation des prés salés et de réaliser un état de l'art des suivis scientifiques menés sur le territoire national. A partir de ces échanges, quelques thématiques de surveillance pour lesquelles des dispositifs de collecte de données harmonisés intersites étaient nécessaires ont été priorisées dont la surveillance des "fonctions écologiques des

prés salés pour l'ichtyofaune". Pour la mise en œuvre de ce suivi, un groupe de travail animé par RNF réunissant les gestionnaires et les scientifiques a été créé.

Ce groupe de travail s'est réuni deux fois en 2015 (le 12.02.15 à Nantes et le 23.11.15 à Rennes) et le 05.02.16 (visioconférence) afin de définir les objectifs de ce programme de surveillance et de rédiger un protocole commun pour une mise en œuvre standardisée.

Ce protocole commun s'appuie sur celui développé par Laffaille (2000). Les campagnes annuelles d'échantillonnage de l'ichtyofaune sont réalisées avec un pas de temps de 2 ans. Une "campagne" est composée de 3 "sessions de pêche" réalisées en mai, juillet et septembre. Les échantillonnages sont réalisés à l'aide de 3 engins de pêche (un verveux à ailes, un filet droit et un filet trémail) mis en pêche lors du jusant, après l'étalement de pleine mer à des coefficients compris entre 80 et 100. Au cours d'une "session de pêche", la relève des engins de pêche toutes les 20 min constitue la "pêche". Les captures sont identifiées et des mesures de taille (longueur à la fourche) et de masse sont effectuées sur le terrain pour les individus de grande taille. Pour les espèces de petite taille, posant des difficultés d'identification sur le terrain, ces mesures sont réalisées au laboratoire.

Des mesures de salinité et de température sont effectuées toutes les 30 min à partir de la mise en pêche des engins de pêche jusqu'à leur fin.

Un suivi de la ressource alimentaire est effectué à partir de l'analyse des contenus stomacaux d'espèces cibles (bar, gobie et daurade) et d'un suivi des populations d'amphipodes du pré salé. L'échantillonnage des populations d'amphipodes est réalisé en mai à l'aide de pièges Barber. Le traitement de ces échantillonnages permet d'obtenir une biomasse sèche d'amphipodes par station. Ces résultats sont à relier aux données issues de l'analyse des contenus stomacaux pour permettre d'établir d'éventuelles correspondances.

En 2015, une première campagne d'échantillonnage commune a été réalisée par les 10 sites contributeurs suivants : l'estuaire de la Seine (ESE), l'estuaire de l'Orne (EOR), la baie des Veys (BVE), le havre de la Sienne (HSI), la baie du Mont Saint-Michel (BMO), la baie de Saint-Brieuc (BSA), le golfe du Morbihan (GMO), la baie de l'Aiguillon (BAI), l'estuaire de la Gironde (EGI) et le bassin d'Arcachon (BAR) (Fig. 2).

En 2016, les personnels de ces 10 sites contributeurs ont participé à une formation RNF-ATEN du 06 au 09 juin à Dinard afin d'harmoniser la mise en œuvre des matériels et méthodes de terrain et de laboratoire.

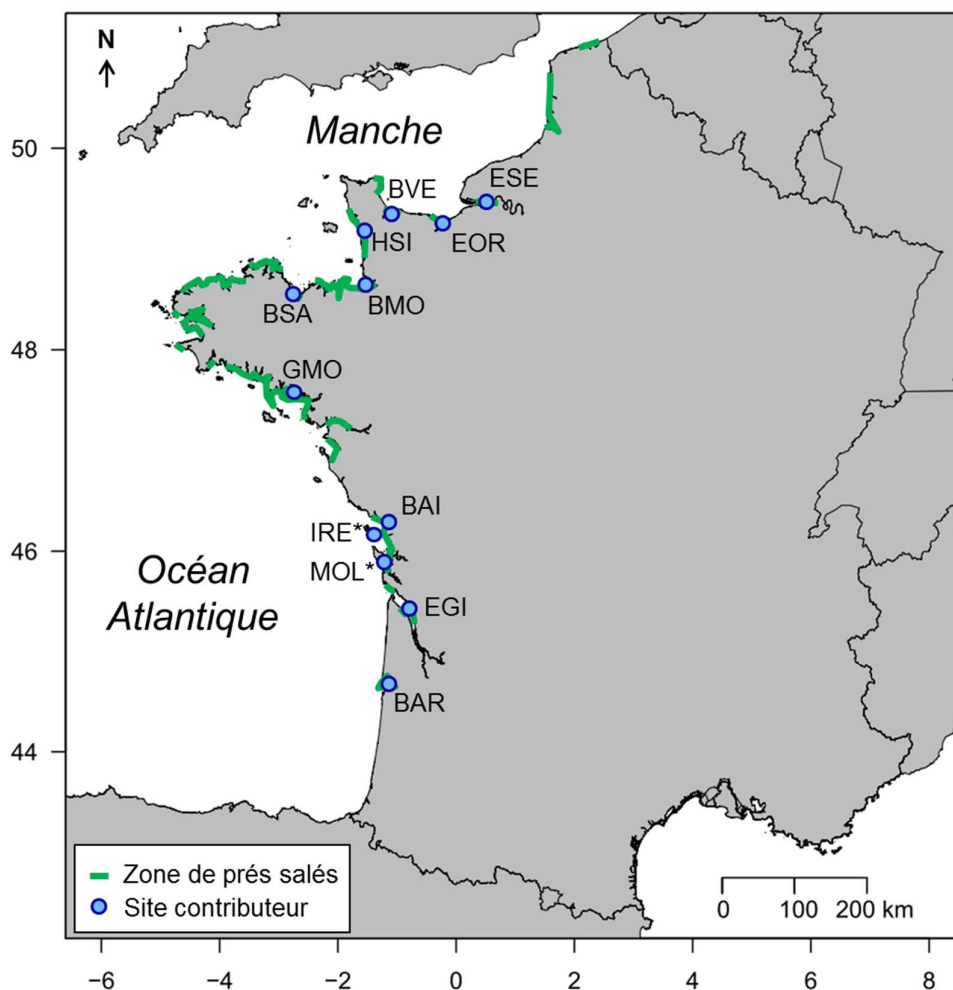


Figure 2 – Localisation des zones de prés salés en France métropolitaine et des 12 sites contributeurs du volet "fonctions écologiques des prés salés pour l'ichtyofaune" de l'Observatoire (* : ces sites ont été ajoutés au programme à partir de 2017).

Suite à ces premiers échantillonnages standardisés, le groupe de travail a souhaité tester statistiquement la robustesse du protocole utilisé pour répondre aux questions communes de gestion ayant émergées des précédentes réunions. Une convention de partenariat a été établie le 30.09.16 pour "la définition d'un suivi de la fonction de nourricerie des prés salés et sa mise en place sur le bassin Seine-Normandie en 2017". Cette convention de partenariat a été contractée par 6 partenaires scientifiques et techniques et différents organismes gestionnaires : Réserves Naturelles de France, l'Agence Française pour la Biodiversité, l'Agence de l'Eau Seine-Normandie, le Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, la Cellule de Suivi du Littoral Normand et le Museum National d'Histoire Naturelle.

Cette convention de partenariat a permis le recrutement en CDD d'une chargée d'étude scientifique RNF en novembre 2016 pour une durée de 9 mois qui correspond à la phase 1 de l'étude. Les travaux menés visaient à tester statistiquement l'adéquation entre les modalités du protocole mis en œuvre et les questions communes de gestion. Ces analyses ont pour but de définir les modalités d'un protocole standardisé pour la surveillance des "fonctions écologiques des prés salés pour l'ichtyofaune" et de proposer au besoin des améliorations du protocole. Les étapes de ce travail sont détaillées dans la partie "Champs d'action" de ce rapport.

3. Recueil et harmonisation des jeux de données "Fonctions écologiques des prés salés pour l'ichtyofaune"

Les données de l'ensemble des sites d'étude ont été recueillies en vue d'être standardisées (Annexe 1). Cependant, les jeux de données disponibles n'ont pas tous pu être utilisés pour les analyses statistiques. Les jeux de données présentant une série temporelle trop courte et ceux dont les données manquaient de précision et/ou n'étaient pas assez standardisées, n'ont pas été intégrés aux analyses.

Cinq jeux de données ont ainsi été sélectionnés pour tester la bonne adéquation du protocole avec les questions de gestion communes à l'ensemble des sites :

- Estuaire de la Seine (ESE)
- Baie du Mont Saint-Michel (BMO)
- Baie de Saint-Brieuc (BSA)
- Baie de l'Aiguillon (BAI)
- Bassin d'Arcachon (BAR)

Un travail de nettoyage des données a été effectué sur ces jeux de données afin d'éliminer les doublons et de vérifier la validité de données mal renseignées.

Le travail d'harmonisation des données a consisté à définir des référentiels communs et à standardiser la nomenclature des noms des campagnes, des sites, des stations, des engins et des taxons. Ces données standardisées ont ensuite été agrégées dans un tableau unique. Ce tableau regroupe les abondances brutes des espèces de chaque pêche et pour chaque engin de pêche.

Pour faciliter l'analyse des assemblages ichtyologiques, nous avons attribué une guildes écologique et une guildes de distribution verticale à chaque taxon (Annexes 2 et 3). Ces guildes sont issues de la classification des espèces établies pour l'analyse des communautés de poissons des masses d'eau de transition de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) (Elliott and Dewailly, 1995; Delpech et al., 2010; Nicolas et al., 2010).

Après avoir standardisé la nomenclature des taxons échantillonnés (Annexe 3), nous avons examiné la présence de doublons de genre dans les captures. Pour chaque pêche de chaque engin de pêche, nous avons vérifié que l'ensemble des individus d'un même genre étaient soit tous identifiés à l'espèce, soit tous identifiés au genre. La présence de ces doublons dans les pêches entraîne un biais dans le calcul de la richesse taxonomique de la pêche et doit donc être préalablement corrigée. Pour minimiser ce biais, dans une pêche donnée contenant des individus du même genre identifiés à l'espèce et au genre, l'ensemble des individus a été identifié au genre.

L'abondance totale et la richesse taxonomique ont ensuite été calculées par pêche, par campagne et par an.

4. Formulation des principales questions communes de gestion

Suite aux concertations conduites individuellement auprès des gestionnaires et aux réunions du groupe de travail, les questions de gestions communes à l'ensemble des sites ont été déterminées. Ces questions communes sont hiérarchisées comme suit en fonction de leur degré d'importance défini par les gestionnaires :

- 1- Quelles sont les fonctions écologiques des sites étudiés pour l'ichtyofaune ?
- 2- Quels sont les principaux facteurs environnementaux déterminant les assemblages ichtyologiques ? Comment agissent-ils sur les assemblages ichtyologiques ? Quelles sont les évolutions spatiale et temporelle de ces principaux facteurs d'influence ?
- 3- Existe-t-il des correspondances entre la typologie des habitats et la typologie des assemblages ichtyologiques ? Quelles sont les évolutions spatiale et temporelle de ces correspondances ?
- 4- Quels sont les effets des utilisations anthropiques des prés salés (e.g. fauchage et pâturage) sur les assemblages ichtyologiques et sur les fonctions écologiques des habitats (dont la fonction de nourricerie) ?
- 5- Dans le contexte de changement global (e.g. modification de la température, élévation du niveau marin), quid de la variabilité des assemblages ichtyologiques et des fonctions écologiques assurées par les prés salés ?
- 6- Existe-t-il des variations biogéographiques des assemblages ichtyologiques fréquentant les prés salés ?

Il est mis en avant que les questions 1 et 2 sont des questions clés pour le choix des métriques à collecter. Les questions 3 à 6 sont, quant à elles, des questions qui pourront être examinées à partir des jeux de données collectés et des métriques identifiées par les questions 1 et 2. L'étude des questions 3 à 6 nécessitera d'avoir de longues séries de données à disposition.

Ces questions communes sont très générales et seront précisées avec l'avancée du projet et l'analyse des jeux de données.

5. Bilan des profils environnementaux des sites suivis et développement de l'approche intersites

5.1. Profils environnementaux des sites suivis

5.1.1. Estuaire de la Seine (ESE)

L'estuaire de la Seine est une vaste zone littorale localisée entre les départements de la Seine-Maritime et de l'Eure (latitude : 49°26'N, longitude : 0°11'E ; Fig. 2). Son bassin versant draine une surface totale de 78650 km². En aval du barrage de Poses (Amfreville-sous-les-Monts), le bassin versant d'une surface de 2200 km² influence l'estuaire de la Seine. Cet estuaire est caractérisé par un marnage macrotidal (i.e. entre 4 et 10 m) avec une tenue du plein de 2 heures. Il est fortement modifié par des perturbations anthropiques terrestres (les principales pollutions résultant des effluents urbains, de l'activité industrielo-portuaire et de l'agriculture intensive) et maritimes (i.e. construction de remblais, digues et enrochements pour l'agrandissement du port du Havre et le projet Port 2000).

Dans la partie aval de l'estuaire (i.e. en aval du pont de Normandie), les habitats de prés salés sont composés de l'ensemble des permasséries caractéristiques des strates de végétation du schorre (i.e. le bas schorre, le moyen schorre et le haut schorre). Dans sa partie amont, la construction de polders d'endiguement contraint le développement des prés salés. L'ensemble du pré salé fait l'objet d'usages anthropiques tels que le fauchage depuis 1970 et le pâturage depuis 1998.

Dans les années 1990, face aux modifications des écosystèmes liées aux aménagements portuaires, les pouvoirs publics mettent en place des mesures compensatoires de curage et d'élargissement des chenaux.

La surveillance scientifique des assemblages ichtyologiques des prés salés de l'estuaire de la Seine est réalisée dans le cadre des suivis environnementaux financés par le Grand Port Maritime du Havre et repose sur 4 stations d'échantillonnage regroupées en 2 sous-sites (Tableau 1). Sur l'ensemble des sous-sites, le pourcentage de couverture de la végétation aux abords des chenaux est total. Les chenaux suivis sont sinusoïdaux et leurs connexions aux réseaux de chenaux sont naturelles. En amont des stations, aucune connexion avec d'autres chenaux accessoires n'est présente (i.e. il n'y a pas de risque identifié d'échappement de l'ichtyofaune par d'autres chenaux).

Le sous-site Grande Vasière est situé dans la partie aval de l'estuaire en milieu polyhalin ($S = 22.2 \pm 4.1$) dans une zone de moyen schorre. Il comprend la station Grande Vasière Ouest (GVO, latitude : $49^{\circ}26'52.02''N$, longitude : $0^{\circ}15'04.88''E$) dans le chenal principal et la station Grande Vasière Est (GVE, latitude : $49^{\circ}26'49.18''N$, longitude : $0^{\circ}15'04.84''E$) dans un chenal secondaire. Depuis les années 1980, la chasse au gibier d'eau (mares de chasse) et le fauchage des roseaux sont pratiqués sur ces stations. Le sous-site Vasière Artificielle est situé dans la partie amont de l'estuaire en milieu mésohalin ($S = 5.5 \pm 4.7$) dans une zone de haut schorre. Il comprend les stations Vasière Artificielle Ouest (VAO2, latitude : $49^{\circ}26'39.92''N$, longitude : $0^{\circ}18'17.14''E$) et Vasière Artificielle Est (VAE, latitude : $49^{\circ}26'37.55''N$, longitude : $0^{\circ}18'21.71''E$) qui se situent dans un chenal secondaire.

Ces chenaux ont fait l'objet d'un curage dans les années 1990-1995. La chasse au gibier d'eau (mares de chasse), le pâturage et le fauchage sont pratiqués sur ces stations depuis les années 1980.

5.1.2. Estuaire de l'Orne (EOR)

L'estuaire de l'Orne est situé dans le département du Calvados (latitude : $49^{\circ}16'N$, longitude : $0^{\circ}14'W$; Fig. 2). Son bassin versant est contraint en amont par le barrage de Montalivet à Caen. Il draine une superficie de 200 km² (source : GIP SA pôle inter-estuaire). Cet estuaire est caractérisé par un marnage macrotidal (i.e. entre 4 et 10 m). Il fait l'objet de diverses perturbations anthropiques d'origine terrestre (i.e. flux de pesticides liés aux usages et pratiques agricoles et contamination par les métaux lourds) et maritime (i.e. endiguements et apports sédimentaires).

Les habitats des prés salés de l'estuaire de l'Orne sont composés de l'ensemble des permasséries caractéristiques des strates de végétation du schorre. Le pré salé a été modifié au 19^{ème} siècle par l'endiguement de l'estuaire et la construction du Canal de Caen à la Mer. Depuis, l'activité anthropique sur les prés salés se résume à la chasse du gibier d'eau dans les mares de chasse.

La surveillance scientifique des assemblages ichtyologiques des prés salés de l'estuaire de l'Orne repose sur 2 stations d'échantillonnage (Tableau 1) dans une zone de pré salé sans perturbation anthropique recensée. Les chenaux suivis sont sinusoïdaux et leurs connexions aux réseaux de chenaux sont naturelles. Le pourcentage de couverture de la végétation est total aux abords des chenaux de

chaque station. En amont des stations, des connexions avec d'autres chenaux accessoires sont présentes (i.e. il y a un risque identifié d'échappement de l'ichtyofaune par d'autres chenaux).

La station Baie de l'Orne aval (BDOav, latitude : 49°16'11.11"N, longitude : 0°13'25.18"W) est située dans le chenal principal d'une zone de moyen schorre en milieu polyhalin ($S = 29.5 \pm 0.5$). La station Baie de l'Orne amont (BVOam, latitude : 49°16'03.25"N, longitude : 0°14'51.78"W) est localisée dans un chenal secondaire d'une zone de haut schorre en milieu polyhalin ($S = 29.2 \pm 0.7$).

5.1.3. Baie des Veys (BVE)

La baie des Veys, localisée entre les départements de la Manche et du Calvados (latitude : 49°22'N, longitude : 0°10'W ; Fig. 2), est caractérisée par un marnage macrotidal (i.e. entre 4 et 10 m). Son bassin versant draine une superficie de 3400 km² (source : PNR marais du Cotentin et du Bessin). La superficie de la zone intertidale est de 28 km² et comprend 3.25 km² de prés salés. Le trait de côte et l'estran de cette baie sont artificialisés par l'endiguement (poldérisation jusqu'au début des années 1970), l'édification de barrages (sur la Douve, la Taute, la Vire et l'Aure) et la conchyliculture (en 2014, la surface exploitée était d'environ 20 km²).

Les habitats de prés salés sont composés de l'ensemble des permasseries caractéristiques des strates de végétation du schorre. Ils sont utilisés pour la chasse au gibier d'eau (mares de chasse) et sont exploités pour le pâturage des bovins dans certains secteurs. Seuls les secteurs de prés salés situés sur la RNN du Domaine de Beauguillot ne sont pas exploités (i.e. pas de chasse ni de pâturage). Par ailleurs, de nombreux macro-déchets sont retrouvés dans les laisses de mer sur le pré salé.

La surveillance scientifique des assemblages ichtyologiques des prés salés de la baie des Veys repose sur 2 stations d'échantillonnage (Tableau 1) dans une zone de pré salé pâturée par des bovins (principalement en été). Les chenaux suivis sont sinusoïdaux et leurs connexions aux réseaux de chenaux sont naturelles. Le pourcentage de couverture de la végétation est total aux abords des chenaux de chaque station. En amont des stations, aucune connexion avec d'autres chenaux accessoires n'est présente (i.e. il n'y a pas de risque identifié d'échappement de l'ichtyofaune par d'autres chenaux).

La station Baie des Veys intermédiaire (BDVint, latitude : 49°20'58.04"N, longitude : 1°10'54.27"W) est située dans le chenal principal d'une zone de moyen schorre en milieu polyhalin ($S = 31.1 \pm 2.2$). La station Baie des Veys amont (BDVam, latitude : 49°20'22.16"N, longitude : 1°11'34.70"W) est localisée dans un chenal principal d'une zone de moyen schorre en milieu polyhalin ($S = 30.2 \pm 2.8$).

5.1.4. Havre de la Sienne (HSI)

Le havre de la Sienne, situé dans le département de la Manche (latitude : 49°00'N, longitude : 01°34'W ; Fig. 2), est caractérisé par un marnage mégatidal (i.e. >10 m). Son bassin versant draine une superficie de 580 km² (source : SIAES). La superficie de la zone intertidale est de 8.7 km² et comprend 3.8 km² de prés salés. Cet estuaire poldérisé comporte des zones de conchyliculture. Les habitats de prés salés sont composés de l'ensemble des permasseries caractéristiques des strates de végétation du schorre. Ils sont utilisés pour le pâturage des bovins (surface exploitée de 3.5 km² gérée par une AOT pastorale depuis 2009) et la cueillette professionnelle et de loisir des salicornes (activité encadrée

depuis 2010). De plus, de nombreux macro-déchets sont retrouvés dans les laisses de mer sur le pré salé.

La surveillance scientifique des assemblages ichthyologiques des prés salés du havre de la Sienne repose sur 2 stations (Tableau 1) en zone exploitée pour le pâturage des bovins. Les chenaux suivis sont sinusoïdaux et leurs connexions aux réseaux de chenaux sont naturelles. Le pourcentage de couverture de la végétation est total aux abords des chenaux de chaque station. En amont des stations, aucune connexion avec d'autres chenaux accessoires n'est présente (i.e. il n'y a pas de risque identifié d'échappement de l'ichtyofaune par d'autres chenaux).

Les stations Havre de la Sienne aval (HDSav, latitude : 49°02'10.78"N, longitude : 1°32'57.12"W) et Havre de la Sienne amont (HDSam, latitude : 49°01'43.66"N, longitude : 1°31'07.64"W) sont situées dans des chenaux principaux de haut schorre en milieu polyhalin ($S = 27.2 \pm 1$ et $S = 19.8 \pm 9$, respectivement).

5.1.5. Baie du Mont Saint-Michel (BMO)

La baie du Mont Saint-Michel, située entre les départements de la Manche et de l'Ille et Vilaine (latitude : 49°39'N, longitude : 01°31'W ; Fig. 2), est caractérisée par un marnage mégatidal (i.e. >10 m). Son bassin versant draine une superficie de 2323 km². Ce large réseau hydrographique achemine dans la baie des pollutions d'origine terrestre provenant des grandes cultures, des effluents d'eaux usées et de l'industrie chimique (i.e. présence d'octylphénol). De plus, de nombreux macro-déchets sont retrouvés dans les laisses de mer sur le pré salé.

La superficie de la zone intertidale est de 250 km² et comprend 42 km² de prés salés. Le trait de côte et l'estran sont artificialisés par la conchyliculture et la poldérisation (aux 18^{ème} et 19^{ème} siècles). Les polders ont conquis une surface de 192 km² de pré salé (159 km² au 18^{ème} siècle et 42 km² 19^{ème} siècle). Les habitats des prés salés sont composés de l'ensemble des permaséries caractéristiques des strates de végétation du schorre. Ils sont exploités par le fauchage (haut schorre) et par le pâturage ovin (~11000 individus), bovin (~500 individus) et équin (~50 individus). Ces prés salés sont envahis par le chiendent littoral (*Elymus athericus*) depuis les années 1980. La surface impactée par cette invasion a été multipliée par 10 entre 1984 et 2007 (i.e. de 3 % du pré salé en 1984 à 34.9 % en 2007). Le régime des eaux douces de surface est géré de manière artificielle par des lâchers d'eau bi-journaliers au niveau du barrage de la Caserne sur le Couesnon.

La surveillance scientifique des assemblages ichthyologiques des prés salés de la baie du Mont Saint Michel repose sur 3 stations d'échantillonnage (Tableau 1) dont 2 ont été ajoutées à partir de 2017. Les chenaux suivis sont des chenaux principaux sinusoïdaux et leurs connexions aux réseaux de chenaux sont naturelles. En amont des stations, aucune connexion avec d'autres chenaux accessoires n'est présente (i.e. il n'y a pas de risque identifié d'échappement de l'ichtyofaune par d'autres chenaux). Aucune perturbation anthropique n'est recensée sur les chenaux suivis. Toutefois, ils font tous l'objet d'un envahissement par le chiendent littoral dans des proportions variables qui restent à déterminer.

La station Digue (DIG, latitude : 48°37'49.78"N, longitude : 1°31'9.71"W) est caractérisée par un pâturage ovin récent (i.e. moins de 5 ans). Les stations Ponton (PON, latitude : 48°38'34.2"N, longitude : 1°33'15.0" W) et Milieu (MIL, latitude : 48°38'18.50"N, longitude : 1°32'27.15"W) ont été

ajoutées au protocole à partir de 2017. Les 3 stations sont localisées dans le moyen schorre en milieu polyhalin ($S_{DIG} = 30.2 \pm 5.6$; $S_{PON} = 30.9 \pm 0.8$; $S_{MIL} = 29.3 \pm 1.6$).

5.1.6. Baie de Saint-Brieuc (BSA)

La baie de Saint-Brieuc, située dans le département des Côtes d'Armor (latitude : 48°33'N, longitude : 02°40'W ; Fig. 2), est caractérisée par un marnage mégatidal (i.e. >10 m). La superficie de la zone intertidale est de 30 km² et comprend 1.2 km² de prés salés. Le trait de côte et l'estran sont artificialisés par la construction de polders d'endiguement (dernière poldérisation en 1823), l'édification de barrages (barrage de Saint-Barthélémy sur le Gouët et barrage de l'Urne) et la mytiliculture (sur une surface de 0.3 km²). Son bassin versant draine une superficie de 673 km². Ce réseau hydrographique achemine dans la baie des pollutions d'origine terrestre provenant des grandes cultures, de l'élevage hors sol, des effluents d'eaux usées et de l'industrie. Ces apports de nutriments conduisent régulièrement à des phénomènes d'eutrophisation par des macroalgues vertes (i.e. les marées vertes). Par ailleurs, de nombreux macro-déchets se déposent dans les laisses de mer sur le pré salé.

Les habitats de prés salés sont composés de l'ensemble des permaséries caractéristiques des strates de végétation du schorre. Depuis 2010, ils ne sont plus utilisés pour les activités pastorales.

La surveillance scientifique des assemblages ichtyologiques des prés salés de la baie de Saint-Brieuc repose sur 2 stations d'échantillonnage (Tableau 1), situées dans une zone de prés salés sans perturbation anthropique recensée. Les chenaux suivis sont des chenaux principaux sinusoidaux et leurs connexions aux réseaux de chenaux sont naturelles. Le pourcentage de couverture de la végétation est total aux abords des chenaux de chaque station. En amont des stations, aucune connexion avec d'autres chenaux accessoires n'est présente (i.e. il n'y a pas de risque identifié d'échappement de l'ichtyofaune par d'autres chenaux).

Les stations Pisseison (PIS, latitude : 48°29'59.4"N, longitude : 2°41'05.8"W) et Bourienne (BOU, latitude : 48°30'07.4"N, longitude : 2°41'18.7"W) sont situées dans des chenaux de haut schorre en milieu polyhalin ($S = 29 \pm 6$ et $S = 29.4 \pm 8$, respectivement).

5.1.7. Golfe du Morbihan (GMO)

Le golfe du Morbihan, situé dans le département du Morbihan (latitude : 47°34'N, longitude : 02°49'W ; Fig. 2), est caractérisé par un marnage mésotidal (i.e. entre 2 m et 4 m). La superficie de la zone intertidale est de 187 km² et comprend 8.7 km² de prés salés. Son bassin versant draine une superficie de 395 km². Les habitats de prés salés sont composés de l'ensemble des permaséries caractéristiques des strates de végétation du schorre. Ils sont exploités par des activités pastorales depuis les années 1980. Une partie du schorre a été réduite par la construction de polders d'endiguement jusqu'en 1750. Actuellement, une politique de dépoldérisation a été mise en œuvre sur une surface de 0.5 km² de pré salé poldérisé.

La surveillance scientifique des assemblages ichtyologiques des prés salés du golfe du Morbihan repose sur une station d'échantillonnage (Tableau 1), située dans une zone de pré salé sans perturbation anthropique recensée. Le chenal de la station est un chenal principal sinusoidal avec une connexion

naturelle au réseau de chenaux. En amont de la station, aucune connexion avec d'autres chenaux accessoires n'est présente (i.e. il n'y a pas de risque identifié d'échappement de l'ichtyofaune par d'autres chenaux). La station La Garenne (GAR, latitude : 47°35'43.01"N, longitude : 2°42'30.23"W) est située dans un chenal principal en milieu polyhalin ($S = 34.9 \pm 3.3$).

5.1.8. Baie de l'Aiguillon (BAI)

La baie de l'Aiguillon, située entre les départements de la Vendée et de la Charente-Maritime (latitude : 46°15'N, longitude : 1°11'W ; Fig. 2), est caractérisée par un marnage macrotidal (i.e. entre 4 et 10 m). La superficie de la zone intertidale est de 49 km² et comprend 11 km² de prés salés. Le trait de côte et l'estran ont été artificialisés par la construction de polders d'endiguement (dernier polder construit en 1965), l'édification d'écluses et de barrages sur la Sèvre Niortaise et par les activités conchylicoles. Le bassin versant de la baie de l'Aiguillon draine une superficie de 7000 km². Ce large réseau hydrographique achemine dans la baie des pollutions d'origine terrestre issues des grandes cultures, de l'élevage et des effluents d'eaux usées. De plus, de nombreux macro-déchets sont retrouvés dans les laisses de mer sur le pré salé. Le régime des eaux douces de surface est géré de manière artificielle pour éviter les inondations hivernales (lâchers d'eau douce) et garder de l'eau dans les marais en période estivale. Les habitats de prés salés sont composés de l'ensemble des permaséries caractéristiques des strates de végétation du schorre. Ils sont exploités par le fauchage (sur une surface de 6 km² en 2016) et le pâturage (sur une surface de 0.2 km² en 2016).

La surveillance scientifique des assemblages ichtyologiques des prés salés de la baie de l'Aiguillon repose sur 4 stations d'échantillonnage (Tableau 1) localisées dans des zones de moyen schorre. En amont des stations, aucune connexion avec d'autres chenaux accessoires n'est présente (i.e. il n'y a pas de risque identifié d'échappement de l'ichtyofaune par d'autres chenaux).

La station Arçay (ARC, latitude : 46°17'49.23"N, longitude : 1°17'19.55"W) est située dans un chenal principal en milieu polyhalin ($S = 23.4 \pm 13.7$). La station Triaize (TRI, latitude : 46°18'39.48"N, longitude : 1°10'56.37"W) est située dans un chenal tertiaire en milieu polyhalin ($S = 19.3 \pm 11.9$).

La station Puyravault (PUY, latitude : 46°18'40.61"N, longitude : 1°07'59.40"W) est située dans un chenal secondaire en milieu mésohalin ($S = 11.4 \pm 8.9$). La station Esnandes (ESN, latitude : 46°15'40.63"N, longitude : 1°07'13.68"W) est située dans un chenal secondaire en milieu polyhalin ($S = 26.5 \pm 12$).

Les chenaux des stations ARC, PUY et ESN sont des chenaux sinusoïdaux avec des connexions naturelles aux réseaux de chenaux. Le chenal de la station TRI est un chenal droit avec une connexion artificielle au réseau de chenaux. Les stations ARC et ESN sont exemptes de perturbations anthropiques tandis qu'un fauchage est pratiqué de façon régulière à la station PUY et de façon anecdotique à la station TRI.

5.1.9. Estuaire de la Gironde (EGI)

L'estuaire de la Gironde, situé entre les départements de la Charente-Maritime et de la Gironde (latitude : 45°32'N, longitude : 1°00'W ; Fig. 2), est caractérisé par un marnage mésotidal (i.e. entre 2 et 4 m). La superficie de la zone intertidale est de 18 km² et comprend 15 km² de prés salés. Son bassin versant draine une superficie de 78957 km². Ce vaste réseau hydrographique achemine dans l'estuaire

des pollutions d'origine terrestre, principalement des PCB et des métaux lourds (fortes concentrations en Cadmium).

Les prés salés sont composés de l'ensemble des permasseries caractéristiques des strates de végétation du schorre bien que le bas et le moyen schorre soient très fortement dégradés sur la majeure partie du linéaire. Les prés salés sont exploités par des activités pastorales depuis les années 1960 sur une superficie de 5 km² à raison de 1UGB/ha/an et par la chasse du gibier d'eau depuis les années 1940 (présence de 144 mares de chasse, soit une surface totale d'environ 1.4 km²). Un polder d'endiguement a été construit en 1970 sur une surface de 2 km². Ce polder a été rouvert à la mer en 2000 suite à la mise en œuvre d'une politique de dépoldérisation.

La surveillance scientifique des assemblages ichtyologiques des prés salés de l'estuaire de la Gironde repose sur une station (Tableau 1) localisée dans le haut schorre. Le chenal de la station est un chenal principal droit (i.e. artificiel) avec une connexion naturelle au réseau de chenaux. En amont de la station, aucune connexion avec d'autres chenaux accessoires n'est présente (i.e. il n'y a pas de risque identifié d'échappement de l'ichtyofaune par d'autres chenaux).

La station Coursière Naturelle (CNA, latitude : 45°29'30.80"N, longitude : 0°49'49.07"W) est située en milieu mésohalin (S = 11.11 ± 3.8). La zone de pré salé où se situe cette station est exploitée par du pâturage bovin (1UGB/ha/an) depuis les années 1940.

5.1.10. Bassin d'Arcachon (BAR)

Le bassin d'Arcachon, situé dans le département de la Gironde (latitude : 44°41'N, longitude : 1°09'W ; Fig. 2), est caractérisé par un marnage mésotidal (i.e. entre 2 et 4 m). La superficie de la zone intertidale est de 133.32 km² et comprend 7.6 km² de prés salés. Le trait de côte et l'estran sont artificialisés par des apports anthropiques de sable sur certaines plages (la surface totale des bancs de sable et des plages émergeant à marée basse est de 15 km²), l'édification de remblais, l'enrochement de zones portuaires, l'endiguement (sur une surface d'environ 10 km²) et la conchyliculture (sur une surface d'environ 10 km²). Son bassin versant draine une superficie de 2944 km². Des pollutions d'origines industrielles et agricoles ainsi que des effluents d'eaux usées sont identifiés sur l'ensemble du bassin hydrographique. De plus, de nombreux macro-déchets sont retrouvés dans les laisses de mer sur le pré salé. Le régime des eaux douces de surface est géré de manière artificielle par différents ouvrages (i.e. les 2 écluses des lacs de Lacanau et Carcans-Hourtins et les 3 écluses du canal du Porge et de Lège). Le pré salé présente l'intégralité des permasseries caractéristiques des strates de végétation du schorre. En périphérie du complexe endigué de la Réserve Naturelle Nationale des prés salés d'Arès et de Lège-Cap-Ferret, certains secteurs de très haut schorre sont réduits. Les zones poldérisées représentent une surface de 10 km². Deux sites ont fait l'objet de reconnexions marines naturelles : le site de Graveyron en 1996 (sur une surface de 0.23 km²) et le site de Malprat en 2005 (sur une surface de 0.12 km²). Actuellement, les prés salés sont utilisés pour des activités cynégétiques (présence de 188 mares de chasse, soit une surface totale d'environ 0.56 km²). Une activité pastorale a également été pratiquée de 1835 à 1950 sur les prés salés.

La surveillance scientifique des assemblages ichtyologiques des prés salés du Bassin d'Arcachon repose sur une station d'échantillonnage (Tableau 1) localisée dans le moyen schorre. Le chenal de la station est un chenal tertiaire sinusoïdal (i.e. naturel) avec une connexion naturelle au réseau de chenaux. En

amont de la station, aucune connexion avec d'autres chenaux accessoires n'est présente (i.e. il n'y a pas de risque identifié d'échappement de l'ichtyofaune par d'autres chenaux).

La station Tonne (TON, latitude : 44°46'9.86"N, longitude : 1° 9'47.59"W), située en milieu polyhalin (S = 24.5 ± 5.6), est caractérisée par la présence d'une mare de chasse à proximité.

Tableau 1 – Caractérisation des stations suivies de chacun des sites.

Site	Station	Latitude	Longitude	Longueur totale du chenal suivi (m)	Largeur du chenal à la station (m)	Profondeur du chenal à la station (m)
ESE	GVO	49°26'52.02"N	0°15'04.88"E	465	10	1.75
	GVE	49°26'49.18"N	0°15'04.84"E	315	15	1.70
	VAO2	49°26'39.92"N	0°18'17.14"E	1200	5.5	1.6
	VAE	49°26'37.55"N	0°18'21.71"E	1430	7.0	1.5
EOR	BDOav	49°16'11.11"N	0°13'25.18"W	450	12	1.2
	BDOam	49°16'03.25"N	0°14'51.78"W	365	7	1.5
BVE	BDVint	49°20'58.04"N	1°10'54.27"W	580	13	1.5
	BDVam	49°20'22.16"N	1°11'34.70"W	370	8	1.5
HSI	HDSav	49°02'10.78"N	1°32'57.12"W	380	6-9	1.7
	HDSam	49°01'43.66"N	1°31'07.64"W	1000	6-8	1.5
BMO	DIG	48°37'49.78"N	1°31'9.71"W	600	4	2
	PON	48°38'34.2"N	1°33'15.0" W	850	6	1.5
	MIL	48°38'18.50"N	1°32'27.15"W	860	8	1.8
BSA	PIS	48°29'59.4"N	2°41'05.8"W	-	4-5	2
	BOU	48°30'07.4"N	2°41'18.7"W	-	4-5	2
GOM	GAR	47°35'43.01"N	2°42'30.23"W	580	12	1.75
BAI	ARC	46°17'49.23"N	1°17'19.55"W	-	6.5	-
	TRI	46°18'39.48"N	1°10'56.37"W	1375	4	-
	PUY	46°18'40.61"N	1°07'59.40"W	585	2.25	-
	ESN	46°15'40.63"N	1°07'13.68"W	590	2.7	-
EGI	CNA	45°29'30.80"N	0°49'49.07"W	950	15	2.5
BAR	TON	44°46'9.86"N	1° 9'47.59"W	1330	4.6	1.1

5.2. Premières pistes de développement de descripteurs et d'indicateurs en lien avec le programme de surveillance de la DCSMM

La Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM) vise à maintenir ou à rétablir un bon état écologique des écosystèmes marins. Cette démarche s'articule autour de la conservation de la diversité biologique et des interactions entre les espèces et leurs habitats, tout en permettant l'exercice des usages en mer pour les générations futures dans une perspective de développement durable (Thiriet and Feunteun, 2016).

Le bon état écologique est qualifié par 11 descripteurs couvrant l'ensemble des composantes biocénétiques et des pressions pesant sur les écosystèmes marins (annexe I de la directive 2008/56/CE).

Pour initier un travail collaboratif entre le pilotage du volet "Poissons et Céphalopodes" de la DCSMM et l'Observatoire, nous avons conduit une réunion téléphonique avec Pierre Thiriet (Chargé de mission DCSMM, MNHN, Dinard) et Alexandre Carpentier (Maitre de conférences, Université de Rennes 1) le 22 juin 2017. Deux descripteurs d'état de la DCSMM portant sur les "Composantes d'espèces mobiles

– Poissons et Céphalopodes" ont été identifiés comme compatibles entre les attentes de la DCSMM et celles du programme de surveillance des fonctions écologiques des prés salés pour l'ichtyofaune de l'Observatoire :

- Le descripteur 1 s'intéresse à la caractérisation du bon état écologique à l'échelle des espèces et est défini comme suit : "*La diversité biologique est conservée. La qualité des habitats et leur nombre, ainsi que la distribution et l'abondance des espèces sont adaptées aux conditions physiographiques, géographiques et climatiques existantes*" (Directive 2008/56/CE du parlement européen et du conseil du 18 juin 2008).
Les travaux de l'Observatoire peuvent s'inscrire dans trois critères de ce descripteur : D1C2, D1C4 et D1C5 (Tableau 2).
- Le descripteur 4 porte sur la structure des communautés et est défini comme : "*Tous les éléments constituant le réseau trophique marin, dans la mesure où ils sont connus, sont présents en abondance et diversité normales et à des niveaux pouvant garantir l'abondance des espèces à long terme et le maintien total de leurs capacités reproductives*" (Directive 2008/56/CE du parlement européen et du conseil du 18 juin 2008).
Les métriques collectées dans le cadre du réseau de suivi de l'Observatoire pourront alimenter trois critères de ce descripteur : D4C1, D4C2 et D4C3 (Tableau 2).

Actuellement, pour l'évaluation du descripteur 1 – Poissons et Céphalopodes, la France dispose d'un seul indicateur opérationnel : l'indicateur FC1 défini par la convention OSPAR. Cet indicateur permet de renseigner le critère D1C2 (Abondance et Biomasse de l'espèce), à partir d'analyses de séries temporelles des Captures Par Unité d'Effort (CPUE) mesurées depuis les années 70 par les campagnes halieutiques. L'indicateur n'est toutefois opérationnel que pour les poissons et céphalopodes du plateau continental. En l'état actuel, pour les autres milieux - dont les milieux côtiers et notamment les prés salés – les données disponibles ne sont pas suffisantes pour l'élaboration d'un indicateur (Brind'amour and Delaunay, 2016; Thiriet and Feunteun, 2016).

Tableau 2 – Potentialités du volet "fonctionnalités écologiques des prés salés pour l'ichtyofaune" de l'Observatoire pour alimenter les descripteurs D1 et D4 du volet "Poissons et Céphalopodes" de la DCSMM.

Descripteur de la DCSMM	Potentialité de l'Observatoire/DCSMM	Type de station à suivre	Métrique / Indicateur
D1C2 – Abondance des populations de l'espèce	Les données d'abondance collectées par espèce dans les prés salés peuvent contribuer à la mesure de "l'abondance totale" recherchée dans le cadre du critère D1C2 de la DCSMM.	Station représentative de l'état écologique du site (i.e. localisée dans la permasérie du pré salé la plus répandue localement)	Abondance relative par espèce
D1C4 – Distribution spatiale de l'espèce	Les sites suivis par l'Observatoire sont répartis sur les façades Manche-Mer du Nord et Atlantique de la métropole française. Ce gradient latitudinal peut permettre d'identifier et de suivre les changements d'aire de distribution spatiale des taxons.	Station de référence (i.e. présentant des conditions environnementales standardisées à l'échelle du réseau de suivi et étant la moins anthropisée possible)	Abondance relative par espèce

D1C5 – Extension et état des habitats propices aux espèces suivies	Les prés salés font partie des habitats ayant un rôle primordial dans le maintien et le renouvellement de nombreuses espèces ichthyologiques. Le suivi des fonctions écologiques de ces habitats en lien avec les usages anthropiques permet d'évaluer leur état écologique pour chaque espèce suivie.	Comparaison de la station représentative de l'état écologique du site (cf. D1C2) avec la station de référence (cf. D1C4)	Abondance relative par espèce ; Biomasse par espèce
D4C1 – Composition spécifique et leur abondance relative (diversité) dans la guildes trophique	Le réseau trophique intégrant les communautés ichthyologiques des prés salés est suivi par l'Observatoire. Ces données peuvent alimenter le critère D4C1 de la DCSMM.	Comparaison de la station représentative de l'état écologique du site (cf. D1C2) avec la station de référence (cf. D1C4)	Abondance et biomasse relatives par espèce et par guildes trophique
D4C2 – Équilibre de l'abondance totale entre les guildes trophiques	Le réseau trophique intégrant les communautés ichthyologiques des prés salés est suivi dans le cadre de l'Observatoire. Ces données peuvent alimenter le critère D4C2 de la DCSMM.	Station représentative de l'état écologique du site (cf. D1C2)	Abondance et biomasse relatives des guildes trophiques ; Contenus stomacaux
D4C3 – Distribution en taille des individus au sein de la guildes trophique	La distribution en taille des espèces colonisant les prés salés est analysée par l'Observatoire pour examiner la proportion de juvéniles. Ces données peuvent alimenter le critère D4C3 de la DCSMM.	Station représentative de l'état écologique du site (cf. D1C2)	Composition en taille des communautés ichthyologiques

Dans ce contexte, le programme de surveillance des fonctions écologiques des prés salés pour l'ichtyofaune constitue une opportunité. Parmi les métriques collectées sur les différents sites du réseau de l'Observatoire, les abondances relatives des espèces pourront être utilisées pour alimenter l'analyse des descripteurs identifiés (Tableau 2). Des seuils de référence empiriques seront à établir pour examiner la dynamique de l'abondance au cours du temps.

Pour les critères D4C1, D4C2 et D4C3, plusieurs indicateurs ont été définis par la convention OSPAR (Feral et al., 2016). Pour alimenter ces indicateurs, nous avons identifiés quatre types de métriques collectées dans le cadre de l'Observatoire : l'abondance et la biomasse relatives établies par espèces et par guildes trophiques, les contenus stomacaux et la composition en taille des communautés ichthyologiques (Tableau 2).

Le réseau de surveillance scientifique des "fonctionnalités écologiques des prés salés pour l'ichtyofaune" est une bonne opportunité pour renseigner les descripteurs 1 et 4 du volet "Poissons et Céphalopodes" de la DCSMM. La généralisation du protocole RNF à d'autres sites et sa pérennisation dans le temps permettront d'acquérir un jeu de données pertinent pour l'analyse de ces descripteurs.

6. Vers une bonne adéquation entre l'effort d'échantillonnage et les données attendues pour répondre aux questions communes de gestion

L'évaluation de la capacité du protocole à fournir des données adaptées pour répondre aux questions de gestion communes a été réalisée à partir de tests statistiques. Ces tests se sont focalisés sur différentes composantes de l'effort d'échantillonnage du protocole actuellement mis en œuvre dans les sites du réseau. Nous avons ainsi testé la fréquence annuelle des campagnes de pêche à mettre en œuvre, les mois à suivre (i.e. fréquence intra-annuel des échantillonnages), la période à échantillonner au regard du jusant, le nombre de stations d'échantillonnage à suivre par site et le nombre de réplicats des paramètres physico-chimiques à effectuer.

Pour mener à bien chacun de ces tests, nous avons choisi de travailler à partir des abondances brutes par taxon et par pêche (nombre d'individus par espèce et par pêche). Ces données non transformées permettent la réalisation des analyses statistiques dans des conditions optimales, notamment en utilisant des lois de distribution connues (Legendre and Legendre, 1998). Nous préconisons l'utilisation des données brutes d'abondance par taxon pour la surveillance des fonctions écologiques des prés salés pour l'ichtyofaune. En fonction des besoins, ces données brutes pourront éventuellement être transformées en Capture Par Unité d'Effort (CPUE).

Parmi les sites sélectionnés pour cette analyse, une minorité dispose de données d'abondance des crustacés capturés par les différents engins de pêche. Dans un souci de standardisation des jeux de données, ces données n'ont pas été utilisées et nous avons focalisé nos analyses sur les assemblages ichtyologiques.

6.1. A quelle fréquence réaliser les campagnes de pêche pour avoir une bonne représentation de la variabilité interannuelle ?

Jeu de données :

Le jeu de données utilisé est constitué des données de richesse taxonomique et d'abondance de l'ichtyofaune par campagne de pêche à la station GVE du site de l'estuaire de la Seine (ESE). Nous avons choisi de mener cette analyse sur cette station car la communauté ichtyologique y apparaît comme la plus représentative des stations de ESE. De plus, l'échantillonnage y a été conduit lors de 4 années consécutives (de 2010 à 2013) à raison de 5 campagnes par an (i.e. une campagne par mois de mai à septembre) soit un total de 20 campagnes. La possibilité de travailler à partir de 4 années successives permet de s'affranchir d'éventuelles tendances de fond pouvant affectés les résultats.

Méthodes :

Nous cherchons à caractériser la précision de l'estimation de la richesse taxonomique et de l'abondance en fonction du nombre de campagnes réalisées. Pour ce faire, 9 tirages aléatoires avec remise ont été réalisés dans ce jeu de données collecté sur 4 années. Les tirages étaient composés de 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 et 20 valeurs et ont été réalisés 10 000 fois. Cette démarche se nomme "bootstrap paramétrique" et permet de simuler les résultats qui auraient été obtenus avec un effort plus important que celui réellement mis en œuvre.

Chaque tirage de n valeurs a été modélisé à l'aide d'un modèle linéaire généralisé (GLM) avec une loi gaussienne (Legendre and Legendre, 1998). Pour répondre aux conditions d'utilisation du modèle, les abondances ont été préalablement transformées par une fonction log+1 (Legendre and Legendre, 1998; Zuur et al., 2009). Un offset du temps de pêche (log transformé) a été ajouté aux modèles pour prendre en compte la dépendance de l'abondance des poissons (i.e. la variable à expliquer) à cette variable d'effort d'échantillonnage (Zuur et al., 2009). Nous avons extrait la moyenne des valeurs prédites par chaque modèle et calculé leurs exponentielles pour travailler avec des nombres réels. La moyenne de chaque tirage a été calculée ainsi que leurs quantiles à 2.5 % et 97.5 % (pour obtenir une représentation de la précision de l'estimation avec un seuil de 95 %).

Résultats :

Les représentations graphiques de la moyenne et des quantiles à 2.5 % et 97.5 % des estimations de la richesse taxonomique et de l'abondance indiquent, comme attendu théoriquement, une augmentation de la précision des estimations avec l'augmentation du nombre de campagne (Fig. 3). Ces augmentations de la précision des estimations sont toutefois limitées. Il faut en effet réaliser 12 campagnes pour obtenir une précision de la richesse taxonomique et de l'abondance deux fois plus importante que celle obtenue avec 4 campagnes (Fig. 3). Il faut noter aussi que la précision des estimations reste faible, voire très faible dans le cas de l'abondance (avec au mieux un facteur 3 entre les bornes inférieures et supérieures de l'intervalle de confiance à 95 %) et cela même avec des efforts très importants.

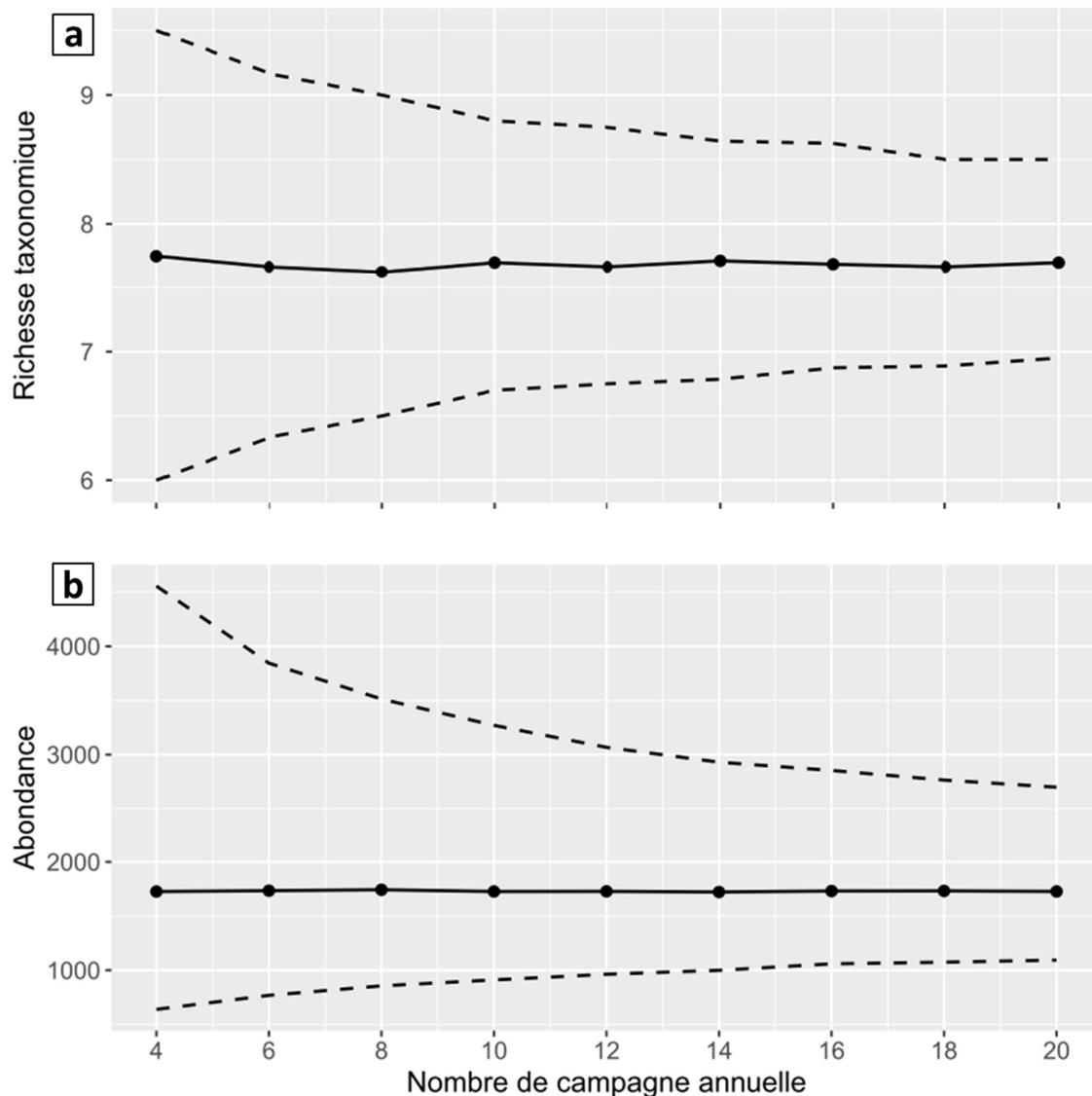


Figure 3 – Moyennes (traits pleins) et quantiles (pointillés) à 2.5 % et 97.5 % des estimations de (a) la richesse taxonomique et (b) l'abondance annuelle de l'ichtyofaune en fonction du nombre de campagnes réalisées.

Prises de décision et préconisations :

Ces résultats conduisent à préconiser la réalisation d'un grand nombre de campagnes pour améliorer la capacité du protocole de surveillance scientifique à détecter des changements de richesse taxonomique et d'abondance à partir des données collectées. La réalisation de campagne d'échantillonnage tous les ans est donc vivement recommandée. Cependant, la capacité des gestionnaires du réseau à mettre en œuvre le protocole chaque année doit être prise en considération. L'augmentation de la fréquence des campagnes d'échantillonnage ne doit pas fragiliser la pérennité du réseau de surveillance initié. Cette proposition visant à augmenter la fréquence d'échantillonnage devra donc être discutée avec l'ensemble des parties prenantes.

Si une fréquence annuelle des campagnes d'échantillonnage n'est pas réalisable, un échantillonnage tous les deux ans est préconisé. Toutefois, la diminution de la fréquence d'échantillonnage augmentera le pas de temps de détection des changements de richesse taxonomique et d'abondance.

6.2. Quels sont les mois à suivre pour avoir une bonne représentation des assemblages ichthyologiques utilisant les prés salés ?

Jeu de données :

Le jeu de données utilisé comprend les abondances de l'ichtyofaune par taxon et par guildes écologiques et guildes de distribution verticale (Annexes 2 et 3). Ces abondances sont fournies pour les pêches de chaque engin de pêche sur les 5 sites suivant : ESE, BMO, BSA, BAI et BAR. Le tableau 3 recense le nombre de campagnes réalisées par mois entre 2003 et 2016.

Tableau 3 – Nombre de campagnes représentatives des assemblages ichthyologiques par mois utilisées de 2003 à 2016 pour le MDS

Mois	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Nombre de campagne	4	10	2	205	161	190	146	174	9	10

Méthodes :

Nous avons examiné ces données à partir d'une analyse multivariée : le positionnement multidimensionnel (MDS) (Clarke, 1993; Dixon and Palmer, 2003). L'effet du temps de pêche a été intégré à ces mesures en divisant les abondances brutes par les temps de pêche. Nous avons sélectionné les taxons ayant une abondance > 0.5 % de l'abondance totale dans l'ensemble des sites suivis pour éliminer les taxons très rares pouvant compliquer l'interprétation des résultats dans ce type d'analyse (Manté et al., 2003). Des MDS ont été réalisés à partir de deux échelles de classification de l'assemblage ichthyologique : taxons et guildes (i.e. guildes écologiques et de distribution verticale, Annexes 2 et 3). La quantification des différences entre les assemblages ichthyologiques a été mesurée à partir du calcul de matrices de dissimilarité de Bray-Curtis (Bray and Curtis, 1957).

Résultats :

Ces analyses de la composition des assemblages ichthyologiques par taxons et par guildes révèlent une tendance similaire quelle que soit l'échelle de classification utilisée (Fig. 4). Les mois de mai, juillet et septembre (respectivement : 5, 7 et 9) semblent être les mois les plus représentatifs des assemblages ichthyologiques moyens au cours d'une année (Fig. 4).

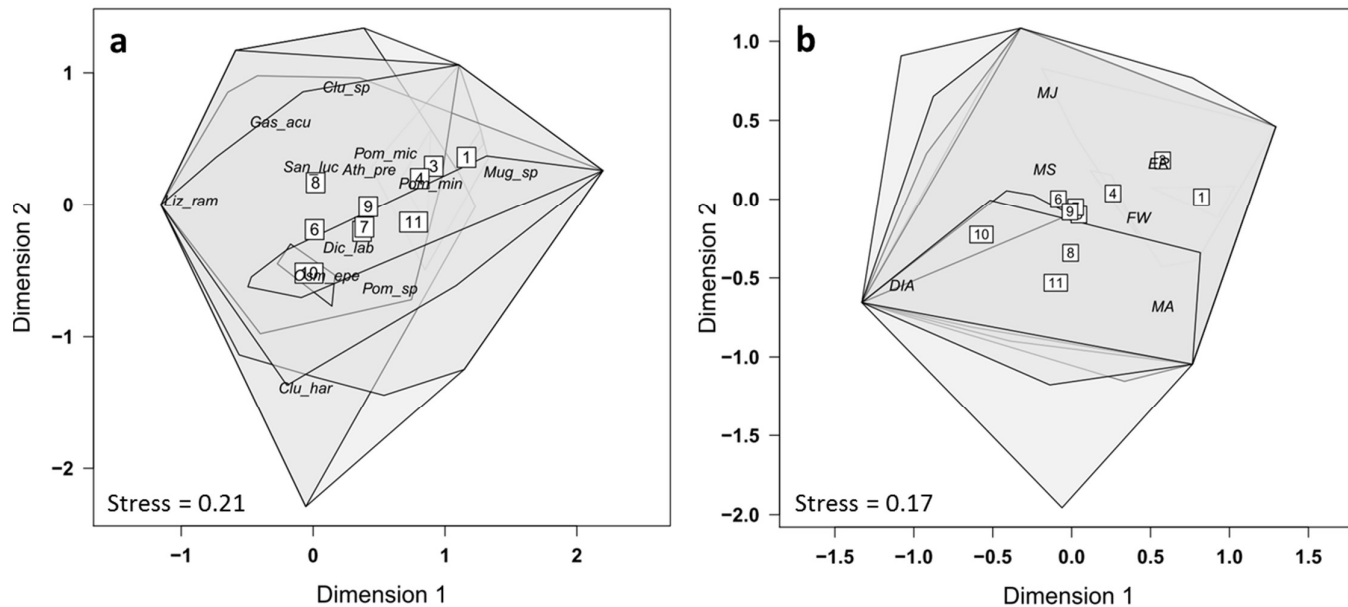


Figure 4 – Ordination en deux dimensions des assemblages ichthyologiques (a) par taxons (Annexe 3) et (b) par guildes (i.e. guildes écologiques et de distribution verticale, Annexe 2) des cinq sites suivis (ESE, BMO, BSA, BAI et BAR) entre 2003 et 2016. La variable explicative "mois" a été ajoutée à la représentation graphique pour interpréter les ordinations mais ne participe pas à la construction de l'ordination.

La représentation de la richesse taxonomique et de l'abondance complète les résultats des MDS (Fig. 5). La richesse taxonomique est maximale d'avril à octobre avec un pic en octobre (Fig. 5a). L'abondance des individus est la plus importante de mai à octobre avec un pic en juillet (Fig. 5b).

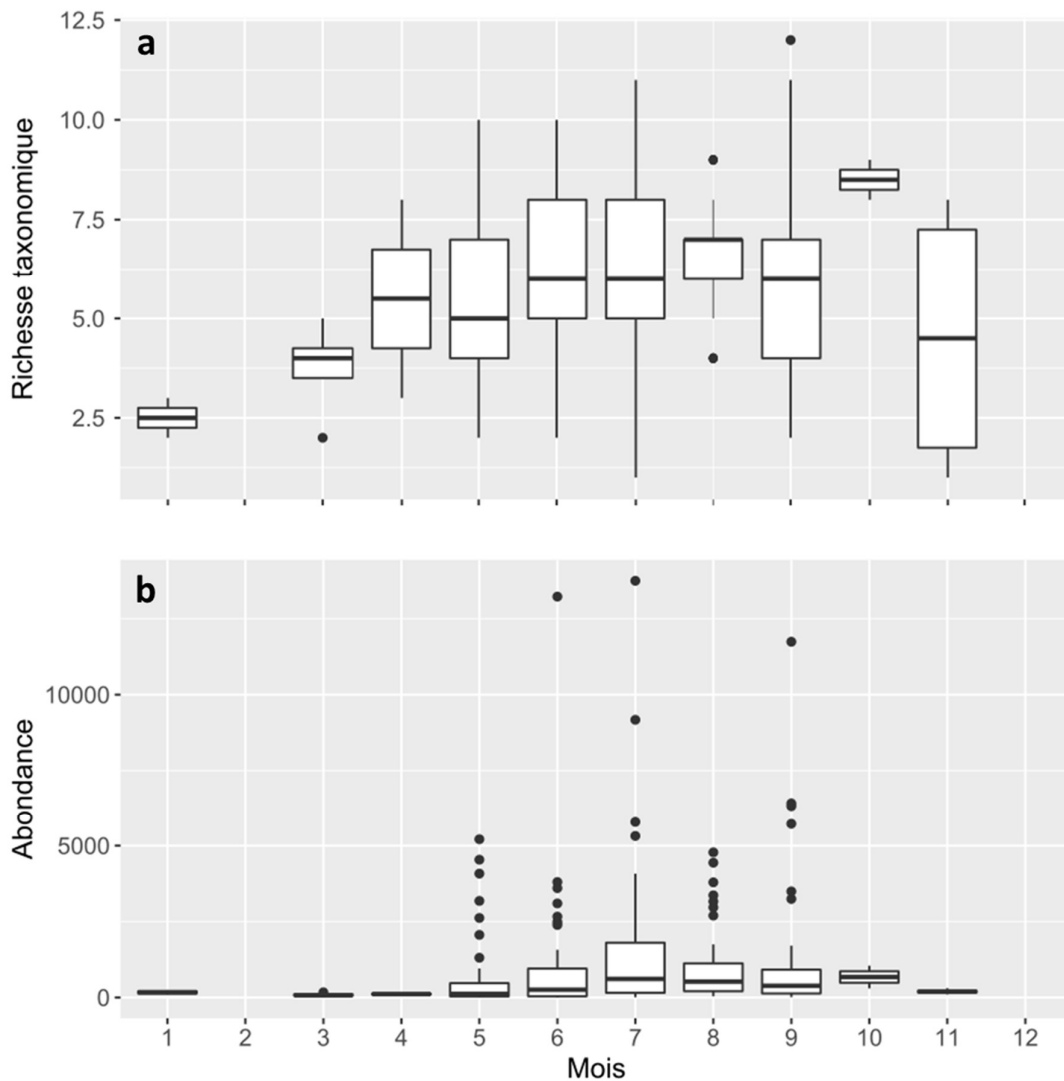


Figure 5 – (a) Richesse taxonomique et (b) abondance de l'ichtyofaune des cinq sites par mois de 2003 à 2016.

Prises de décision et préconisations :

Les résultats de ces analyses indiquent qu'il est souhaitable de réaliser les échantillonnages aux mois de mai, juillet et septembre pour capturer des assemblages ichthyologiques représentatifs de ces habitats. Ces mois ciblent une période avec une forte abondance de l'ichtyofaune ce qui permet aussi de récolter un nombre suffisant d'individus pour des analyses à une plus fine échelle (i.e. échelle de l'individu).

Limites et perspectives :

Au sein du jeu de données utilisé regroupant les données des sites ESE, BMO, BSA, BAI et BAR entre 2003 et 2016, le nombre de campagnes réalisées chaque mois n'est pas homogène (Tableau 3). Cette répartition des campagnes peut influencer le positionnement des espèces en deux dimensions et donc biaiser nos interprétations de cette analyse.

6.3. A quel moment du jusant faut-il réaliser les pêches pour échantillonner un assemblage ichthyologique représentatif de la station ?

Jeu de données :

Le jeu de données utilisé comprend les abondances des guildes écologiques et de distribution verticale de l'ichtyofaune (Annexes 2 et 3) par engin de pêche pour chaque pêche. Les données des cinq sites sélectionnés (ESE, BMO, BSA, BAI et BAR) ont été utilisées avec un focus sur les mois les plus suivis (i.e. mai, juillet et septembre, cf. 4.2.). Le traitement des données a été réalisé indépendamment pour chaque site. La différence des temps de pêche entre sites ne permet pas d'analyser les données simultanément pour l'ensemble des sites (Fig. 6). La nomenclature des pêches de P1 à P7 suit un ordre chronologique de réalisation des pêches au cours d'une campagne de pêche, de l'étales de pleine mer à l'assèchement du chenal.

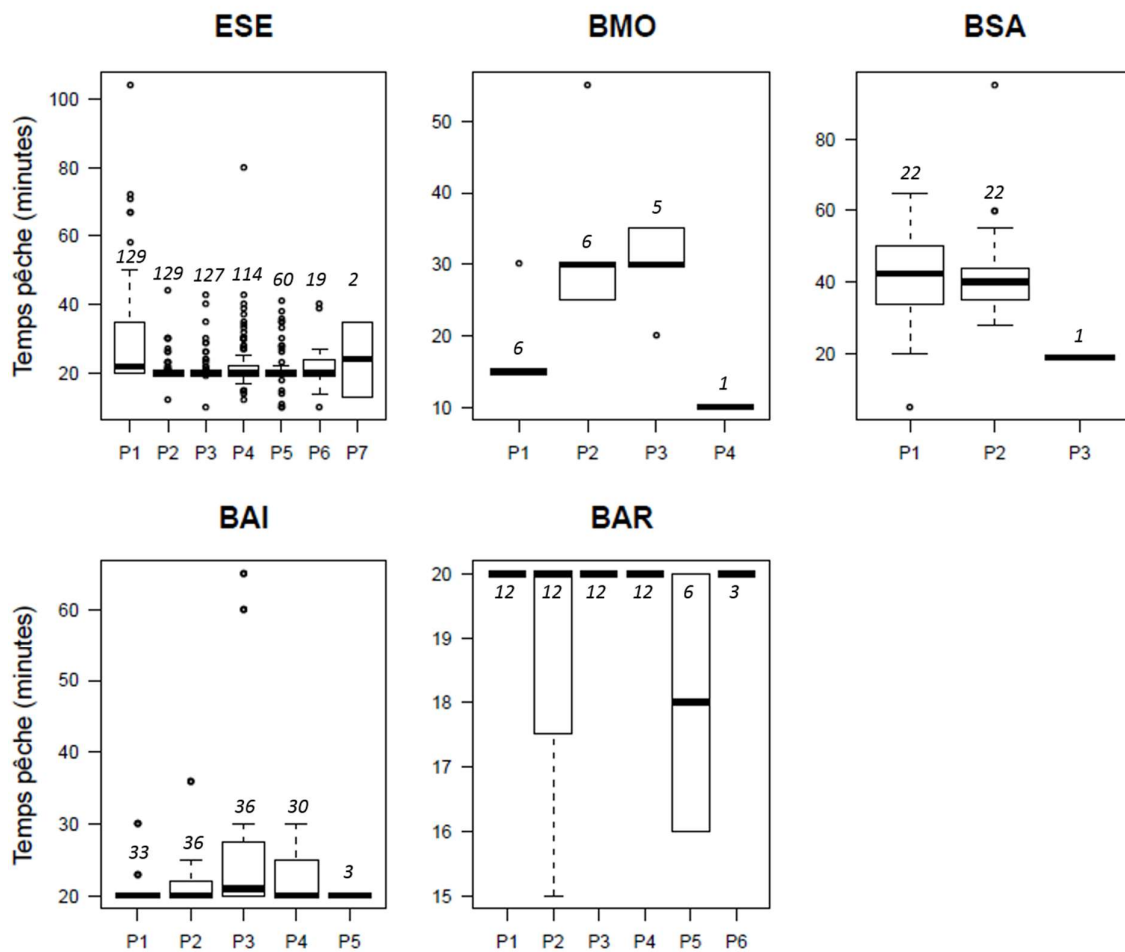


Figure 6 – Temps des pêches en minutes sur chaque site (ESE = estuaire de la Seine ; BMO = baie du Mont Saint-Michel ; BSA = baie de Saint-Brieuc ; BAI = baie de l'Aiguillon et BAR = bassin d'Arcachon). Le nombre de pêches est renseigné en italique au niveau de chaque boxplot.

Méthodes :

Des Analyses en Composantes Principales (ACP) ont été réalisées pour explorer la répartition des guildes écologiques et des guildes de distribution verticale au cours des pêches. Une analyse inter-classe (i.e. numéro de la pêche) a été réalisée pour mieux identifier les différences entre pêches successives (Jacquet and Prodon, 2013).

Résultats :

L'analyse inter-classe permet de mettre en avant une cinétique dans la composition ichthyologique des pêches entre l'étale de pleine mer et l'assèchement du chenal. L'analyse de l'assemblage ichthyologique en guildes écologiques souligne une tendance commune à l'ensemble des sites : les espèces résidentes (ER) sont majoritairement capturées dans les dernières pêches (Fig. 7). Sur les sites de ESE et BAR, ces dernières pêches sont aussi composées de juvéniles d'espèces marines (MJ).

L'analyse de l'assemblage ichthyologique en guildes de distribution verticale révèle deux patrons (Fig. 8). Sur les sites BMO et BSA, la dernière pêche est principalement composée d'espèces benthiques (Fig. 8). Sur les sites de ESE, BAI et BAR, les pêches réalisées en milieu de campagne (e.g. la pêche P4 pour une campagne comprenant 6 pêches) sont composées d'espèces benthiques (B), souvent associées à des espèces des deux autres guildes (i.e. D et P) et les trois guildes sont présentes dans les dernières pêches (Fig. 8).

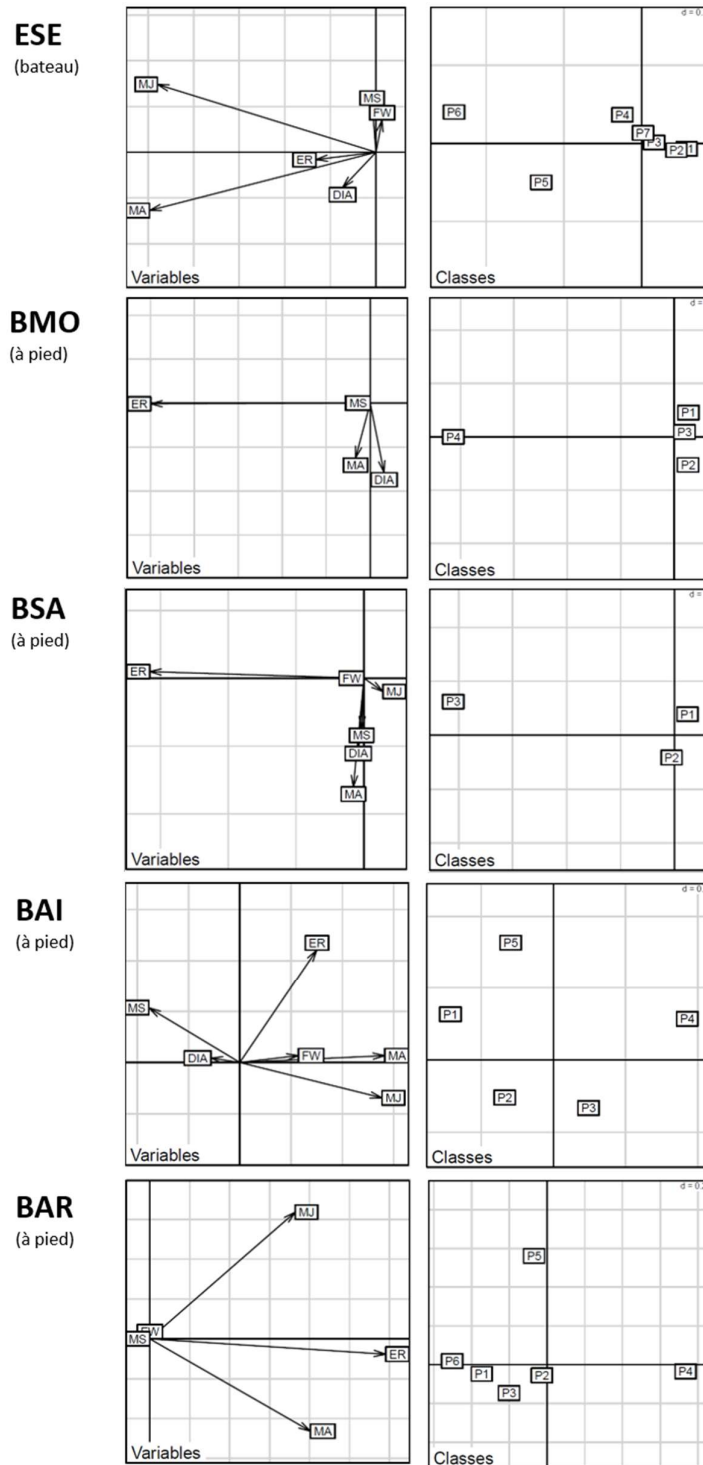


Figure 7 – Représentation des variables (colonne de gauche) et des classes (colonne de droite) des ACP réalisées sur les assemblages ichthyologiques classés par guildes écologiques pour chaque site. Le moyen d'accès aux stations d'échantillonnage est précisé entre parenthèses.

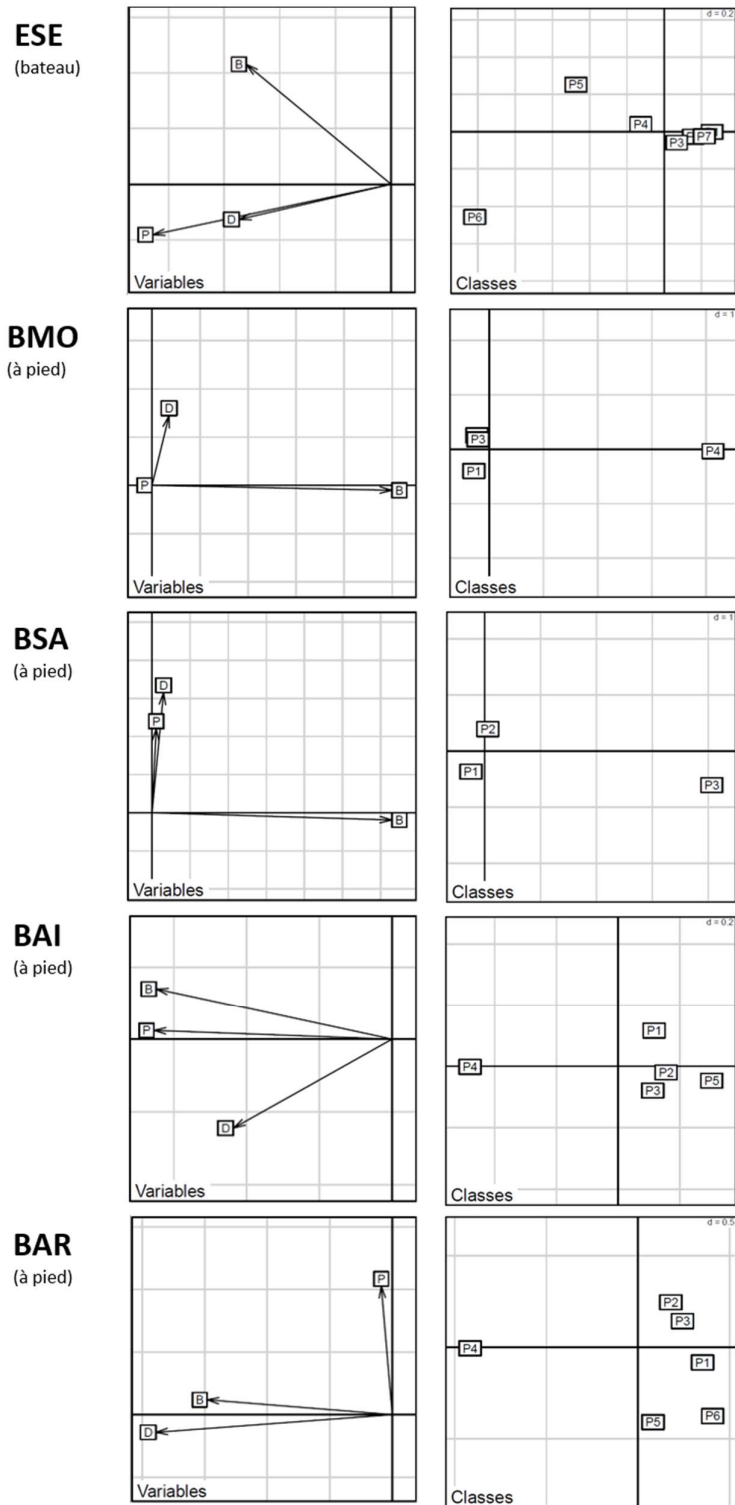


Figure 8 – Représentation des variables (colonne de gauche) et des classes (colonne de droite) des ACP réalisées sur les assemblages ichthyologiques classés par guildes de distribution verticale pour chaque site. Le moyen d'accès aux stations d'échantillonnage est précisé entre parenthèses.

Prises de décision et préconisations :

Les espèces immigrer et émigrer des chenaux de prés salés à des périodes différentes de la marée en fonction de leur capacité de déplacement et de leur utilisation de cet habitat (Laffaille, 2000). Cette analyse souligne l'importance de réaliser les pêches jusqu'à l'assèchement du chenal pour capturer l'ensemble des espèces colonisant les chenaux de prés salés pendant le flot.

Les différences de patrons entre sites, observées à partir de l'analyse des assemblages ichthyologiques classés par guildes de distribution verticale, peuvent être dues aux caractéristiques des stations choisies au sein de chaque site (e.g. localisation de la station dans le réseau des chenaux) ou à la présence d'éventuelles différences dans l'application du protocole d'échantillonnage. Pour pouvoir analyser plus finement ces différences intersites, la standardisation du protocole est nécessaire. Le temps et le nombre des pêches doivent être standardisés à l'échelle du réseau et doivent rester constants au cours des campagnes annuelles (Fig. 6).

Dans certains sites, les pêches sont réalisées à partir d'un bateau. Ces sites ne peuvent pas mettre en œuvre cette préconisation. Pour tenir compte de cette différence de l'effort temporel d'échantillonnage, il est possible d'ajouter le temps écoulé au moment de la mise en pêche depuis l'heure de l'étalement de pleine mer comme caractéristique de la pêche. Cette information permettrait de standardiser les périodes échantillonnées au cours du jusant.

Cette proposition n'a pas pu être explorée dans ce travail car l'heure de la pêche n'est pas renseignée pour certains jeux de données.

Limites et perspectives :

Les données utilisées pour cette analyse sont les données de chaque pêche par engin de pêche. Afin d'avoir une meilleure représentation temporelle des communautés ichthyologiques immigrer des chenaux de prés salés au cours du jusant, il serait intéressant de pouvoir obtenir les assemblages ichthyologiques par pêche en combinant les captures des trois engins en pêche. Les données récoltées à partir du protocole précédent ne permettaient pas de réaliser une analyse à ce degré de précision car les engins n'étaient pas toujours relevés en même temps.

En fonction des sites, le temps des pêches ainsi que leur nombre peuvent être très variables (Fig. 6). Pour améliorer l'analyse de la cinétique des assemblages ichthyologique au cours du jusant, ces paramètres doivent être standardisés à l'échelle du réseau.

6.4. Combien de station par site faut-il choisir pour échantillonner un assemblage ichthyologique représentatif du site ?

Jeu de données:

Le jeu de données utilisé est constitué des abondances de l'ichtyofaune par taxon, de l'abondance totale et de la richesse taxonomique de chaque pêche de l'estuaire de la Seine (ESE). Le site ESE comprend 4 stations regroupées en 2 sous-sites. Les sous-sites sont distants d'environ 4 km et les stations sont distantes d'environ 100 m au sein de chaque sous-site. Le sous-site Grande Vasière, situé en milieu polyhalin, comprend les stations Grande Vasière Ouest (GVO) et Grande Vasière Est (GVE). Le sous-site Vasière Artificielle, situé en milieu mésohalin, comprend les stations Vasière Artificielle Ouest (VAO2) et Vasière Artificielle Est (VAE).

Méthodes :

Dans un premier temps, nous avons examiné cette question à partir de tests paramétriques : les modèles linéaires à effets mixtes (Zuur et al., 2009). L'abondance des poissons par campagne de pêche a été choisie comme proxy de l'assemblage ichthyologique. Cette abondance a été modélisée en fonction des stations suivies en tenant compte des facteurs à effets fixes "année", "mois" et "engin" et du facteur à effet aléatoire "station" (qui permet de gérer le fait que les mesures sont répétées par station). Pour répondre aux conditions d'utilisation du modèle, les abondances ont été préalablement transformées par une fonction log+1 (Legendre and Legendre, 1998; Zuur et al., 2009). Un offset du temps de pêche (log transformé) a été ajouté aux modèles pour prendre en compte la dépendance de l'abondance des poissons (i.e. la variable à expliquer) à cette variable d'effort (Zuur et al., 2009).

Les modèles testés révèlent une très forte variabilité des données d'abondance en fonction des facteurs testés et ne permettent pas de conclure sur un nombre de station minimum à suivre (Annexe 4).

Nous avons alors examiné ces données à partir d'une analyse multivariée : le positionnement multidimensionnel (MDS) (Clarke, 1993; Dixon and Palmer, 2003). L'effet du temps de pêche a été intégré à ces mesures en divisant les abondances brutes (i.e. pas de log-transformation) par les temps de pêche. Pour cette deuxième analyse, nous avons choisi de nous focaliser sur les mois de mai, de juillet et de septembre (cf. 6.2.), représentatifs des assemblages ichthyologiques présents dans les chenaux de prés salés. Les assemblages ichthyologiques prélevés au cours de ces mois sont homogènes (cf. 6.2.) ce qui nous permet de nous affranchir de la variabilité temporelle des assemblages pour examiner leur variabilité spatiale. Les densités des taxons par campagne ont été agrégées par année. La quantification des différences entre les assemblages ichthyologiques a été mesurée à partir du calcul d'une matrice de dissimilarité de Bray-Curtis (Bray and Curtis, 1957).

Résultats :

Le graphique en deux dimensions du MDS révèle des différences à la fois temporelles et spatiales de la composition des assemblages ichthyologiques (Fig. 9). La dimension 1 du MDS indique une modification temporelle de l'assemblage ichthyologique (Fig. 9).

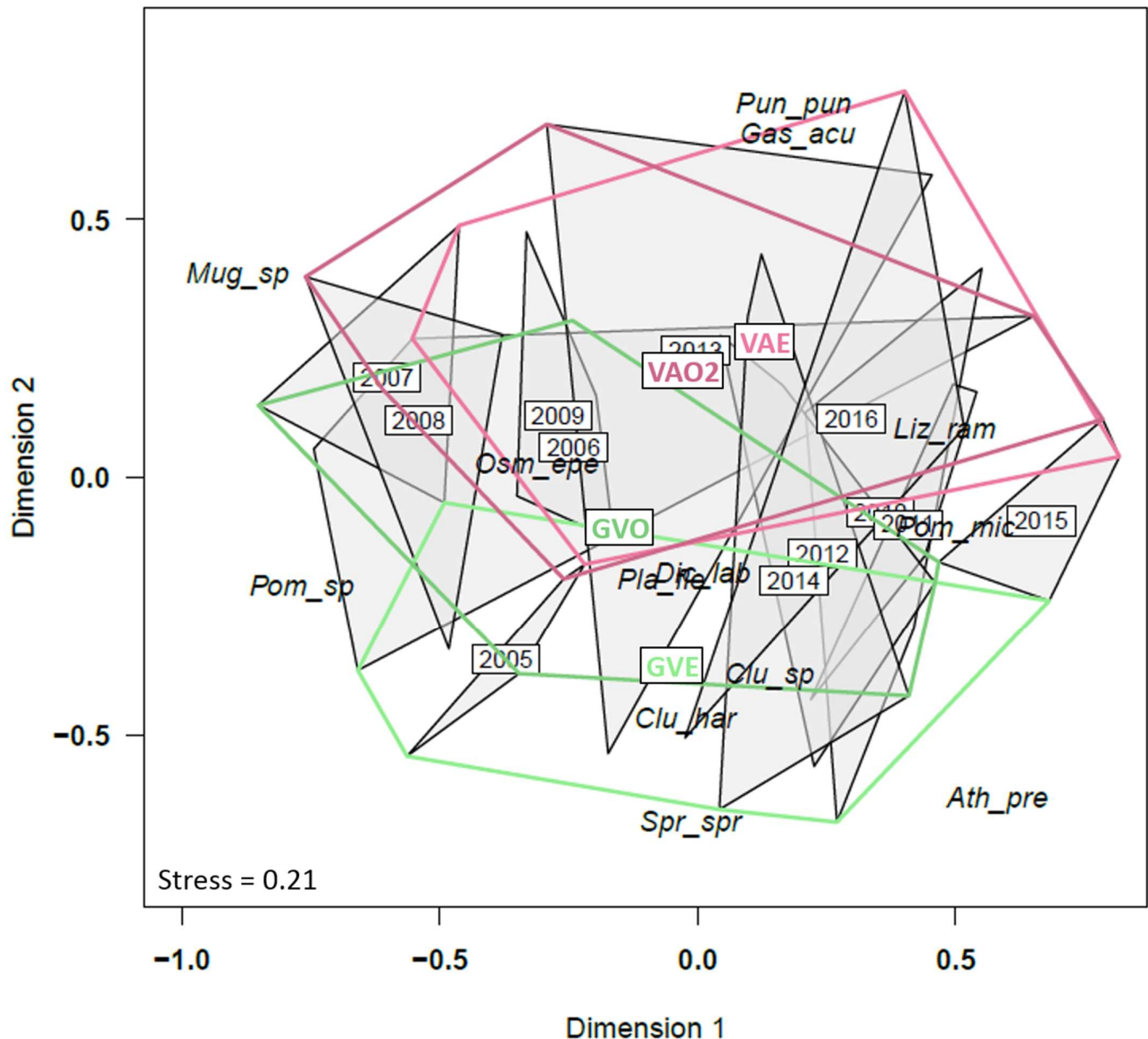
La composition taxonomique des assemblages ichthyologiques diffère notamment entre les années avant et après 2010. Les taxons générant cette différenciation temporelle sont Mug_sp (*Mugilidae sp*) et Pom_sp (*Pomatoschistus sp*) pour les années avant 2010 et Liz_ram (*Liza ramada*), Pom_mic (*Pomatoschistus microps*) et Ath_pre (*Atherina presbyter*) pour les années après 2010. Les taxons Mug_sp et Pom_sp correspondent respectivement au genre des espèces Liz_ram et Pom_mic. Cette apparente modification temporelle des assemblages ichthyologiques pourrait être due en partie à une amélioration de l'identification des espèces. Un traitement préalable de la nomenclature des espèces présentes dans chaque pêche de chaque engin de pêche a été réalisé en amont des analyses statistiques afin de s'affranchir de la présence d'individus du même genre identifiés au genre et à l'espèce dans une pêche (cf. 3.). Pour une pêche donnée contenant des individus du même genre identifiés à l'espèce et au genre, l'ensemble des individus a été identifié au genre. Cependant, même avec ce traitement préalable des problèmes d'identifications des individus persistent au cours du temps.

Des analyses complémentaires de richesse taxonomique et de densité (abondance/temps de pêche) annuelles indiquent que la richesse taxonomique tend à diminuer après 2010 tandis que la densité augmente sur la majorité des stations (Annexe 5).

La dimension 2 du MDS révèle une différenciation spatiale de l'assemblage ichthyologique entre les stations suivies (Fig. 9). Cette différenciation des assemblages semble être plus marquée entre les

sous-sites Grande Vasière et Vasière Artificielle qu'entre les stations de chaque sous-site (Fig. 9). La différenciation entre les sous-sites est générée par les espèces *Pun_pun* (*Pungitius pungitius*) et *Gas_acu* (*Gasterosteus aculeatus*) inféodées à des systèmes mésohalins dans le sous-site Vasière Artificielle et par les espèces pélagiques *Spr_spr* (*Sprattus sprattus*), *Ath_pre* (*Atherina presbyter*) et *Clu_har* (*Cluea harengus*) dans le sous-site Grande Vasière.

Figure 9 – Ordination en deux dimensions des assemblages ichtyologiques des quatre stations de l'estuaire de



la Seine (GVE = Grande Vasière Est ; GVO = Grande Vasière Ouest ; VAE = Vasière Artificielle Est ; VAO2 = Vasière Artificielle Ouest) de 2005 à 2016 à partir d'un MDS (stress = 0.21).

Prises de décision et préconisations :

Les résultats de cette analyse indiquent l'importance d'une identification standardisée des taxons. Pour réaliser des comparaisons temporelles et spatiales (entre stations et entre sites) des assemblages ichtyologiques, il est nécessaire que l'ensemble des gestionnaires participant à ce programme aient la même capacité d'identification des individus prélevés. Une formation commune ciblant cet objectif pourrait être réalisée à l'échelle du réseau.

Au sein d'un sous-site, les assemblages ichtyologiques des stations diffèrent peu. L'échantillonnage d'une seule station dans un même réseau de chenaux semble suffire pour caractériser l'assemblage ichtyologique du chenal suivi. Ces résultats corroborent ceux de Laffaille (2000), ce qui tend à appuyer cette préconisation.

Cependant, si le site suivi est composé de réseaux de chenaux avec des conditions environnementales différentes, il est souhaitable de pouvoir choisir une station par sous-site pour examiner ces différences. Le choix d'une station dans un site doit tenir compte de différents paramètres en fonction des questions de gestion que le gestionnaire souhaite examiner.

Ainsi, il pourrait être proposé de suivre pour chacun des sites :

- Une station de référence (i.e. présentant des conditions environnementales standardisées à l'échelle du réseau de suivi et étant la moins anthropisée possible) pour examiner des problématiques communes à l'échelle de l'ensemble du réseau
- Une (ou plusieurs) station(s) représentative(s) de l'état écologique du site (i.e. localisée dans la permasserie du pré salé la plus répandue localement) pour suivre localement l'évolution du pré salé. Le suivi d'une (ou plusieurs) station(s) de ce type en complément d'une station de référence (si cela est possible sur le site suivi) permettra également d'étudier les éventuels effets de la gestion en place (e.g. pâturage, fauche...) sur les assemblages ichtyologiques.

Quelles que soient les caractéristiques de la station (stations de référence ou représentative de l'état écologique du site), chaque station doit se situer dans un chenal de largeur <10 m (largeur conseillée : entre 4 et 6 m) et de profondeur <2 m.

Limites et perspectives :

Ces analyses ont été réalisées sur un site comprenant deux sous-sites ayant chacun deux stations. Cette imbrication des échelles spatiales ne nous a pas permis de tester une réelle différence inter-station. Un nombre plus conséquent de stations au sein d'un même site serait utile pour véritablement tester les différences inter-stations.

Afin de tester statistiquement les résultats observés au travers du MDS, une PERMANOVA pourra être réalisée (Anderson and Walsh, 2013), cette analyse n'ayant pas pu être menée dans le temps imparti.

6.5. Combien de répliqués de mesure physico-chimique (température et salinité) faut-il réaliser par pêche pour évaluer leur variabilité intra-campagne ?

Jeu de données :

Le jeu de données utilisé est constitué des mesures de température et de salinité de la baie de Saint-Brieuc (BSA) entre 2012 et 2015. Pour cette analyse, nous avons sélectionné les campagnes avec au moins 3 répliqués de ces mesures (i.e. 28 campagnes).

Méthodes :

Nous avons examiné le coefficient de variation (CV) de la salinité et de la température. Le CV est le rapport de l'écart-type à la moyenne. Son calcul permet d'observer la dispersion des données autour de la moyenne. En effet, un CV supérieur à 15 % transcrit une hétérogénéité et une dispersion importantes de la distribution des données (Solomon, 1979). Un CV de 15 % transcrit une variation d'un facteur 2 entre la borne inférieure et la borne supérieure de la distribution des données.

Suite à cette analyse, nous avons examiné la différence de salinité en fonction du temps entre deux répliquats consécutifs pour explorer la variabilité des données entre deux mesures.

Résultats :

Les coefficients de variation de la température sont largement inférieurs à 15 % (Fig. 10). Ces résultats indiquent une faible variation de la température entre les répliquats au cours des campagnes d'échantillonnage (Solomon, 1979). Les coefficients de variation de la salinité sont quant à eux majoritairement supérieurs à 15 % (Fig. 10). Ces résultats révèlent une forte variabilité de la salinité entre les répliquats de chaque campagne d'échantillonnage. Les variations de la salinité sont supérieures à un facteur de 2 entre la borne inférieure et la borne supérieure, ce qui est considérable pour ce paramètre (e.g. au cours d'une même campagne, la valeur minimale est de 5 et la valeur maximale est de 10).

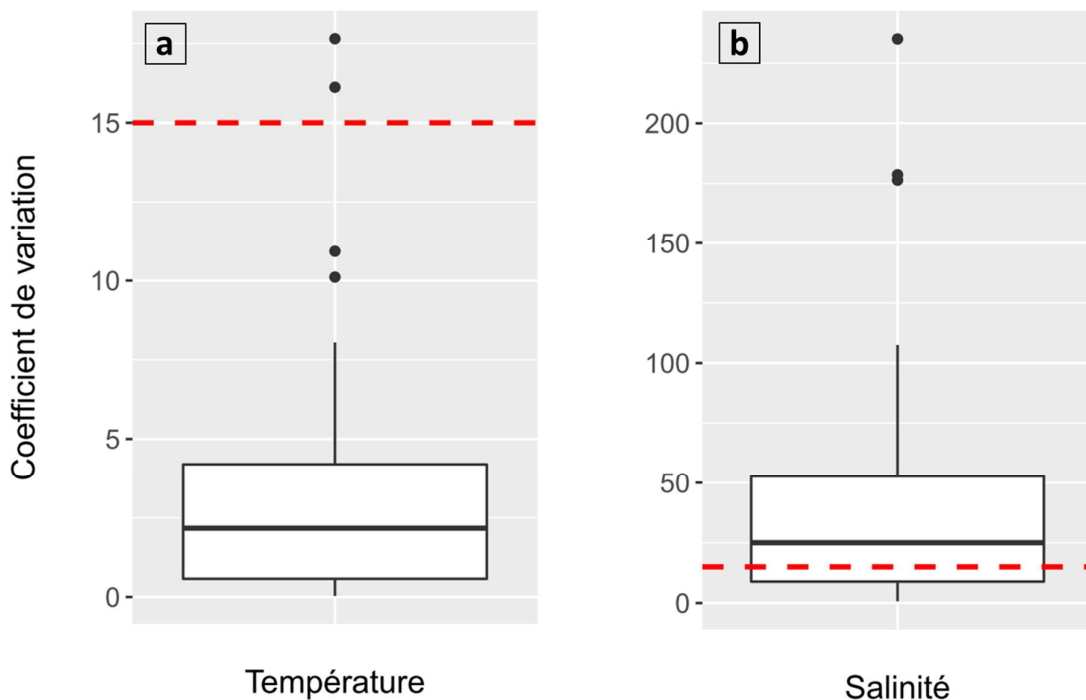


Figure 10 – Coefficient de variation en pourcentage (a) de la température et (b) de la salinité dans les deux stations de la baie de Saint-Brieuc (BSA) pour les campagnes ayant plus de 3 répliquats. La ligne rouge en pointillé représente le coefficient de variation au-dessus duquel la distribution des données est très hétérogène et dispersée (Solomon, 1979).

Pour explorer la variabilité de salinité entre les répliquats, sa différence entre deux répliquats consécutifs a été examinée en fonction du temps. Sur ce site, la différence entre les répliquats de salinité augmente significativement au cours du temps (Fig. 11). Les différences de salinité entre deux répliquats sont

comprises entre 1 et 4 lorsque les mesures sont prises à 30 minutes d'intervalle et entre 1 et 15 lorsque les mesures sont prises à 1 heure d'intervalle (Fig. 11).

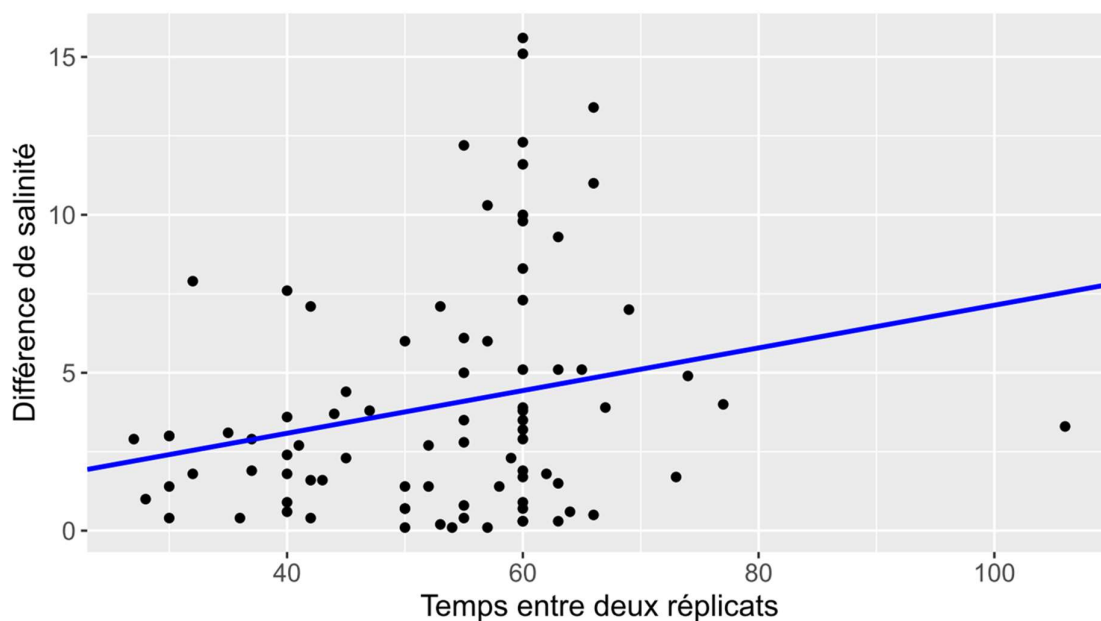


Figure 11 – Différence de salinité entre deux répliquats consécutifs en fonction du temps entre les répliquats dans la baie de Saint-Brieuc. La ligne bleue est la régression linéaire entre ces deux paramètres ($y = 0.38x + 0.067$, p -value = 0.03 *).

Prises de décision et préconisations :

La rapidité de variation de la salinité sur ce site, nous conduit à favoriser la prise d'une mesure des paramètres physico-chimiques au début et à la fin de chaque pêche (i.e. à la relève des engins de pêche), soit environ toutes les 20 min (cf. 7.2.).

Ces mesures permettront de caractériser les variations de ces paramètres pour chaque station. En fonction des variations observées, le nombre de répliquats à effectuer sera à adapter pour les futures campagnes d'échantillonnage.

Limites et perspectives :

Ces analyses ont été menées sur un unique site disposant d'un nombre réduit de station (2). Les autres jeux de données du réseau n'ont pas pu être utilisés pour traiter cette question pour deux raisons principales : (i) les heures des mesures n'étaient pas renseignées et (ii) le nombre de répliquats des mesures était inférieur à 3.

Les résultats obtenus ne sont donc pas généralisables à l'ensemble des sites suivis sur les façades Manche-Mer du Nord et Atlantique.

Il est donc proposé d'appliquer le protocole préconisé pour la campagne de 2017 afin de disposer d'un jeu de données suffisamment représentatif des différents sites et stations pour nous permettre de traiter cette question.

7. Proposition d'un protocole d'échantillonnage

Un protocole de surveillance scientifique des "fonctions écologiques des prés salés (ouverts à la mer) pour l'ichtyofaune" a été défini en s'appuyant sur les travaux de Laffaille (2000) et du groupe de travail dédié à cette thématique. Ce groupe de travail associe les porteurs du projet, les financeurs, les gestionnaires des sites suivis, les scientifiques intégrés au projet et des scientifiques spécialistes des thématiques étudiées. Ce groupe de travail s'est attaché à proposer un protocole qui présente un bon équilibre entre rigueur scientifique et faisabilité de mise en œuvre sur le long terme. En partenariat avec Aurélien Besnard (maître de conférences au CEFE), des analyses statistiques portant sur les données disponibles ont complété les travaux du groupe travail pour adapter l'effort d'échantillonnage au plus près des questions de gestion (communes aux différents sites suivis) (cf. 4.).

La rédaction et la mise en œuvre de ce protocole se sont appuyées sur les collaborations scientifiques et techniques suivantes :

- Christine Dupuy (Professeur, UMR LIENSs, Université de La Rochelle) pour la thématique zooplancton
- Julien Pétilion (Maître de Conférences, HDR, UMR Ecobio, Université de Rennes 1) pour la thématique des arthropodes des prés salés
- Loïc Valéry (chercheur contractuel, MNHN, Paris), Frédéric Bioret (Maître de conférence, HDR, EA 7462, Université de Bretagne Occidentale) et Sébastien Gallet (Maître de conférence, EA 7462, Université de Bretagne Occidentale) pour la thématique végétation des prés salés.

Le protocole proposé est composé d'un socle commun et de 4 volets optionnels. Le socle commun est la partie à réaliser à chaque campagne d'échantillonnage. Elle comprend l'analyse de la communauté ichtyologique du chenal, les mesures des paramètres physico-chimiques et l'analyse des contenus stomacaux d'espèces cibles.

Les volets optionnels regroupent différentes analyses directes ou indirectes des proies potentielles de l'ichtyofaune dans les chenaux de prés salés suivis.

La mise en œuvre de chaque partie du protocole est détaillée dans les fiches pratiques de terrain et de laboratoire (Annexes 6 à 23). Des fiches de prise de notes de terrain et de laboratoire ainsi qu'un tableau de saisie des données mesurées ont été élaborés pour standardiser les données produites à l'échelle de réseau (Annexes 6 à 23).

L'ensemble de ces fiches standardisées, les devis des différents matériels d'échantillonnage et divers documents d'aide à l'identification des espèces sont disponibles via la dropbox suivante :

<https://www.dropbox.com/sh/o957cdocvv1n1au/AADl0tCA5fDnySpodPYdC4A8a?dl=0>

7.1. Choix des stations

Cette étude, menée en France métropolitaine, s'intéresse aux prés salés ouverts à la mer et à leurs fonctionnalités écologiques pour l'ichtyofaune. Actuellement, 12 sites localisés sur les façades Manche-Mer du Nord et Atlantique participent à ce réseau de surveillance scientifique (Fig. 2). Au sein de chaque site, le choix de la (ou des) station(s) suivie(s) est défini en fonction des caractéristiques du pré salé et des questions de gestion auxquelles le gestionnaire souhaite répondre. Le suivi de 2 types de station par site est préconisé pour répondre localement aux besoins de la gestion, permettre des comparaisons intersites au sein de l'Observatoire RNF et si possible alimenter le programme de surveillance de le DCSMM :

- Une station de référence (i.e. présentant des conditions environnementales standardisées à l'échelle du réseau de suivi et étant la moins anthropisée possible) pour examiner des problématiques communes à l'échelle de l'ensemble du réseau
- Une (ou plusieurs) station(s) représentative(s) de l'état écologique du site (i.e. localisée dans la permasérie du pré salé la plus répandue localement) pour suivre localement l'évolution du pré salé. Le suivi de ce type de station en complément d'une station de référence (si cela est possible sur le site suivi) doit permettre d'étudier les éventuels effets de gestion du pré salé sur les assemblages ichtyologiques.

Afin de déterminer la zone de pré salé à suivre, il est pertinent d'utiliser une cartographie de la végétation et des usages du pré salé.

Une fois que la zone de suivi du pré salé est déterminée, le choix de la station s'effectue en fonction des caractéristiques morphologiques du chenal. La station doit se situer dans un chenal de largeur <10 m (largeur conseillée : entre 4 et 6 m) et de profondeur <2 m afin de garantir l'efficacité des engins de pêche et de se préserver d'un hydrodynamisme trop important lors d'une mise en pêche à des coefficients de marée compris entre 70 et 90. Le respect de ces caractéristiques morphologiques pour le choix du chenal suivi est le garant d'un effort de pêche standardisé (par station) permettant de générer des données comparables à des échelles intra et intersites.

Pour faciliter l'approche intersites, il est proposé que chaque gestionnaire fasse le choix, dans son réseau de chenaux, d'au moins une station de référence.

Il est proposé que des stations représentatives de l'état écologique du site soient choisies (selon besoins et disponibilités) pour examiner les éventuels effets de la gestion et leurs conséquences indirectes (e.g. zone fauchée ; zone pâturée ou zone envahie par du chiendent) sur les assemblages ichtyologiques. L'idée est de fournir à terme un argumentaire scientifique permettant de valider ou d'adapter les actions gestion en vigueur (via le document de gestion et éventuel tableau de bord associé).

7.2. Socle commun

La technique d'échantillonnage pratiquée pour la partie du socle commun de cette étude est basée sur celle développée par Laffaille (2000). Pour sa mise en œuvre standardisée, des fiches pratiques (Annexes 6 et 9) et des fiches de prise de notes (Annexes 7, 8, 10, 11 et 12) ont été rédigées pour la collecte des mesures de terrain et leur analyse au laboratoire.

Les stations sont échantillonnées tous les ans dans la mesure du possible ou au minimum tous les deux ans (cf. 6.1.). La campagne annuelle d'échantillonnage se déroule aux mois de mai, juillet et septembre (cf. 6.2.). Au cours de chacun de ces mois, une mission d'échantillonnage est menée pendant toute la durée du jusant (cf. 6.3.), lors de coefficients de marée compris entre 70 et 90. Cette gamme de coefficient de marée a été déterminée empiriquement afin que le chenal suivi soit suffisamment inondé mais également pour que la hauteur d'eau n'y excède pas 2 m à la pleine mer afin de prévenir le risque de débordement de l'eau du chenal sur le pré salé et de s'assurer que les différents engins de pêche sont toujours efficaces. La configuration des sites contributeurs étant différente, chaque gestionnaire doit adapter le protocole aux conditions de son site (hauteur d'eau, coefficient de marée). Il convient de pêcher sans débordement sur le pré salé pour éviter la fuite de poissons.

Les poissons sont capturés à l'aide de trois engins de pêche placés les uns derrière les autres : un verveux à ailes (maille 4 mm, profondeur 5 m, hauteur 2 m, longueur 20 m) visant à capturer les juvéniles de poisson et les espèces de petites tailles ; un filet droit (maille 26 mm, hauteur 1.50 m, longueur 15 m) et un filet trémail (maille 50 mm, hauteur 1.50 m, longueur 15 m) pour capturer les grands individus et particulièrement les mulets qui ont la capacité de sauter par-dessus le verveux à ailes. Les engins de pêche sont positionnés comme suit de l'amont vers l'aval : verveux à ailes, filet droit et filet trémail (Fig. 12). La position en amont du verveux à ailes permet de relâcher un maximum de poisson sans les blesser (contrairement aux filets).

Les engins de pêche sont mis en pêche en travers du chenal accessoire à la fin de l'étalement de pleine mer. Les engins de pêche peuvent être disposés en diagonale par rapport à l'axe du chenal (i.e. en épi) afin de réduire la prise aux forts courants de jusant et d'optimiser l'efficacité de pêche. La pêche dure toute la durée du jusant afin d'échantillonner l'ensemble de l'assemblage faunistique ayant colonisé le chenal au cours du flot (cf. 4.3.). Les engins de pêche sont relevés toute les 20 min et des mesures des paramètres physico-chimiques (i.e. au minimum la température et la salinité) sont effectuées à chaque mise en pêche et à chaque relève de pêche.

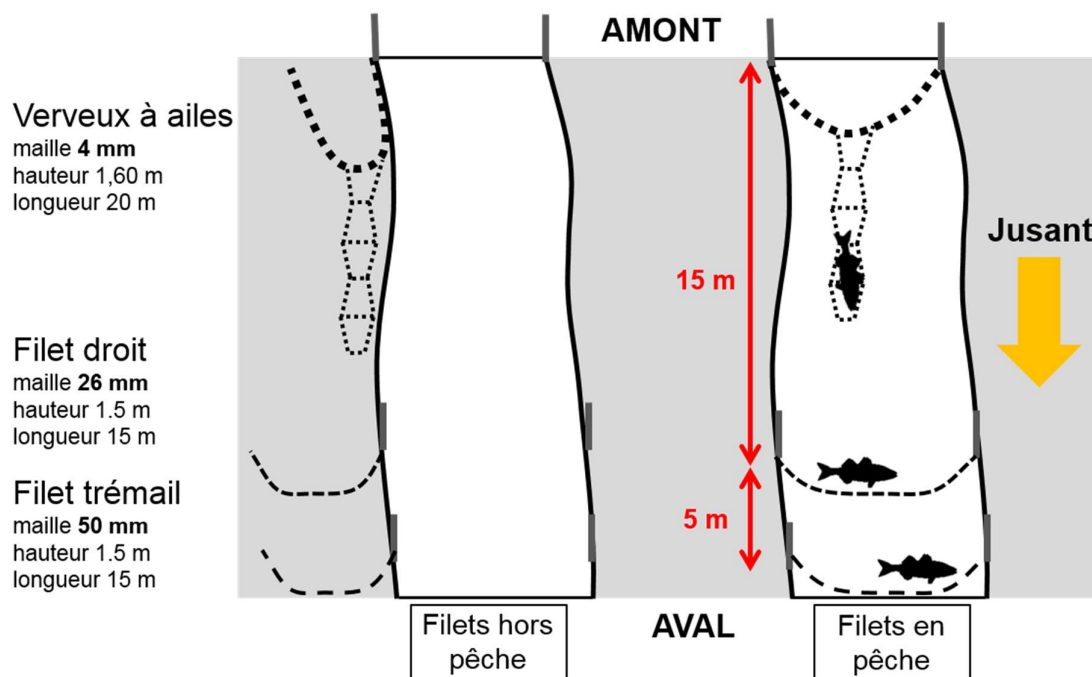


Figure 12 – Positionnement des filets hors pêche et en pêche dans le chenal.

Le tri, l'identification et le dénombrement des captures par espèce sont réalisés de façon distincte pour chaque engin de pêche. Les gros individus (i.e. les crustacés de longueur céphalothoracique > 3 cm et les poissons de longueur à la fourche > 15 cm) sont identifiés au plus haut rang taxonomique possible et mesurés (taille en cm avec une précision au mm et masse en g avec une précision au g) sur le terrain. Les petits individus (i.e. les crustacés de longueur céphalothoracique < 3 cm et les poissons de longueur à la fourche < 15 cm) qui n'ont pas pu être identifiés sur le terrain sont stockés en vue d'être analysés ultérieurement au laboratoire. Les captures de chaque pêche sont étiquetées par un identifiant unique. Cet identifiant comprend les informations suivantes : l'identifiant de la campagne

(annee_mois_station), l'identifiant de la pêche (e.g. P1, P2, etc.), l'engin utilisé (i.e. verveux, droit ou trémail), et éventuellement le numéro du sac si plusieurs sacs ont été nécessaires au stockage des captures de la pêche (i.e. numéro du sac/nombre total de sacs de la pêche pour l'engin de pêche considéré).

Lorsque la quantité des captures (hors gros individus) est importante, un sous-échantillonnage est réalisé pour qu'un maximum d'individus viables soit relâché à l'issue de ces pêches scientifiques. Au retour du terrain, les captures sont stockées au congélateur à -20°C.

Les petits individus sont examinés au laboratoire. Dans la mesure où un temps de congélation prolongé entraîne un assèchement des tissus et modifie la masse humide et la taille (dans une moindre mesure) des individus, il est nécessaire de procéder à l'analyse des individus au cours de l'année suivant l'échantillonnage.

Les captures sont identifiées au plus haut rang taxonomique possible. Les individus sont comptés par taxon. La taille (en cm avec une précision au mm) et la masse (en g avec une précision au g) de chaque individu sont mesurées.

L'analyse des contenus stomacaux est réalisée sur 30 individus pour une ou plusieurs espèces cibles (Tableau 4) en fonction des attentes des gestionnaires. Les proies sont identifiées au plus haut rang taxonomique possible. Le nombre d'individus et la masse humide (en g avec une précision au 0.0001 g) de chaque taxon de proie sont mesurés.

Tableau 4 – Liste des espèces à examiner pour les analyses de contenus stomacaux. Prendre en compte l'ordre de priorité dans le choix des espèces à examiner. *Ces espèces ont été choisies pour leur régime carnivore et leur abondance significative dans les sites de l'étude.*

Ordre de priorité	Espèce obligatoire	Espèce optionnelle
1	<i>Dicentrarchus labrax</i>	<i>Pomatoschistus microps</i>
2	<i>Dicentrarchus punctatus</i>	<i>Pomatoschistus minutus</i>
3		<i>Atherina presbyter</i>
4		<i>Gasterosteus aculeatus</i>
5		<i>Sparus aurata</i>

7.3. Volets optionnels

Quatre volets optionnels ont été définis pour analyser de façon directe ou indirecte les proies potentielles de l'ichtyofaune associées aux prés salés. Ces volets sont complémentaires. Il est recommandé de réaliser tous les volets optionnels l'année de mise en œuvre du protocole pour permettre une analyse globale du spectre de proies potentielles de l'ichtyofaune.

7.3.1. Caractérisation de la végétation du chenal suivi

Le protocole du volet optionnel s'intéressant à la caractérisation de la végétation du chenal suivi a été élaboré en collaboration avec Loïc Valéry (chercheur contractuel, MNHN, Paris). Pour sa mise en œuvre

standardisée, une fiche pratique (Annexe 13) et une fiche de prise de notes (Annexe 14) ont été rédigées pour les mesures de terrain.

La caractérisation de la végétation du chenal suivi est réalisée au mois de septembre au cours d'une unique campagne annuelle. Cette période est à privilégier car elle correspond au stade de floraison de la végétation des prés salés, ce qui facilite l'identification des taxons présents.

La végétation est relevée de part et d'autre du chenal sur une bande de 10 m de large à partir de la rive. La zone suivie s'étend de l'extrémité aval (i.e. à l'intersection du chenal suivi avec un autre chenal) à l'amont du chenal (i.e. jusqu'au point le plus en amont que la mer atteint lors des forts coefficients de marées) (Fig. 13).

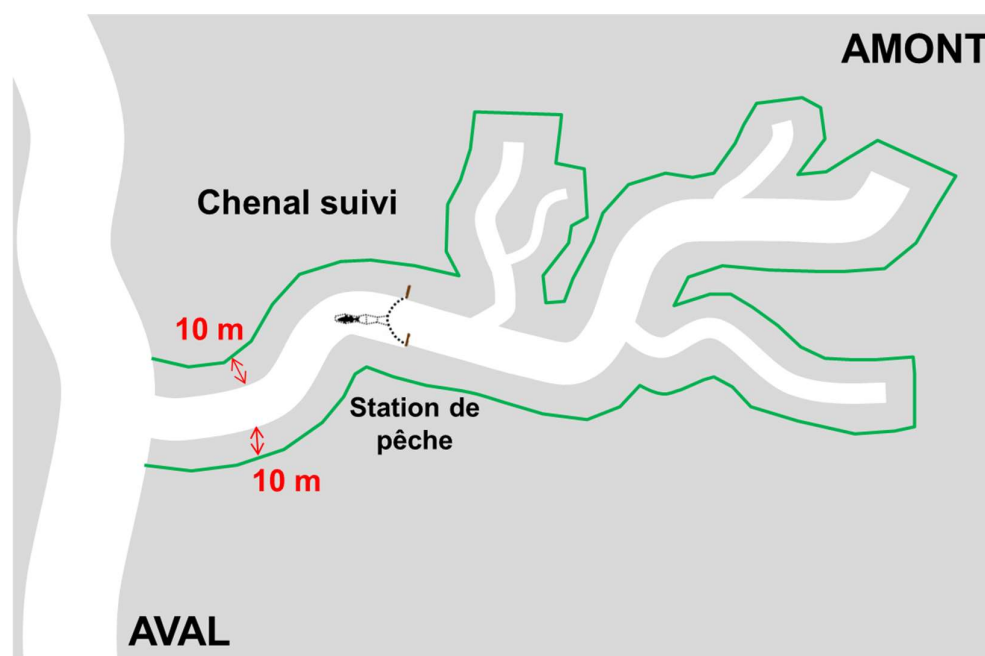


Figure 13 – Zone de surveillance de la végétation sur chaque chenal suivi (en vert sur le schéma).

La zone suivie est découpée par secteur de formation végétale. Une formation végétale correspond à un assemblage de plantes présentes dans des proportions constantes au sein d'une zone géographique. Chaque formation végétale est définie par les critères suivants : la surface concernée ; le pourcentage de recouvrement de chaque espèce végétale ; la hauteur de la végétation ; la présence d'usage anthropique du pré salé et la hauteur de la litière. Si des banquettes sont présentes dans un secteur de formation végétale, leur végétation est à relever de façon dissociée de celle des berges. Les banquettes sont des zones végétalisées situées entre le fond du chenal et la berge du pré salé (Fig. 14). Elles sont inondées lors des coefficients de vives eaux et peuvent être le fait d'un effondrement (érosion) de la berge. Ces habitats supportent souvent une végétation différente de celle de la berge du pré salé et sont donc susceptibles d'abriter des taxons de proies potentielles également différents de ceux des berges, d'où l'importance de leur prise en compte.

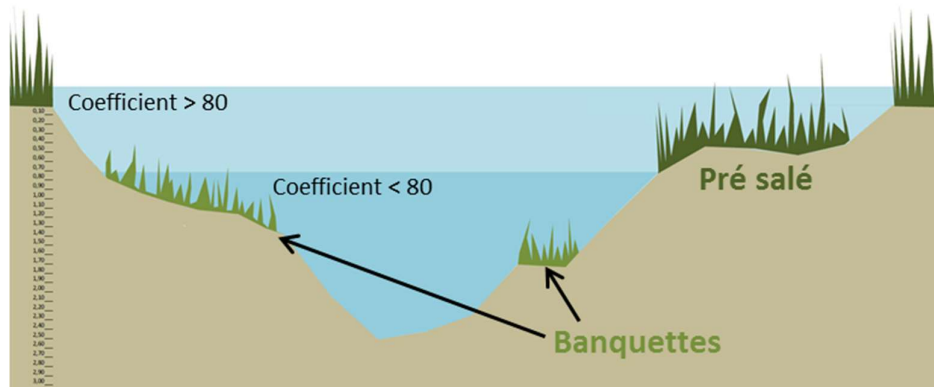


Figure 14 – Représentation schématique des berges d'un chenal de pré salé, modifiée d'après Duhamel.

Il a été montré que différentes formations végétales (dominance de puccinellie, obione ou chiendent maritime), outre le reflet d'usages ou d'atteintes aux prés salés, accueillent des espèces et des densités d'arthropodes contrastées, impactant directement les possibilités d'alimentation des poissons lors du flot (Laffaille et al., 2005). La caractérisation et la cartographie de la végétation aux abords du chenal suivi devraient donc permettre indirectement de fournir un proxy des proies potentielles issues du pré salé.

7.3.2. Proies potentielles – Communauté de méso-zooplancton

Le protocole du volet optionnel s'intéressant à la communauté de méso-zooplancton colonisant les chenaux de pré salé a été élaboré en collaboration avec Christine Dupuy (Professeur, UMR LIENSs de l'Université de La Rochelle). Pour sa mise en œuvre standardisée, une fiche pratique (Annexes 15 et 16) et une fiche de prise de notes (Annexe 7) ont été rédigées pour la collecte des données de terrain.

Les proies potentielles présentes dans la colonne d'eau des chenaux sont étudiées à travers l'analyse de la communauté de méso-zooplancton. Les échantillonnages sont réalisés aux mois de mai, juillet et septembre au cours des campagnes de pêche ciblant l'ichtyofaune (i.e. socle commun). Pour cet échantillonnage, un filet à plancton (maille 200 μ m, diamètre haut 30 cm, diamètre bas 8 cm et longueur 1.40 m) est mis en pêche à mi-profondeur dans le chenal à environ 5 m en amont du verveux à ailes (Fig. 15). A chaque relève des engins de pêche ciblant l'ichtyofaune, la quantité de méso-zooplancton dans le filet à plancton est vérifiée afin que ce dernier ne soit pas colmaté. Si le filet contient une quantité de matériel pouvant réduire son efficacité de pêche, le filet à plancton est relevé.

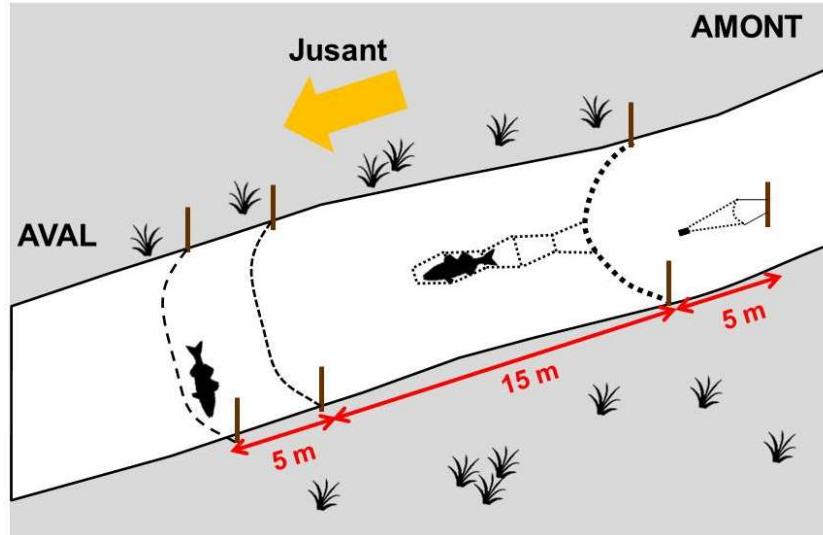


Figure 15 – Positionnement du filet à plancton dans le chenal par rapport aux engins de pêche pour l'ichtyofaune.

A chaque pêche, les captures sont déposées dans un flacon rigide que l'on remplit d'alcool à 90 % pour la fixation et le stockage des individus. Le flacon est étiqueté par un identifiant unique comprenant les informations suivantes : l'identifiant de la campagne (annee_mois_station), l'identifiant de la pêche, et éventuellement le numéro du flacon si plusieurs flacons sont nécessaires au stockage de la pêche (i.e. numéro du flacon/nombre total de flacons de la relève).

A la fin de la campagne annuelle, les échantillons des 3 sessions d'échantillonnage sont envoyés à Christine Dupuy pour être analysés (i.e. identification des taxons pêchés et comptage des individus par taxon).

Ces mesures permettent d'obtenir l'abondance relative des grands groupes de méso-zooplancton (e.g. copépodes, ostracodes, larves de bivalves et larves de balanes). Ces résultats seront à relier aux données issues de l'analyse des contenus stomacaux et permettront d'établir d'éventuelles correspondances.

7.3.3. Proies potentielles – Communauté de la macrofaune benthique du chenal

Le protocole du volet optionnel s'intéressant à la macrofaune benthique du chenal a été élaboré à partir des protocoles réalisés par l'Observatoire pour le suivi des communautés des habitats benthiques intertidaux de substrat meuble et par la RNN des prés salés d'Arès et de Lège Cap-Ferret pour le suivi de la macrofaune benthique des chenaux de prés salés (Brun, 2013). Pour sa mise en œuvre standardisée, des fiches pratiques (Annexes 17 et 18) et des fiches de prise de notes (Annexes 7 et 19) ont été rédigées pour la collecte des données de terrain et leur analyse au laboratoire.

Les proies potentielles présentes dans la partie supérieure (i.e. jusqu'à 10 cm) des sédiments des chenaux de prés salés sont étudiées à travers l'analyse de la communauté de la macrofaune benthique. Ces échantillonnages sont réalisés aux mois de mai, juillet et septembre au cours des campagnes de

pêche ciblant l'ichtyofaune (ou dans les jours encadrant ces campagnes de pêche si la mise en œuvre de ce volet n'est pas possible le jour des pêches). Pour cet échantillonnage, 2 sous-stations sont identifiées : une 10 m en amont de la station de pêche et l'autre 200 m en amont de la station de pêche (Fig. 16). Si des banquettes sont présentes au niveau des 2 sous-stations, 2 sous-stations sont à ajouter sur celles-ci à côté des sous-stations dans le chenal (Fig. 16). Chaque sous-station comprend 3 répliqués dans un carré de 2 m de côté (Fig. 16).

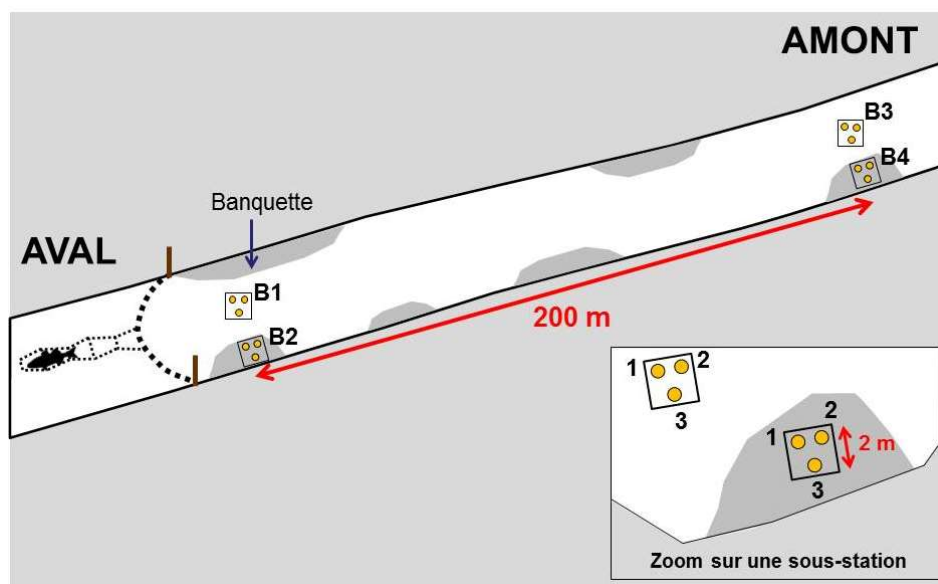


Figure 16 – Emplacement et nomenclature des sous-stations et de leurs répliqués le long du chenal suivi.

Les prélèvements de la macrofaune benthique sont réalisés après les pêches ciblant l'ichtyofaune lorsque l'eau s'est retirée du chenal. Les échantillonnages sont effectués à l'aide d'un carottier (diamètre 15 cm et profondeur 25 cm). Chaque répliqué est tamisé sur le terrain (tamis de maille 1 mm) puis stocké dans des flacons étiquetés par un identifiant unique comprenant les informations suivantes : l'identifiant de la campagne (annee_mois_station), l'identifiant de la sous-station (B1, B2, B3 ou B4) et le numéro de répliqué (1, 2 ou 3).

Au retour du terrain, les échantillons sont fixés pendant 48 h dans une solution formolée à 4 % fabriquée à partir de l'eau du chenal filtrée sur un tamis (maille de 500 µm). Les échantillons sont ensuite rincés et stockés dans de l'alcool à 70 % avec de la Phloxine B / Rose bengale. Ces étapes sont réalisées en respectant les normes de sécurité relatives à la manipulation de formol. Ces manipulations sont effectuées avec des gants en nitrile (ou en néoprène ou en butyle) et sous hotte aspirante (sorbonne) équipée d'un filtre à charbon actif dans un laboratoire répondant aux normes de sécurité associées au formol.

Les individus des captures sont identifiés au plus haut rang taxonomique possible. Le nombre d'individus par taxon est déterminé et la masse sèche est mesurée par taxon. L'identification de la macrofaune benthique est complexe pour une personne inexpérimentée. Il est possible de s'adresser à un bureau d'étude pour réaliser ces étapes du protocole.

Ces mesures permettent d'obtenir l'abondance relative et la masse des taxons de la macrofaune benthique. Ces résultats seront à relier aux données issues de l'analyse des contenus stomacaux et permettront d'établir d'éventuelles correspondances.

7.3.4. Proies potentielles – Communauté d'arthropodes du pré salé

Le protocole du volet optionnel s'intéressant à la communauté d'arthropodes du pré salé a été élaboré en collaboration avec Julien Pétillon (Maître de Conférences, HDR, Université de Rennes 1). Pour sa mise en œuvre standardisée, des fiches pratiques (Annexes 20 et 22) et des fiches de prise de notes (Annexes 21 et 23) ont été rédigées pour les mesures de terrain et l'analyse au laboratoire.

La caractérisation de la communauté d'arthropodes du pré salé aux abords du chenal suivi est réalisée aux mois de mai, juillet et septembre (ou au moins une fois par an : en mai). Au cours de chacun de ces mois, une mission d'échantillonnage est menée lors des coefficients de marée les plus faibles du mois (i.e. ≤ 50). Trois sous-stations sont définies le long du chenal suivi (Fig. 17). A chaque sous-station, le dispositif de capture consiste à mettre en place un piège Barber (Fig. 18) aux quatre sommets d'un carré de 10 m de côté. L'une des faces du carré doit être localisée à moins de 5 m du chenal. Les sommets du carré sont définis comme les répliqués d'une sous-station (Fig. 17). Ces pièges sont activés pendant 3 jours consécutifs.

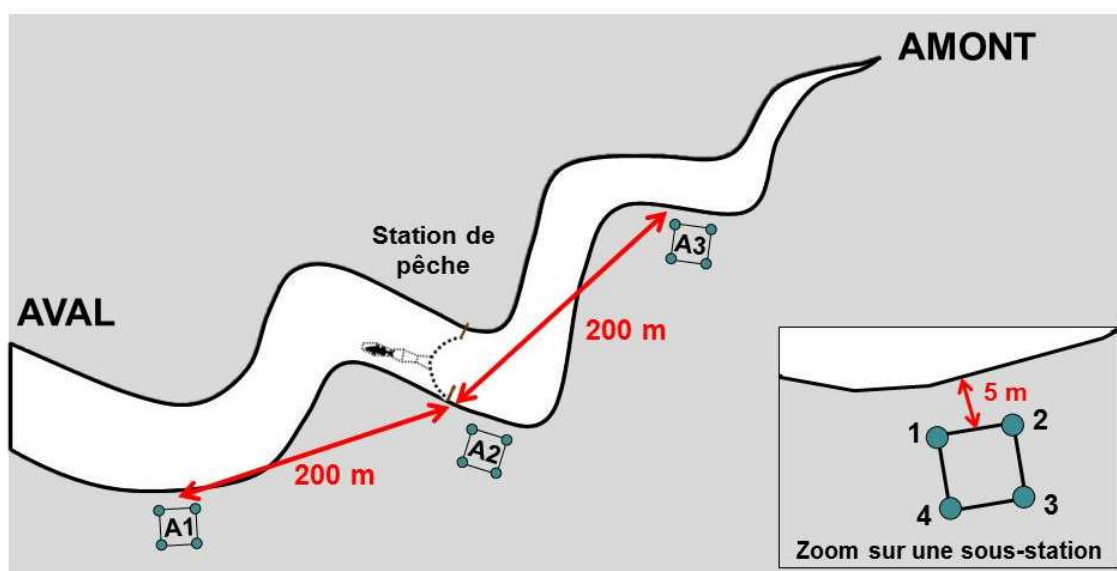


Figure 17 – Emplacement et nomenclature des sous-stations (A1, A2 et A3) et de leurs répliqués (i.e. sommets des carrés) le long du chenal suivi.

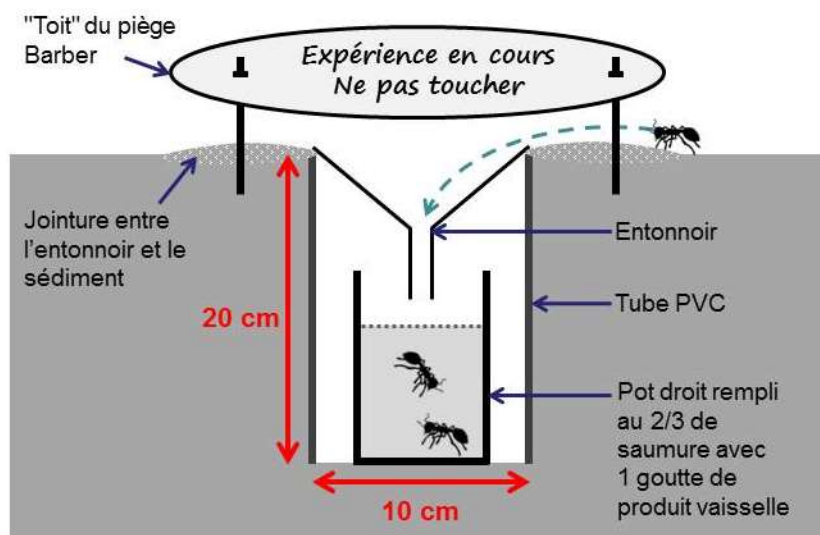


Figure 18 – Schématisation des composants d'un piège Barber.

A la relève des pièges, chaque pot droit est étiqueté par un identifiant unique comprenant les informations suivantes : l'identifiant de la campagne (annee_mois_station), l'identifiant de la sous-station et le numéro du réplicat.

Au laboratoire, les captures sont rincées et un premier tri est réalisé par les gestionnaires pour séparer les amphipodes des autres espèces d'arthropodes. Le comptage et la mesure de la masse sèche (après 48 h dans une étuve à 65°C) des amphipodes sont réalisés par les gestionnaires. Les "autres espèces d'arthropodes" sont envoyées à Julien Pétilon pour être triées et identifiées.

Ce dispositif permet de calculer la biomasse surfacique des amphipodes et de préciser la composition de la communauté d'arthropodes susceptibles d'entrer dans le régime alimentaire des poissons. L'ensemble de ces résultats sera à relier aux données issues de l'analyse des contenus stomacaux et permettra d'établir d'éventuelles correspondances.

8. Valorisation et communication du travail

Les réflexions et les travaux menés pour l'amélioration du protocole de surveillance scientifique des "fonctions écologiques des prés salés (ouverts à la mer) pour l'ichtyofaune" ont fait l'objet de plusieurs réunions de travail et de communications orales listées ci-dessous. Ces valorisations et portés à connaissance se sont essentiellement adressés aux gestionnaires d'AMP.

Activité du groupe de travail et autres réunions :

- Réunion avec Sylvain Duhamel (Cellule de Suivi du Littoral Normand - CSLN) – Prise en main du jeu de données disponible de l'estuaire de la Seine : 10 janvier 2017 à Le Havre
- Période de travail avec Aurélien Besnard (Maitre de conférences, CEFE/CNRS, Montpellier) – Présentation des jeux de données, définition des problématiques de travail, planification des travaux à mener et premières réflexions sur les méthodes statistiques à mettre en œuvre : 17-20 janvier 2017 à Montpellier

- Réunion du groupe de travail gestionnaires-scientifiques – Ajustement du protocole de surveillance et validation des questions communes de gestion : 06 février 2017 à Dinard + visioconférence (Cf. compte-rendu : Annexe 24)
- Période de travail avec Aurélien Besnard (Maitre de conférences, CEFE/CNRS, Montpellier) – Premières analyses statistiques des jeux de données : 22-27 mars 2017 à Montpellier
- Réunion du groupe de travail gestionnaires-scientifiques – Validation de la proposition de protocole de surveillance des fonctions écologiques des prés salés (ouverts à la mer) pour l'ichtyofaune : 28 mars 2017 à Rennes
- Réunion avec Loïc Valéry (chercheur contractuel, MNHN, Paris) – Réflexion sur le volet optionnel végétation du protocole de surveillance des fonctions écologiques des prés salés (ouverts à la mer) pour l'ichtyofaune. 17 mai 2017 ; Rennes
- Période de travail avec Aurélien Besnard (Maitre de conférences, CEFE/CNRS, Montpellier) – Validation des modèles statistiques utilisés et analyse des résultats : 22 mai-2 juin 2017 à Montpellier
- Réunion téléphonique avec Pierre Thiriet (Chargé de mission DCSMM, MNHN, Dinard) et Alexandre Carpentier (Maitre de conférences, Université de Rennes 1) – Discussion autour des premières pistes de développement de descripteurs et d'indicateurs en lien avec le programme de surveillance de le DCSMM : 22 juin 2017

Communications orales :

- E. Le Luherne & E. Caillot, Fonctions écologiques des prés salés (ouverts à la mer) pour l'ichtyofaune. Rencontres annuelles des contributeurs de l'Observatoire Patrimoine Naturel Littoral (RNF-AFB) : 30 novembre-01 décembre 2016 à La Roche sur Yon
- E. Le Luherne & E. Caillot, Vers un protocole national de surveillance scientifique - Fonctions écologiques des prés salés (ouverts à la mer) pour l'ichtyofaune. Table ronde des gestionnaires d'aires marines protégées des façades Manche Mer du Nord et Atlantique : 07-09 juin 2017 à Le Conquet

9. Poursuivre l'évaluation de la capacité du protocole à produire des données adaptées pour répondre aux questions de gestion communes au réseau de sites

Il semble intéressant de poursuivre les analyses pour affiner les premiers résultats issus de ce présent travail, afin d'adapter au mieux l'effort d'échantillonnage aux besoins de la gestion. Le temps imparti de la mission et la qualité des données disponibles (standardisation et précision parfois limitées) justifient l'intérêt de poursuivre ces premiers travaux. Pour la poursuite de ces travaux, nous souhaitons bénéficier de la qualité des données collectées en 2017 : réellement standardisées, couvrant un plus grand nombre de sites (plus d'une dizaine) et offrant une meilleure précision et comparabilité que celles précédemment disponibles.

Perspectives identifiées :

La poursuite des analyses relatives "à la capacité du protocole à produire des données adaptées aux questions de gestion" concernerait plus particulièrement les interrogations suivantes / effort d'échantillonnage :

- A quel moment du jusant faut-il réaliser les pêches pour échantillonner un assemblage ichthyologique représentatif de la station ? (cf. limites et perspectives : p. 28)

- Combien de réplicats de mesure physico-chimique (température et salinité) faut-il réaliser par pêche pour évaluer leur variabilité intra-campagne ? (cf. limites et perspectives : p. 35)

Pour les volets optionnels du protocole ("végétation" ; "mészo-zooplancton" ; "macrofaune benthique" ; "arthropode"), un même travail d'évaluation de l'effort d'échantillonnage est à conduire. Ce travail pourrait de la même façon commencer avec les données issues de la campagne standardisée de 2017.

10. Poursuivre et consolider le réseau de surveillance scientifique initié pour développer en routine des argumentaires scientifiques au service de la gestion des sites et alimenter le programme de surveillance de la DCSMM

10.1. Gestion adaptative des sites

Le travail ici présenté ne pouvait prétendre répondre pour chacun des sites aux questions de gestion préalablement formulées via le concours de l'ensemble des parties prenantes (gestionnaires et partenaires scientifiques associés).

Rappel des questions de gestion formulées :

1- Quelles sont les fonctions écologiques des sites étudiés pour l'ichtyofaune ?

- 2- *Quels sont les principaux facteurs environnementaux déterminant les assemblages ichtyologiques ? Comment agissent-ils sur les assemblages ichtyologiques ? Quelles sont les évolutions spatiale et temporelle de ces principaux facteurs d'influence ?*
- 3- *Existe-t-il des correspondances entre la typologie des habitats et la typologie des assemblages ichtyologiques ? Quelles sont les évolutions spatiale et temporelle de ces correspondances ?*
- 4- *Quels sont les effets des utilisations anthropiques des prés salés (e.g. fauchage et pâturage) sur les assemblages ichtyologiques et sur les fonctions écologiques des habitats (dont la fonction de nourricerie) ?*
- 5- *Dans le contexte de changement global (e.g. modification de la température, élévation du niveau marin), quid de la variabilité des assemblages ichtyologiques et des fonctions écologiques assurées par les prés salés ?*
- 6- *Existe-t-il des variations biogéographiques des assemblages ichtyologiques fréquentant les prés salés ?*

Pour l'essentiel de ces questions, les réponses attendues nécessitent de disposer de plusieurs séries annuelles de données standardisées et cela pour l'ensemble des sites du réseau. Cela est d'autant plus vrai pour les questions 3 et 6 qui s'inscrivent sur le long terme.

Perspectives identifiées :

Tout d'abord, il s'agit de poursuivre l'animation et l'accompagnement (réunion, ateliers techniques, formations...) des gestionnaires des différents sites impliqués et d'étendre dans la mesure du possible le réseau de surveillance à d'autres sites du littoral métropolitain.

Dans un premier temps, des retours-terrain sur à la mise en œuvre 2017 du protocole sur l'ensemble des sites test sont à capitaliser : ils doivent permettre d'affiner le protocole national testé vis-à-vis des matériels et méthodes préconisés pour renforcer sa facilité de mise en œuvre pour un réseau de surveillance qui s'inscrive dans le temps.

Parallèlement, il s'agit également de poursuivre la bancarisation des données disponibles tout en disposant de moyens adaptés à la valorisation en routine des données produites sur chacun des sites pour répondre aux questions de gestion. Ainsi il est proposé à partir du jeu de données collecté en 2017 sur l'ensemble des sites de développer des routines d'analyses permettant de produire pour chacun des sites l'essentiel des résultats attendus. Ces routines développées sous R pourraient ensuite constituer un outil clé en main pour chacun des gestionnaires impliqués.

10.2. Programme de surveillance de la DCSMM

Le protocole développé par RNF constitue une opportunité pour le programme de surveillance de la DCSMM. En effet, certaines métriques collectées via le protocole RNF (Cf. Tableau 2 : p. 20-21) ont été d'ores et déjà identifiées comme adéquates pour renseigner les descripteurs D1C2, D1C4, D1C5, D4C1, D4C2 et D4C3 de la DCSMM. Ces métriques sont l'abondance et la biomasse relatives établies par espèce et par guildes trophiques, les contenus stomacaux et la composition en taille des communautés ichtyologiques.

Perspectives identifiées : Pour cela, deux types de station sont à promouvoir pour chacun des sites, soit (i) une "station représentative de l'état écologique du site (i.e. localisée dans la permasérie du pré salé la plus répandue localement)" et (ii) une "station de référence (i.e. présentant des conditions environnementales standardisées à l'échelle du réseau de suivi et étant le moins anthropisée possible)".

Comme pour répondre aux besoins de la gestion des sites vis-à-vis de l'enjeu de conservation des fonctionnalités écologiques des prés salés pour l'ichtyofaune, alimenter le programme de surveillance de la DCSMM nécessite que le réseau de surveillance scientifique initié s'inscrive dans le temps et l'espace. C'est-à-dire qu'il permette une généralisation du protocole ici analysé à d'autres sites et de façon continue pour disposer de séries de données qui s'inscrivent sur le long terme. D'ores et déjà son emprise sur les façades Manche-Mer du Nord et Atlantique constitue une potentialité pour le programme de surveillance de la DCSMM, potentialité qui doit être renforcée par la participation d'un plus grand nombre de sites.

Bibliographie

Adam, P., 1990. Saltmarsh Ecology. Cambridge University Press.

Allen, J.R.L., Duffy, M.J., 1998. Medium-term sedimentation on high intertidal mudflats and salt marshes in the Severn Estuary, SW Britain: the role of wind and tide. *Mar. Geol.* 150, 1–27. doi:10.1016/S0025-3227(98)00051-6

Allen, L.G., Pondella, D.J., Horn, M.H., 2006. *The Ecology of Marine Fishes: California and Adjacent Waters*. University of California Press.

Anderson, M.J., Walsh, D.C.I., 2013. PERMANOVA, ANOSIM, and the Mantel test in the face of heterogeneous dispersions: What null hypothesis are you testing? *Ecol. Monogr.* 83, 557–574. doi:10.1890/12-2010.1

Beck, M.W., Heck, K.L., Able, K.W., Childers, D.L., Eggleston, D.B., Gillanders, B.M., Halpern, B., Hays, C.G., Hoshino, K., Minello, T.J., Orth, R.J., Sheridan, P.F., Weinstein, M.P., 2001. The Identification, Conservation, and Management of Estuarine and Marine Nurseries for Fish and Invertebrates. *BioScience* 51, 633–641. doi:10.1641/0006-3568(2001)051[0633:TICAMO]2.0.CO;2

Bertrand, F., Goeldner, L., 1999. Les côtes à polders. Les fondements humains de la poldérisation. *Inf. Géographique* 63, 78–86. doi:10.3406/ingeo.1999.2633

Bray, J.R., Curtis, J.T., 1957. An Ordination of the Upland Forest Communities of Southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.* 27, 325–349. doi:10.2307/1942268

Brind'amour, A., Delaunay, D., 2016. Etat de développement des indicateurs par critère du descripteur 1- Poissons et Céphalopodes (No. Version du 01.09.16). Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM).

Brun, S., 2013. Biodiversité Aquatique des MARais littoraux du bassin d'Arcachon (Etude BiAMAR) et Régime Alimentaire des Poissons des mARais Littoraux de bassin d'Arcachon (Etude RAPALA). RNN des prés salés d'Arès t e Lège-Cap-Ferret.

Cattrijsse, A., Hampel, H., 2006. European intertidal marshes: a review of their habitat functioning and value for aquatic organisms. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 324, 293–307.

Clarke, K.R., 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Aust. J. Ecol.* 18, 117–143. doi:10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x

Costa, M.J., Costa, J., de Almeida, P.R., Assis, C.A., 1994. Do eel grass beds and salt marsh borders act as preferential nurseries and spawning grounds for fish? An example of the Mira estuary in Portugal. *Ecol. Eng.* 3, 187–195. doi:10.1016/0925-8574(94)90045-0

Cox, R., Wadsworth, R.A., Thomson, A.G., 2003. Long-term changes in salt marsh extent affected by channel deepening in a modified estuary. *Cont. Shelf Res., European Land-Ocean Interaction* 23, 1833–1846. doi:10.1016/j.csr.2003.08.002

Dame, R.F., Allen, D.M., 1996. Between estuaries and the sea. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 200, 169–185. doi:10.1016/S0022-0981(96)02642-1

Delpech, C., Courrat, A., Pasquaud, S., Lobry, J., Le Pape, O., Nicolas, D., Boët, P., Girardin, M., Lepage, M., 2010. Development of a fish-based index to assess the ecological quality of transitional waters: The case of French estuaries. *Mar. Pollut. Bull.* 60, 908–918. doi:10.1016/j.marpolbul.2010.01.001

Dixon, P., Palmer, M.W., 2003. VEGAN, a package of R functions for community ecology. *J. Veg. Sci.* 14, 927–930. doi:10.1658/1100-9233(2003)014[0927:VAPORF]2.0.CO;2

Elliott, M., Dewailly, F., 1995. The structure and components of European estuarine fish assemblages. *Netherland J. Aquat. Ecol.* 29, 397–417. doi:10.1007/BF02084239

Feral, J.-P., Lamare, S., Le Loc'h, F., Mialet, B., Niquil, N., Petit, L., Serre, S., Vouriot, P., 2016. Rapport sur l'état de développement des indicateurs du Bon Etat Ecologique du Descripteur 4 (No. Version du 16.09.16). Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM).

Gibson, R.N., 1994. Impact of habitat quality and quantity on the recruitment of juvenile flatfishes. *Neth. J. Sea Res.* 32, 191–206. doi:10.1016/0077-7579(94)90040-X

Gouin, A., 2012. L'intérêt des marais salés de la baie de l'Aiguillon comme zone de nourricerie pour les poissons. Université de La Rochelle.

Hasler, A.D., 1975. *Coupling of Land and Water Systems*. Springer Science & Business Media.

Jacquet, K., Prodon, R., 2013. Analyses multivariées avec ade4 dans R.

Joyeux, E., Blanchet, R., Haie, S., Carpentier, A., 2014. La gestion des prés salés de la baie de l'Aiguillon : vers une approche plus fonctionnelle. *Faune Sauvage* 38–43.

Joyeux, E., Carpentier, A., Corre, F., Haie, S., Pétilion, J., 2017. Impact of salt-marsh management on fish nursery function in the bay of Aiguillon (French Atlantic coast), with a focus on European sea bass diet. *J. Coast. Conserv.* 21, 435–444. doi:10.1007/s11852-017-0501-0

Laffaille, P., 2000. Relation entre l'ichtyofaune et les marais salés macrotidaux: le cas de la baie du Mont saint-Michel. Université de Rennes 1, Rennes.

Laffaille, P., Feunteun, E., Lefeuvre, J.-C., 2000. Composition of Fish Communities in a European Macrotidal Salt Marsh (the Mont Saint-Michel Bay, France). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 51, 429–438. doi:10.1006/ecss.2000.0675

Laffaille, P., Lefeuvre, J.-C., Schricke, M.-T., Feunteun, E., 2001. Feeding ecology of o-group sea bass, *Dicentrarchus labrax*, in salt marshes of Mont Saint Michel Bay (France). *Estuaries* 24, 116–125. doi:10.2307/1352818

Laffaille, P., Pétilion, J., Parlier, E., Valéry, L., Ysnel, F., Radureau, A., Feunteun, E., Lefeuvre, J.-C., 2005. Does the invasive plant *Elymus athericus* modify fish diet in tidal salt marshes? *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 65, 739–746. doi:10.1016/j.ecss.2005.07.023

Le Pape, O., Bonhommeau, S., 2015. The food limitation hypothesis for juvenile marine fish. *Fish Fish.* 16, 373–398. doi:10.1111/faf.12063

Lefeuvre, J.-C., Bouchard, V., Feunteun, E., Grare, S., Laffaille, P., Radureau, A., 2000. European salt marshes diversity and functioning: The case study of the Mont Saint-Michel bay, France. *Wetl. Ecol. Manag.* 8, 147–161. doi:10.1023/A:1008440401950

Lefeuvre, J.-C., Laffaille, P., Feunteun, E., Bouchard, V., Radureau, A., 2003. Biodiversity in salt marshes: from patrimonial value to ecosystem functioning. The case study of the Mont-Saint-Michel bay. *C. R. Biol.* 326, 125–131. doi:10.1016/S1631-0691(03)00049-0

Legendre, P., Legendre, L., 1998. Numerical ecology. Second English edition, Developments in environmental modelling. ed. Elsevier Science. ed.

Manté, C., Claudet, J., Rebzani-Zahaf, C., 2003. Fairly Processing Rare and Common Species in Multivariate Analysis of Ecological Series. Application to Macrobenthic Communities from Algiers Harbour. *Acta Biotheor.* 51, 277–294. doi:10.1023/B:ACBI.0000003984.95892.bb

Mathieson, S., Cattrijsse, A., Costa, M.J., Drake, P., Elliott, M., Gardner, J., Marchand, J., 2000. Fish assemblages of European tidal marshes: a comparison based on species, families and functional guilds. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 204, 225–242.

Meirland, A., Chabrierie, O., Bouvet, A., 2012. Les marais salés littoraux, in: Manuel d'étude et de Gestion Des Oiseaux et de Leurs Habitats En Zones Côtières. *ÆSTUARIA*, cultures et développement durable, pp. 157–207.

Meunier, F., Joyeux, E., 2003. Plan de gestion 2004-2008. Réserves Naturelles Nationales de la baie de l'Aiguillon.

Minello, T.J., Able, K.W., Weinstein, M.P., Hays, C.G., 2003. Salt marshes as nurseries for nekton: testing hypotheses on density, growth and survival through meta-analysis. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 246, 39–59.

Nelson, J.L., Zavaleta, E.S., 2012. Salt Marsh as a Coastal Filter for the Oceans: Changes in Function with Experimental Increases in Nitrogen Loading and Sea-Level Rise. *PLOS ONE* 7, e38558. doi:10.1371/journal.pone.0038558

Nicolas, D., Lobry, J., Le Pape, O., Boët, P., 2010. Functional diversity in European estuaries: Relating the composition of fish assemblages to the abiotic environment. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 88, 329–338. doi:10.1016/j.ecss.2010.04.010

Odum, E.P., 1968. Energy Flow in Ecosystems: A Historical Review. *Integr. Comp. Biol.* 8, 11–18. doi:10.1093/icb/8.1.11

Parlier, E., 2006. Approche quantitative de la fonction de nourricerie des systèmes estuariens-vasières. Université de La Rochelle.

Pennings, S.C., Bertness, M.D., 2001. Salt marsh communities, in: *Marine Community Ecology*. pp. 289–316.

Rivas-Martinez, S., 2005. Notions on dynamic-catenal phytosociology as a basis of landscape science. *Plant Biosyst. - Int. J. Deal. Asp. Plant Biol.* 139, 135–144. doi:10.1080/11263500500193790

Simas, T., Nunes, J.P., Ferreira, J.G., 2001. Effects of global climate change on coastal salt marshes. *Ecol. Model.* 139, 1–15. doi:10.1016/S0304-3800(01)00226-5

Solomon, K., 1979. Manufacturing variation of trickle emitters. *Trans. ASAE* 22, 1034–1038.

Teal, J.M., 1962. Energy Flow in the Salt Marsh Ecosystem of Georgia. *Ecology* 43, 614–624. doi:10.2307/1933451

Thiriet, P., Feunteun, E., 2016. Etat de développement des indicateurs DCSMM par critère du descripteur 1 – Poissons et Céphalopodes. Rapport MNHN centré sur les peuplements de la zone intertidale, les peuplements démersaux des milieux rocheux côtiers et des herbiers, et les peuplements pélagiques des milieux côtiers (No. Version du 20.12.16). Muséum National d'Histoire Naturelle, Station Marine de Dinard.

Verger, F., 1995. Slikkes et Schorres : milieux et aménagement. *Noroi* 165, 235–245.
doi:10.3406/noroi.1995.6622

Whitfield, A.K., Paterson, A.W., Bok, A.H., Kok, H.M., 1994. A comparison of the ichthyofaunas in two permanently open eastern Cape estuaries. *South Afr. J. Zool.* 29, 175–185.
doi:10.1080/02541858.1994.11448343

Zuur, A., Ieno, E.N., Walker, N.J., Saveliev, A.A., Smith, G.M., 2009. *Statistics for Biology and Health*. Springer.

Annexes

Annexe 2 – Définition de la classification des guildes écologiques et des guildes de distribution verticale de poisson côtiers (adapté de Elliott and Dewailly, 1995).

Critère	Guilde	Définition
Ecologique	Eau douce (FW)	Taxons réalisant l'ensemble de leur cycle de vie dans les milieux dulcolés (i.e. avec une salinité < 5)
	Estuarienne (ER)	Taxons réalisant l'ensemble de leur cycle de vie dans les milieux estuariens et côtiers
	Diadrome (DIA)	Taxons réalisant une partie de leur cycle de vie en milieu estuarien et/ou côtier et le reste en mer (i.e. ces taxons vivent en mer et se reproduisent en rivière ou inversement)
	Juvenile marine (MJ)	Taxons marins utilisant les milieux estuariens et côtiers principalement comme nurserie lors de leurs premières années de vie
	Opportuniste marin (MS)	Taxons marins utilisant régulièrement les milieux estuariens et côtiers au cours de leur cycle de vie (i.e. principalement pour s'y alimenter)
	Visiteur marin (MA)	Taxons marins visitant les milieux estuariens et côtiers de façon anecdotique
Distribution verticale	Pélagique (P)	Taxons vivant dans la colonne d'eau
	Démersale (D)	Taxons vivant dans la zone de la colonne d'eau située juste au-dessus du fond
	Benthique (B)	Taxons vivant sur le fond

Annexe 3 – Classification des taxons capturés dans les prés salés de l'ensemble des sites appliquant le protocole "suivi des fonctions écologiques des prés salés pour l'ichtyofaune". La classification des guildes écologiques et de distribution verticale est exclusivement réservée à l'ichtyofaune. Les crustacés sont identifiés par "CRUST".

Groupe	Ordre	Nom taxon vernaculaire	Nom taxon latin	Code taxon	Guilde écologique DCE	Guilde de distribution verticale DCE
teleostei	cypriniformes	breme_commune	abramis_brama	Abr_bra	FW	D
teleostei	cypriniformes	ablette	alburnus_alburnus	Alb_alb	FW	P
teleostei	cypriniformes	spirlin	alburnoides_bipunctatus	Alb_bip	FW	P
teleostei	clupeiformes	alose_feinte	alosa_fallax	Alo_fal	DIA	P
teleostei	siluriformes	poisson_chat	ameiurus_melas	Ame_mel	FW	D
teleostei	perciformes	lancon_equille	ammodytes_tobianus	Amm_tob	MA	D
teleostei	anguilliformes	anguille_europeenne	anguilla_anguilla	Ang_ang	DIA	D
teleostei	perciformes	gobie_transparent	aphia_minuta	Aph_min	MA	P
teleostei	perciformes	maigre	argyrosomus_regius	Arg_reg	MS	D
teleostei	atheriniformes	joel	atherina_boyeri	Ath_boy	ER	P
teleostei	atheriniformes	pretre	atherina_presbyter	Ath_pre	MA	P
teleostei	atheriniformes	atherine_indetermine	atherina_sp	Ath_sp	MA	P
teleostei	cypriniformes	breme_bordeliere	blicca_bjoerkna	Bli_bjo	FW	D
crustacea	decapoda	crabe_indetermine	brachyura_sp	Bra_sp	CRUST	CRUST
teleostei	cypriniformes	breme_indetermine	breme_sp	Bre_sp	FW	D
teleostei	cypriniformes	carassin_commun	carassius_carassius	Car_car	FW	D
teleostei	cypriniformes	carassin_argente	carassius_gibelio	Car_gib	FW	D
crustacea	decapoda	crabe_vert	carcinus_maenas	Car_mae	CRUST	CRUST
teleostei	cypriniformes	carassin_indetermine	carassius_sp	Car_sp	FW	D
teleostei	mugiliformes	mulet_lippu	chelon_labrosus	Che_lab	MJ	D
teleostei	cypriniformes	nase_commun	chondrostoma_nasus	Cho_nas	FW	D
teleostei	gadiformes	motelle_a_cinq_barbillons	ciliata_mustela	Cil_mus	ER	B
teleostei	clupeiformes	hareng	clupea_harengus	Clu_har	MJ	P
teleostei	clupeiformes	clupeidae_indetermine	clupeidae_sp	Clu_sp	MJ	P
crustacea	amphipoda	corophium_indetermine	corophium_sp	Cor_sp	CRUST	CRUST
crustacea	decapoda	crevette_grise	crangon_crangon	Cra_cra	CRUST	CRUST
teleostei	cypriniformes	carpe_commune	cyprinus_carpio	Cyp_car	FW	D
teleostei	cypriniformes	cyprinidae_indetermine	cyprinidae_sp	Cyp_sp	FW	D
teleostei	perciformes	bar_europeen	dicentrarchus_labrax	Dic_lab	MJ	D
teleostei	perciformes	bar_mouchete	dicentrarchus_punctatus	Dic_pun	MJ	D
teleostei	perciformes	bar_indetermine	dicentrarchus_sp	Dic_sp	MJ	D
teleostei	perciformes	petite_vive	echiichthys_vipera	Ech_vip	MA	B
teleostei	clupeiformes	anchois	engraulis_encrasicolus	Eng_enc	MS	P
teleostei	clupeiformes	engraulidae_indetermine	engraulidae_sp	Eng_sp	MS	P
crustacea	decapoda	crabe_chinois	eriocheir_sinensis	Eri_sin	CRUST	CRUST
teleostei	cyprinodontiformes	gambusie	gambusia_holbrooki	Gam_hol	FW	P
crustacea	amphipoda	gammaridae_indetermine	gammaridae_sp	Gam_sp	CRUST	CRUST
teleostei	gasterosteiformes	epinoche_a_trois_epines	gasterosteus_aculeatus	Gas_acu	ER	D
teleostei	perciformes	gremille	gymnocephalus_cernua	Gym_cer	FW	B
crustacea	decapoda	crabe_japonais	hemigrapsus_penicillatus	Hem_pen	CRUST	CRUST
crustacea	decapoda	crabe_japonais_indetermine	hemigrapsus_sp	Hem_sp	CRUST	CRUST
crustacea	decapoda	crabe_japonais_takanoi	hemigrapsus_takanoi	Hem_tak	CRUST	CRUST
crustacea	isopoda	isopode_du_genre_lekanesphaera	lekanesphaera_rugicauda	Lek_rug	CRUST	CRUST
teleostei	perciformes	perche_soleil	lepomis_gibbosus	Lep_gib	FW	D
teleostei	cypriniformes	chevaine	leuciscus_cephalus	Leu_cep	FW	P

teleostei	cypriniformes	able_de_heckel	leucaspius_delineatus	Leu_del	FW	P
teleostei	cypriniformes	vandoise	leuciscus_leuciscus	Leu_leu	FW	P
teleostei	mugiliformes	mulet_dore	liza_aurata	Liz_aur	MA	D
teleostei	mugiliformes	mulet_porc	liza_ramada	Liz_ram	MA	D
teleostei	gadiformes	merlan	merlangius_merlangus	Mer_mer	MJ	D
teleostei	mugiliformes	mulet_indetermine	mugilidae_sp	Mug_sp	MA	D
teleostei	perciformes	rouget_barbet	mullus_surmuletus	Mul_sur	MA	B
crustacea	mysida	mysidacea_indetermine	mysidacea_sp	Mys_sp	CRUST	CRUST
crustacea	mysida	mysida_neomysis	neomysis_integer	Neo_int	CRUST	CRUST
crustacea	amphipoda	orchestia	orchestia_gammarellus	Orc_gam	CRUST	CRUST
teleostei	salmoniformes	eperlan_europeen	osmerus_eperlanus	Osm_epe	DIA	P
crustacea	decapoda	bouquet_de_l_elbe	palaemon_adspersus	Pal_ads	CRUST	CRUST
crustacea	decapoda	crevette_bouquette	palaemon_elegans	Pal_ele	CRUST	CRUST
crustacea	decapoda	crevette_blanche	palaemon_longirostris	Pal_lon	CRUST	CRUST
crustacea	decapoda	bouquet_migrateur	palaemon_macroductylus	Pal_mac	CRUST	CRUST
crustacea	decapoda	bouquet_commun	palaemon_serratus	Pal_ser	CRUST	CRUST
crustacea	decapoda	crevette_du_genre_palaemon	palaemonidae_sp	Pal_sp	CRUST	CRUST
crustacea	decapoda	bouquet_atlantique_des_canaux	palaemon_varians	Pal_var	CRUST	CRUST
teleostei	perciformes	perche_europeenne	perca_fluviatilis	Per_flu	FW	P
teleostei	perciformes	perciforme_indetermine	perciformes_sp	Per_sp	FW	P
teleostei	petromyzontiformes	lamproie_marine	petromyzon_marinus	Pet_mar	DIA	P
teleostei	pleuronectiformes	flet_d_europe	platichthys_flesus	Pla_fle	DIA	B
teleostei	pleuronectiformes	plie_d_europe	pleuronectes_platessa	Ple_pla	MJ	B
teleostei	pleuronectiformes	pleuronectidae_indetermine	pleuronectidae_sp	Ple_sp	MJ	B
teleostei	gadiformes	lieu_jaune	pollachius_pollachius	Pol_pol	MJ	D
teleostei	perciformes	gobie_tachete	pomatoschistus_microps	Pom_mic	ER	B
teleostei	perciformes	gobie_buhotte	pomatoschistus_minutus	Pom_min	ER	B
teleostei	perciformes	gobie_du_genre_pomatoschistus	pomatoschistus_sp	Pom_sp	ER	B
crustacea	decapoda	ecrevisse_de_louisiane	procambarus_clarkii	Pro_cla	CRUST	CRUST
teleostei	pleuronectiformes	turbot	psetta_maxima	Pse_max	MJ	B
teleostei	cypriniformes	pseudorasbora	pseudorasbora_parva	Pse_par	FW	P
teleostei	gasterosteiformes	epinochette	pungitius_pungitius	Pun_pun	FW	D
teleostei	cypriniformes	gardon	rutilus_rutilus	Rut_rut	FW	P
teleostei	salmoniformes	truite_de_mer	salmo_trutta	Sal_tru	DIA	P
teleostei	perciformes	sandre	sander_lucioperca	San_luc	FW	D
teleostei	cypriniformes	rotengle	scardinius_erythrophthalmus	Sca_ery	FW	P
crustacea	mysida	schistomysis_indetermine	schistomysis_sp	Sch_sp	CRUST	CRUST
teleostei	pleuronectiformes	sole_senegalaise	solea_senegalensis	Sol_sen	MJ	B
teleostei	pleuronectiformes	sole_commune	solea_solea	Sol_sol	MJ	B
teleostei	pleuronectiformes	sole_indetermine	solea_sp	Sol_sp	MJ	B
teleostei	perciformes	daurade_royale	sparus_aurata	Spa_aur	MA	D
crustacea	isopoda	isopode_du_genre_sphaerome	sphaeromatidae_sp	Sph_sp	CRUST	CRUST
teleostei	gasterosteiformes	epinoche_de_mer	spinachia_spinachia	Spi_spi	ER	D
teleostei	perciformes	daurade_grise	spondyliosoma_cantharus	Spo_can	MA	D
teleostei	clupeiformes	sprat	sprattus_sprattus	Spr_spr	MS	P
teleostei	syngnathiformes	syngnathe_de_dumeril	syngnathus_rostellatus	Syn_ros	ER	D
teleostei	syngnathiformes	syngnathe_indetermine	syngnathe_sp	Syn_sp	ER	D
teleostei	cypriniformes	tanche	tinca_tinca	Tin_tin	FW	B
teleostei	gadiformes	tacaud_commun	trisopterus_luscus	Tri_lus	MJ	D

Annexe 4 – Modèles testés pour examiner le nombre de station par site à suivre pour échantillonner un assemblage ichthyologique représentatif du site.

- Modèle 1 : Modèle mixte avec une loi normale. L'abondance (choisie comme proxy de l'assemblage ichthyologique) est modélisée en fonction des stations suivies en tenant compte des facteurs à effets fixes "année", "mois" et "engin" et du facteur à effet aléatoire "station". Pour ce modèle, l'"année" est intégrée en facteur. Pour répondre aux conditions d'utilisation du modèle, les abondances ont été préalablement transformées par une fonction log+1 (Legendre and Legendre, 1998; Zuur et al., 2009). Un offset du temps de pêche (log transformé) a été ajouté au modèle pour prendre en compte la dépendance de l'abondance des poissons (i.e. la variable à expliquer) à cette variable d'effort (Zuur et al., 2009).

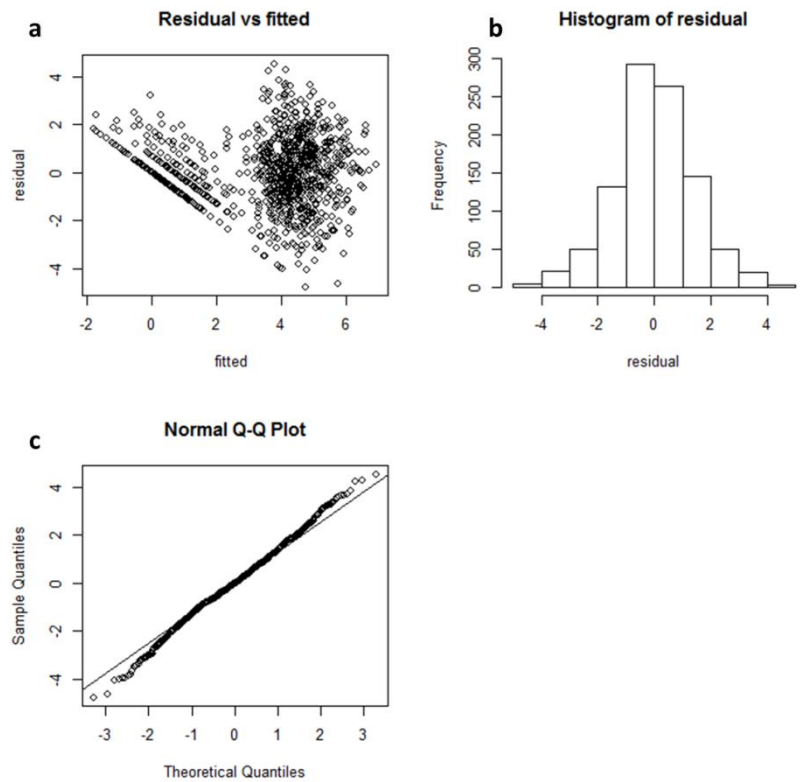
Modèle 1

```
model.1<-lmer(log(abond+1)~f.annee+f.mois+engin+(1|station),offset=log(tps_peche_min),data=ESE_ques_nb_station)
```

Vérification du postulat de l'homogénéité et de la normalité des variances des résidus du modèle 1

Cette étape de validation du modèle 1 révèle que les résidus du modèle sont biaisés et hétéroscédastiques (Annexe 4 – Fig. 1 (a)) bien que leur répartition suive une loi normale (Annexe 4 – Fig. 1 (b et c)). L'hétéroscédasticité des résidus signifie que leur variance n'est pas constante pour chaque valeur estimée. Les valeurs estimées par le modèle ne sont donc pas fiables statistiquement. De plus, le biais observé indique une potentielle surestimation ou sous-estimation des valeurs du paramètre estimées.

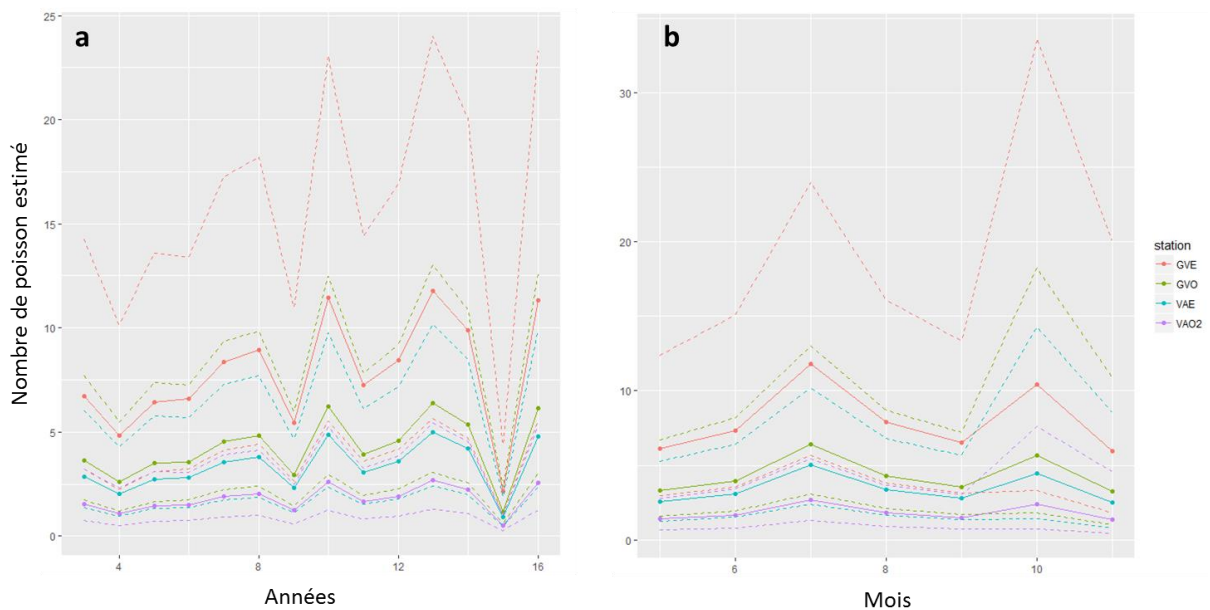
D'après ces observations, le modèle 1 n'est pas le plus adapté pour estimer l'abondance en fonction des facteurs de variation à effets fixes "année", "mois" et "engin" et du facteur à effet aléatoire "station".



Annexe 4 – Figure 1 - Exploration de l'homogénéité et de la normalité des variances des résidus du modèle 1. (a) analyse de l'homogénéité des variances des résidus ; (b) et (c) analyse de la normalité des variances des résidus.

Estimations du modèle 1

Considérant les biais du modèle 1 inhérents à la distribution de la variable à expliquer (i.e. l'abondance), nous avons souhaité observer les estimations du modèle 1 avec un intervalle de confiance à 95 % (Annexe 4 – Fig. 2).



Annexe 4 – Figure 2 – Abondance estimée par le modèle 1 aux stations GVE, GVO, VAE et VAO2. (a) Ces abondances sont estimées chaque année au mois de juillet (i.e. mois représentatif de la communauté de

poisson utilisant les prés salés ; cf. 4.2.) et (a) pour chaque mois de 2013 (i.e. année moyenne, représentative de la communauté de poisson utilisant les prés salés ; Fig. 9).

Le modèle 1 estime les données d'abondance de poisson avec une forte variabilité (Annexe 4 – Fig. 2), ce qui ne nous permet pas de conclure sur le nombre minimum de station par site à suivre pour échantillonner un assemblage ichtyologique représentatif du site. Un deuxième modèle est à tester intégrant l'"année" en valeur numérique.

- Modèle 2: Modèle mixte avec une loi normale. L'abondance (choisie comme proxy de l'assemblage ichtyologique) est modélisée en fonction des stations suivies en tenant compte des facteurs à effets fixes "année", "mois" et "engin" et du facteur à effet aléatoire "station". Pour ce modèle, l'"année" est intégrée en numérique. Pour répondre aux conditions d'utilisation du modèle, les abondances ont été préalablement transformées par une fonction log+1 (Legendre and Legendre, 1998; Zuur et al., 2009). Un offset du temps de pêche (log transformé) a été ajouté au modèle pour prendre en compte la dépendance de l'abondance des poissons (i.e. la variable à expliquer) à cette variable d'effort (Zuur et al., 2009).

Modèle 2

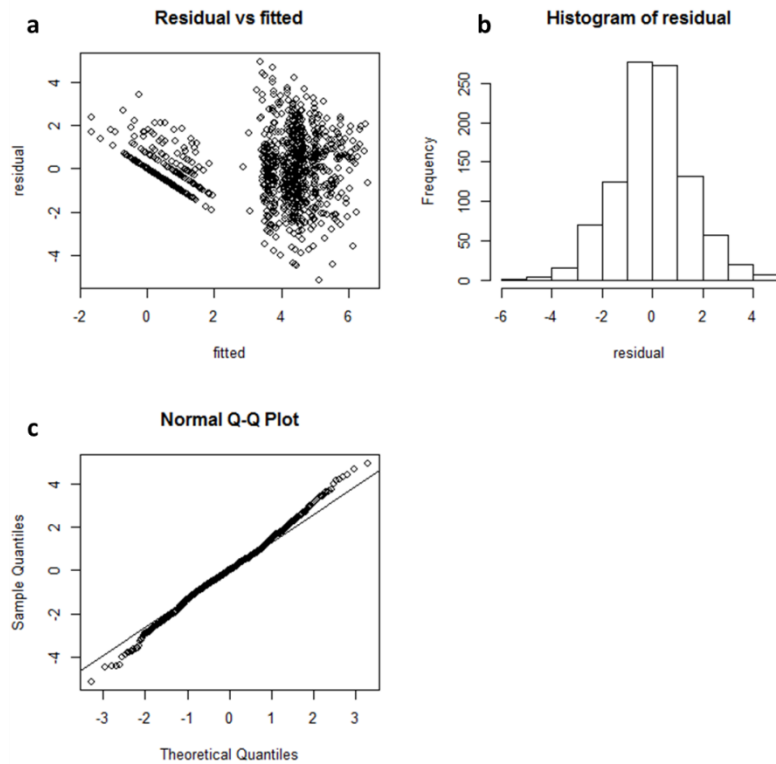
model.2<-

```
lmer(log(abond+1)~station*annee_num+f.mois+engin+(1|station),offset=log(tps_peche_min),data=ESE_ques_nb_station)
```

Vérification du postulat de l'homogénéité et de la normalité des variances des résidus du modèle 2

Cette étape de validation du modèle 2 révèle que les résidus du modèle sont biaisés et hétéroscédastiques (Annexe 4 – Fig. 3 (a)) bien que leur répartition suive une loi normale (Annexe 4 – Fig. 3 (b et c)). L'hétéroscédasticité des résidus signifie que leur variance n'est pas constante pour chaque valeur estimée. Les valeurs estimées par le modèle ne sont donc pas fiables statistiquement. De plus, le biais observé indique une potentielle surestimation ou sous-estimation des valeurs du paramètre estimées.

D'après ces observations, le modèle 2 n'est pas le plus adapté pour estimer l'abondance en fonction des facteurs de variation à effets fixes "année", "mois" et "engin" et du facteur à effet aléatoire "station".

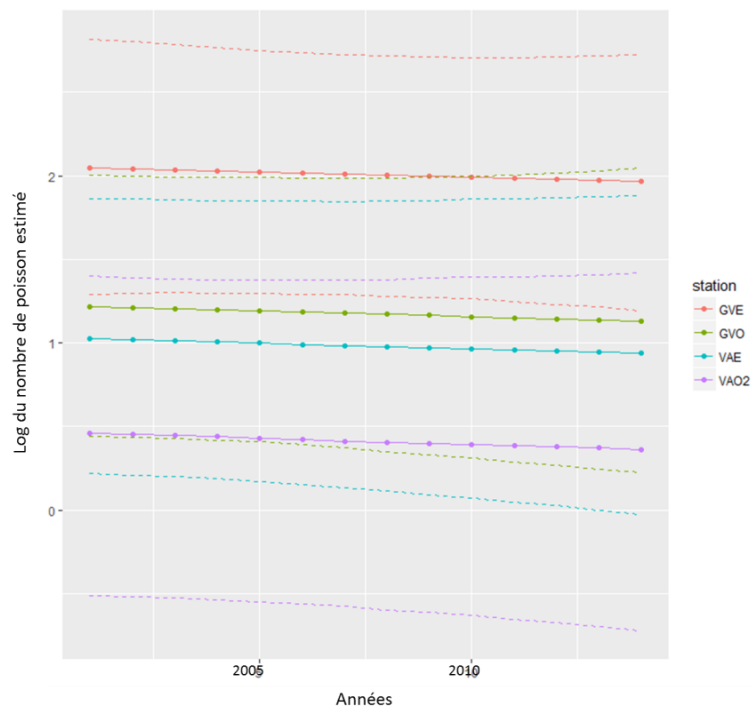


Annexe 4 – Figure 3 - Exploration de l’homogénéité et de la normalité des variances des résidus du modèle 2. (a) analyse de l’homogénéité des variances des résidus ; (b) et (c) analyse de la normalité des variances des résidus.

Estimations du modèle 2

Considérant les biais du modèle 2 inhérents à la distribution de la variable à expliquer (i.e. l’abondance), nous avons souhaité observer les estimations du modèle 2 avec un intervalle de confiance à 95 % (Annexe 4 – Fig. 4).

Les valeurs prédites ont des intervalles de confiance très importants, ce qui ne nous permet pas de conclure sur des changements de l’abondance de l’ichtyofaune au cours des années en fonction des stations suivies.

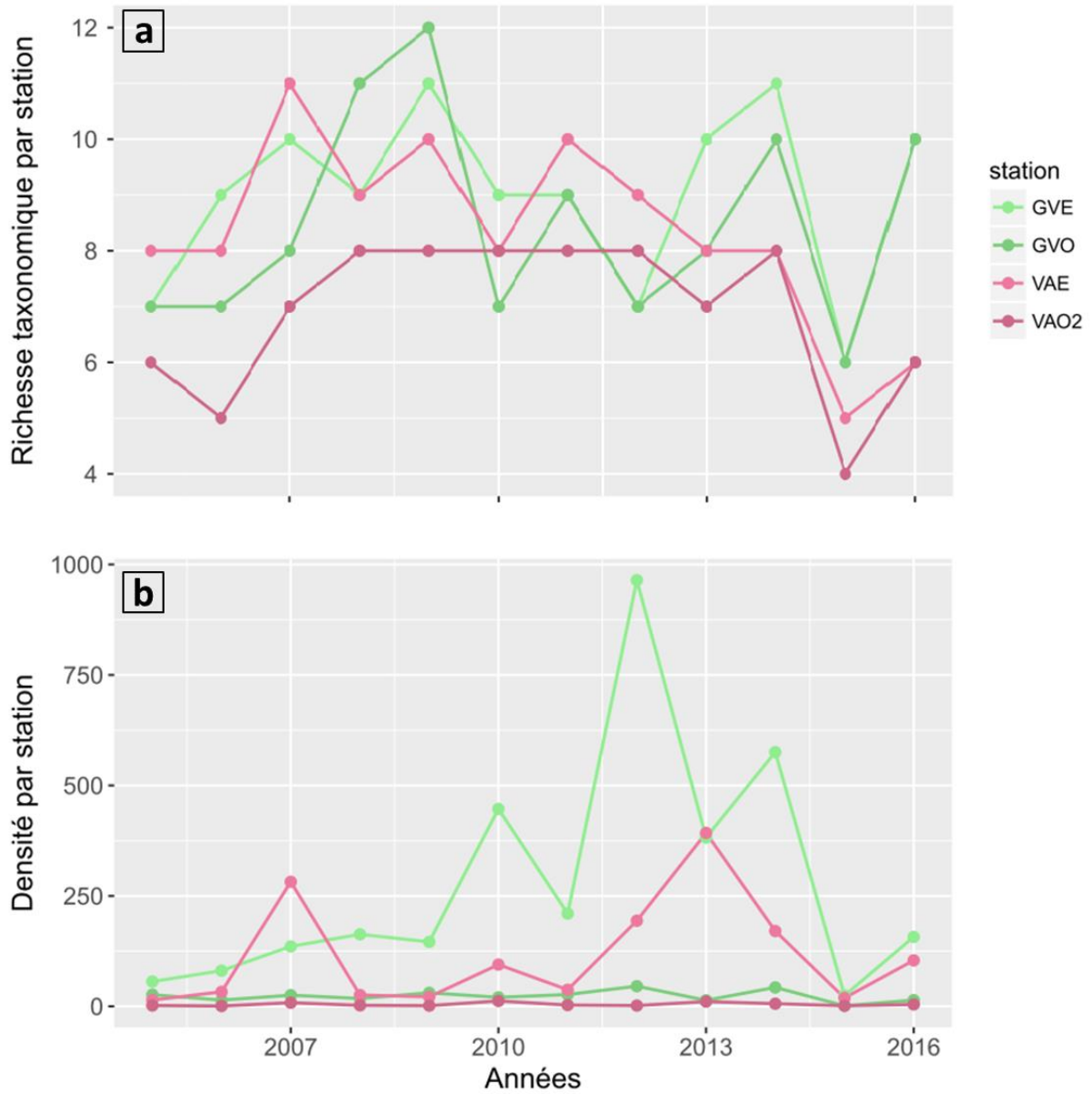


Annexe 4 – Figure 4 – Abondance estimée log-transformée par le modèle 2 aux stations GVE, GVO, VAE et VAO2 chaque année au mois de juillet (i.e. mois représentatif de la communauté de poisson utilisant les prés salés ; cf. 4.2.).

Conclusions des deux modèles testés

Les modèles 1 et 2 testés ne nous permettent pas de conclure sur le nombre minimum de station par site à suivre pour échantillonner un assemblage ichthyologique représentatif du site. Des analyses multivariées doivent être utilisées pour explorer cette question.

Annexe 5 – (a) Richesse taxonomique annuelle et (b) densité annuelle (abondance/temps de pêche) de chaque station de l'estuaire de la Seine (GVE = Grande Vasière Est ; GVO = Grande Vasière Ouest ; VAE = Vasière Artificielle Est ; VAO2 = Vasière Artificielle Ouest).





FICHE PRATIQUE - SOCLE COMMUN - Prélèvements faune aquatique et mesures paramètres physico-chimiques

Protocole de surveillance des fonctions écologiques des prés salés pour l'ichtyofaune

SUR LE TERRAIN : Matériels et Méthodes

Matériels

- 1 Verveux à ailes (maille 4 mm, profondeur 5 m, hauteur 1.60 m, longueur 20 m)
- 1 Filet droit (maille 26 mm, hauteur 1.50 m, longueur 15 m)
- 1 Filet trémail (maille 50 mm, hauteur 1.50 m, longueur 15 m)
- 6 Piquets *en bois ou en bambou* (voire plus si nécessaire pour maintenir les filets ouverts lors de la pêche, $\varnothing \approx 3\text{cm}$)
- 1 Sonde multi-paramètre (ou 1 sonde pour la température et une pour la salinité). Vérifier la calibration des sondes avant leur utilisation sur le terrain.
- 6 Flacons rigides en plastique à opercule avec bouchon à vis étanche pour prélèvements d'eau en cas de problèmes avec la sonde multi-paramètre ou la sonde salinité (*des bouteilles d'eau vide peuvent aussi être utilisées*)
- 10 Seaux + 1 passoire *ou épuisette* (pour fractionner les pêches abondantes avant l'identification et le comptage des espèces. La sélectivité de la passoire et de l'épuisette doivent être équivalentes à celle du verveux, i.e. maille 4 mm)
- 2 Pesons mécaniques (1 de portée 5 kg et 1 de portée 600 g) et/ou balance électronique
- Ichtyomètres et pied à coulisse
- Sacs congélations
- 1 Glacière + packs de glace
- 1 Fiche de terrain "conditions de pêche" pour chaque station imprimée sur papier étanche
- 1 Fiche de terrain "biométrie" pour chaque station imprimée sur papier étanche
- Crayons à papier + marqueurs indélébiles résistant à l'eau
- Papier étanche (ou papier calque) prédécoupé pour étiquetage des sacs de prélèvement
- Sacs poubelles

Le matériel en italique est spécifié à titre indicatif

Méthodes

Préparation de la pêche

1- Trois campagnes sont à organiser au cours d'une année : une en mai, une en juillet et une en septembre. Planifier préalablement la date de chaque campagne pour qu'elles soient réalisées lors de coefficient de marée compris entre 70 et 90.

Prévoir au minimum 2 personnes pour la réalisation des campagnes de terrain.

2- Se rendre à la station avec tout le matériel au minimum 1h30 avant l'heure de la marée haute.

Avant la mise en pêche, limiter autant que possible les déplacements pour éviter les vibrations et autres bruits susceptibles de modifier la présence de la faune aquatique dans le chenal suivi.

3- Positionner une personne de l'autre côté du chenal avec 3 piquets en bois avant l'arrivée de l'eau dans le chenal (i.e. 1 piquet par filet. Il est possible d'augmenter le nombre de piquets par filet en fonction du courant attendu dans le chenal).

4- Préparer les engins de pêches le long de la berge avant de les mettre en pêche :

- Positionner les engins comme suit de l'amont vers l'aval : verveux à ailes, filet droit et filet trémail (Fig. 1). La distance entre le verveux et le filet droit est d'environ 15 m et la distance entre le filet droit et le filet trémail est d'environ 5 m.

- Vérifier que le cul du verveux est bien fermé.

- De chaque côté du chenal, positionner un piquet en bois à côté de chaque filet (i.e. 2 piquets par filet à raison de 1 de chaque côté du chenal. Il est possible d'augmenter le nombre de piquets par filet en fonction du courant attendu dans le chenal).

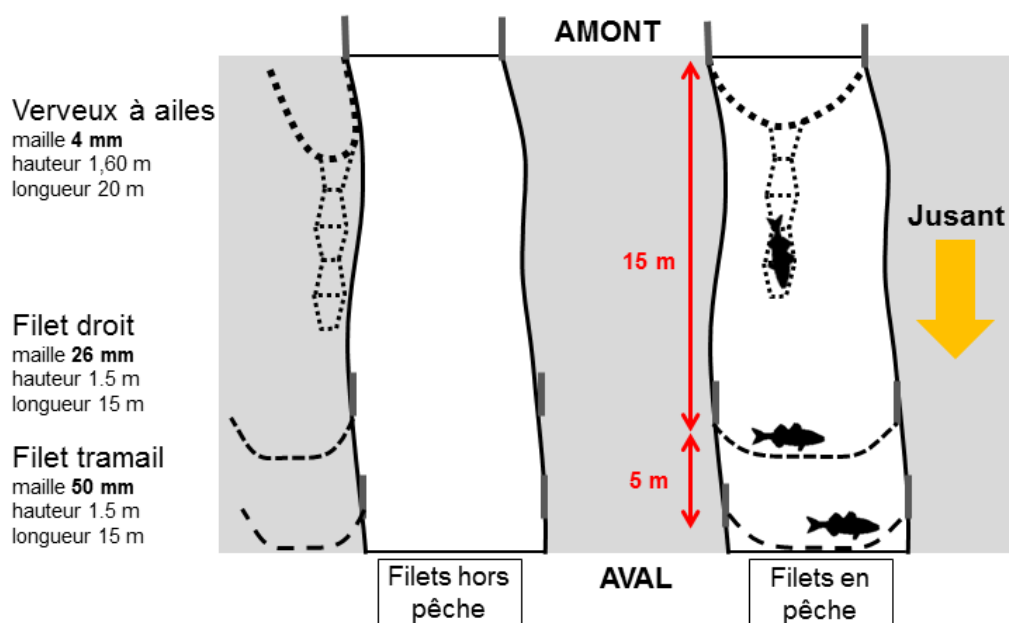


Figure 1 – Positionnement des filets hors pêche et en pêche dans le chenal

Mise en pêche

5- A la fin de l'étale, mettre le verveux à ailes en pêche :

- Tendre le verveux et l'amarrer de part et d'autre du chenal à l'aide des piquets en bois (Fig. 1). Afin de réduire la prise aux forts courant de jusant et d'optimiser l'efficacité de pêche, les engins peuvent être disposés en diagonale par rapport à l'axe du chenal (i.e. en épi).
- Vérifier que le fond et la corde basse des ailes du verveux sont bien plaqués au fond du chenal et que le verveux est positionné au milieu du chenal.

6- Noter l'heure du début de la pêche du verveux sur la fiche de terrain "conditions de pêche".

7- Mettre le filet droit et le filet trémail en pêche. Amarrer les filets de part et d'autre du chenal à l'aide des piquets en bois.

Vérifier que les cordes basses des filets sont bien plaquées au fond du chenal.

8- Noter l'heure du début de la pêche du filet droit et du filet trémail sur la fiche de terrain "conditions de pêche".

9- Faire une mesure de température et de salinité (et d'oxygène dissous si une sonde adéquate est disponible). Placer la ou les sondes à mi-profondeur au milieu du chenal et attendre la stabilisation des mesures. Noter les valeurs et l'heure des mesures sur la fiche de terrain "conditions de pêche".

Si les sondes sont en panne ou défectueuses, réaliser un prélèvement d'eau à la place de chaque mesure des conditions physico-chimiques. Rincer 1 à 2 fois les flacons de prélèvement avec l'eau du chenal puis les remplir pour les mesures de salinité et d'oxygène dissous. Etiqueter les flacons au marqueur indélébile à l'extérieur du flacon avec les informations suivantes : identifiant de la campagne (annee_mois_station) et identifiant de la mesure (e.g. M1, M2, etc.).

10- Avant la relève des engins de pêche (i.e. après environ 20 min de pêche), faire une nouvelle mesure de température et de salinité (et d'oxygène dissous si une sonde adéquate est disponible). Placer la ou les sondes à mi-profondeur au milieu du chenal et attendre la stabilisation des mesures. Noter les valeurs et l'heure des mesures sur la fiche de terrain "conditions de pêche".

Relève des engins de pêche

11- Deux méthodes de relève des engins de pêche sont proposées en fonction de la possibilité des agents à se rendre dans le chenal (Fig. 2):

Méthode 1 – *pêche par intermittence : il n'est pas possible de se rendre dans le chenal, relève à partir de la berge ou du bateau –*

- 11-1-1-** Détacher l'un des deux piquets maintenant le verveux ouvert et rabattre l'aile détachée sur l'aile opposée en relevant le fond du verveux vers la berge.
- 11-1-2-** Noter l'heure de fin de la pêche du verveux sur la fiche de terrain "conditions de pêche".
- 11-1-3-** Sur la berge, concentrer la pêche dans le fond du verveux, ouvrir le cul du verveux et vider la pêche dans un seau prévu à cet effet.
- 11-1-4-** Relever le filet droit et le filet trémail en procédant de la même manière (cf. **11-1-1**).
- 11-1-5-** Noter l'heure de fin de la pêche du filet droit et du filet trémail sur la fiche de terrain "conditions de pêche".
- 11-1-6-** Déposer la pêche du filet droit et du filet trémail dans des seaux distincts.
- 11-1-7-** Vérifier que les trois engins de pêche ne contiennent plus d'individus ni de débris pouvant modifier leur capacité de pêche.
- 11-1-8-** Renouer le cul du verveux et le remettre en pêche. Remettre le filet droit et le filet trémail en pêche.
Vérifier que les cordes basses du verveux et des filets sont bien plaquées au fond du chenal et que le verveux est positionné au milieu du chenal.
- 11-1-9-** Noter l'heure de début de la pêche pour le verveux, le filet droit et le filet trémail sur la fiche de terrain "conditions de pêche".

Méthode 2 – pêche en continu : il est possible de se rendre dans le chenal –

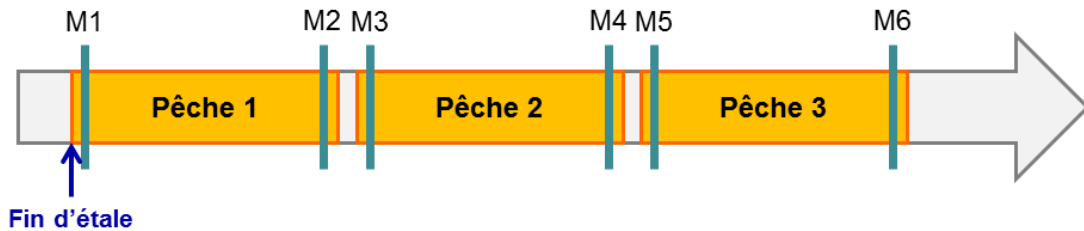
- 11-2-1-** Positionner un agent muni d'un seau dans le chenal au niveau du cul du verveux. Attraper le premier anneau du verveux et ramener la pêche jusque dans le cul du verveux. Ouvrir le cul du verveux et déposer la pêche dans le seau.
- 11-2-2-** Noter l'heure de fin de la pêche du verveux sur la fiche de terrain "conditions de pêche".
- 11-2-3-** Renouer le cul du verveux et le remettre en pêche. Vérifier que le fond et la corde basse des ailes du verveux sont bien plaqués au fond du chenal et que le verveux est positionné au milieu du chenal.
- 11-2-4-** Noter l'heure de début de la pêche du verveux sur la fiche de terrain "conditions de pêche".
- 11-2-5-** Relever la pêche du filet droit et du filet trémail en restant dans le chenal. Déposer la pêche de chaque filet dans des seaux distincts. Noter l'heure de fin de la pêche du verveux sur la fiche de terrain "conditions de pêche".
- 11-2-6-** Remettre le filet droit et le filet trémail en pêche. Noter l'heure de début de la pêche du filet droit et du filet trémail sur la fiche de terrain "conditions de pêche".

Quelle que soit la méthode choisie, il est très important de noter les heures de début et de fin de la pêche pour chaque engin de pêche afin que les captures puissent être rapportées aux périodes pêchées et à leurs temps de pêche respectifs.

De plus, il est important de relever le filet droit et trémail en même temps que le verveux même s'ils ne contiennent pas de d'individus à priori (Noter qu'aucun individu n'a été

capturé lors de la pêche. L'information sur les données nulles permet de les prendre en compte pour les analyses ultérieures.)

Méthode 1 - pêche par intermittence -



Méthode 2 - pêche en continu -

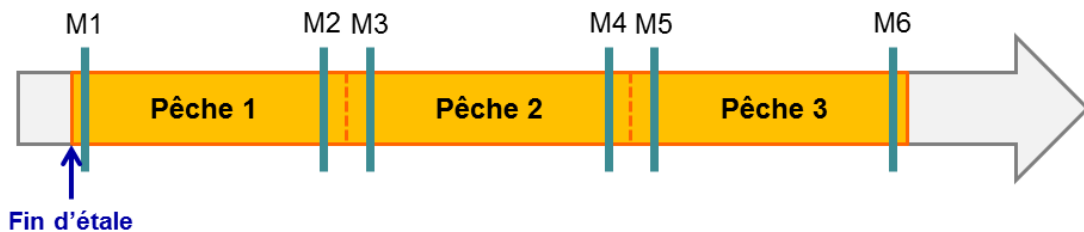


Figure 2 – Illustration des 2 méthodes de pêche proposées dans le cas de 3 pêches (le nombre de pêche est à adapter en fonction des sites). Les mesures des paramètres physico-chimiques sont renseignées de M1 à M6.

Tri et stockage des captures – ichtyofaune et crustacés (réaliser cette partie de façon distincte pour chaque engin de pêche)

12- Après la remise en pêche des engins, enlever les gros débris végétaux et les macro-déchets des seaux de chaque engin de pêche. *Mettre les macro-déchets dans un sac poubelle pour les ramener à la fin du terrain.*

13- Déposer les gros individus de chaque seau dans d'autres seaux, i.e. les crustacés Lct > 3 cm dans un seau et les poissons Lf > 15 cm dans un autre seau (Fig. 3). Ces individus reçoivent un traitement différent du reste de la pêche (cf. **17** et **18**).

14- Si la quantité des captures (hors gros individus) est trop importante pour que l'ensemble de la pêche soit analysé, réaliser un sous-échantillonnage. Indiquer cette information sur la fiche de terrain "conditions de pêche".

Pour réaliser un sous-échantillonnage, prendre un volume (une passoire ou une épuisette) de la pêche totale et le mettre de côté dans un seau.

Compter le nombre de passoires (ou d'épuisettes) composant le reste de la pêche (avec un remplissage équivalent de la passoire) et le noter dans la colonne "Nombre d'échantillon(s) restant(s)" de la fiche de terrain "conditions de pêche".

Relâcher dès que possible les individus ne faisant pas partie du sous-échantillonnage dans le chenal en aval des engins de pêche.

15- Calculer le fractionnement de la pêche et le noter dans la colonne "Fractionnement" de la fiche de terrain "conditions de pêche".

$$\text{Fractionnement} = \frac{\text{nombre de passoire gardée}}{\text{nombre total de passoires de la pêche}}$$

Le nombre total de passoires est la somme de la passoire gardée et des passoires composant le reste de la pêche.

S'il n'y a pas de sous-échantillonnage pour cette pêche, indiquer "1" dans cette colonne.

16- Stocker les captures (ou le sous-échantillonnage) dans un sac congélation (ou dans plusieurs sacs si nécessaire) pour les ramener au laboratoire.

Réaliser un double étiquetage des sacs, au marqueur indélébile à l'extérieur du sac et au crayon à papier sur un morceau de papier étanche (ou de papier calque) placé à l'intérieur du sac. L'étiquetage doit indiquer l'identifiant de la campagne (annee_mois_station), l'identifiant de la pêche (e.g. P1, P2, etc.), l'engin utilisé (i.e. verveux, droit ou trémail), et éventuellement le numéro du sac si plusieurs sacs sont nécessaires au stockage des captures de la pêche (i.e. numéro du sac/nombre total de sacs de la pêche pour l'engin de pêche considéré). Déposer les sacs dans la glacière.

Il est très important de réaliser le double étiquetage des captures.

17- Identifier sur le terrain les espèces de poissons dont la longueur à la fourche est > 15 cm. Mesurer la taille de chaque individu à l'aide de l'ichtyomètre (longueur à la fourche en cm avec une précision au mm, Fig. 3) et sa masse avec le peson adéquate ou la balance électronique (en g avec une précision au g). Noter ces informations sur la fiche de terrain "biométrie". *Veiller à bien déployer la queue des individus pour la mesure de la longueur à la fourche (Fig. 3).*

Relâcher les individus mesurés dans le chenal en aval des engins de pêche.

18- Si le nombre de crustacés Lct > 3 cm est supérieur à 30 individus, réaliser un sous-échantillonnage avec le même fractionnement que celui utilisé pour le reste de la pêche (cf. **15**).

Mesurer la taille de chaque individu avec un pied à coulisse (longueur céphalothoracique en cm avec une précision au mm, Fig. 3) et sa masse avec le peson adéquate ou la balance électronique (en g avec une précision au g). Noter ces informations sur la fiche de terrain "biométrie".

Relâcher les individus mesurés dans le chenal en aval des engins de pêche.

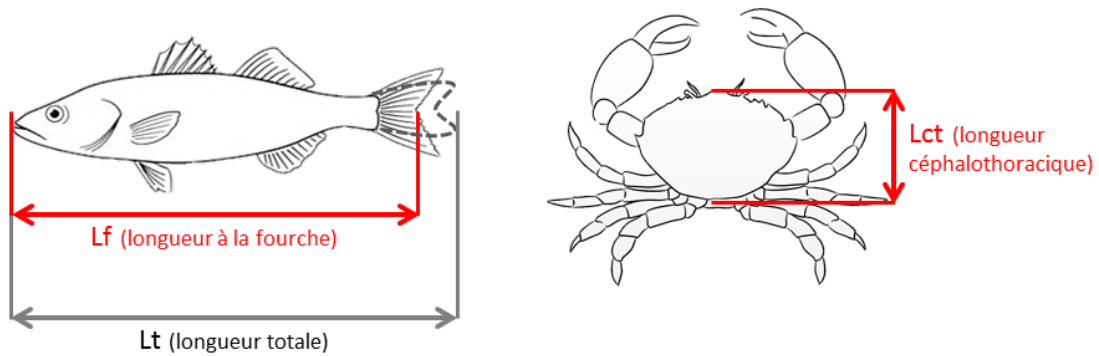


Figure 3 – Détermination de la longueur à la fourche (Lf) et de la longueur céphalothoracique (Lct)

Répéter les étapes 9 à 18 jusqu'à ce qu'il n'y ait plus assez d'eau dans le chenal pour pêcher.

19- Après la dernière relève, nettoyer les engins de pêche en enlevant le maximum de débris végétaux. Ranger le matériel de terrain dans les sacs prévus à cet effet.

Au laboratoire au retour du terrain

20- Déposer rapidement les échantillons au congélateur à -20°C.

21- Rincer l'ensemble du matériel à l'eau du robinet et le laisser sécher à l'air libre.

Pour le nettoyage de la sonde multi-paramètre (ou de la sonde pour la température et de la sonde pour la salinité), suivre le protocole fourni avec le matériel.

Les échantillons doivent être analysés dans l'année suivant la campagne.



Fiche de terrain - conditions de pêche (1/2)

Nom(s) opérateur(s) :

Date :/...../.....

Site :

Station :

Id_campagne :

Coefficient de marée :

Heure théorique de marée haute :

Hauteur eau :

Position de la station

Latitude Longitude

Id_peche correspondante	Id_mesure	Heure	Salinité	Température	Oxygène (mg.L ⁻¹)
P1	M1				
	M2				
P2	M3				
	M4				
P3	M5				
	M6				
P4	M7				
	M8				
P5	M3				
	M10				
P6	M11				
	M12				
P7	M13				
	M14				

Filet à plancton

Macrofaune benthique

Id_peche_zoo	Heure début pêche	Heure fin pêche	Nombre de flacon(s)
Z1			
Z2			
Z3			
Z4			
Z5			
Z6			
Z7			

Id_sous-station	Latitude	Longitude
B1		
B2		
B3		
B4		

Fiche de terrain - conditions de pêche (2/2)

Verveux à ailes

Id_peche	Heure début pêche	Heure fin pêche	Sous-échantillonnage (oui/non)	Nombre d'échantillon(s) restant(s)	Fractionnement
P1					
P2					
P3					
P4					
P5					
P6					
P7					

Filet droit – maille 26 mm

Id_peche	Heure début pêche	Heure fin pêche	Sous-échantillonnage (oui/non)	Nombre d'échantillon(s) restant(s)	Fractionnement
P1					
P2					
P3					
P4					
P5					
P6					
P7					

Filet trémail – maille 50 mm

Id_peche	Heure début pêche	Heure fin pêche	Sous-échantillonnage (oui/non)	Nombre d'échantillon(s) restant(s)	Fractionnement
P1					
P2					
P3					
P4					
P5					
P6					
P7					



FICHE PRATIQUE

- SOCLE COMMUN -

Identification, comptage, biométrie et contenus stomacaux

Protocole de surveillance des fonctions écologiques des prés salés pour l'ichtyofaune

AU LABORATOIRE : Matériels et Méthodes

Matériels

- Loupe binoculaire
- Balance de précision (précision à 10^{-4} g)
- Cuvettes à dissection
- Planches à dissection (i.e. mousse de cuvette à dissection en matière imputrescible)
- Pied à coulisse
- Instruments de dissection (ciseau fin, scalpel, pinces plates, pinces fines, aiguilles droites et aiguilles lancéolées)
- Verres de montre, boîtes de Pétri en verre et cristallisoirs
- 1 Pissette remplie d'eau distillée
- Papier absorbant
- Essuyeurs de précision KIMTECH SCIENCE
- Papier aluminium
- 1 Fiche de laboratoire "comptage crustacés hors crabes"
- 1 Fiche de laboratoire "comptage et biométrie ichtyofaune et crabes"
- 1 Fiche de laboratoire "biométrie et contenus stomacaux"
- Crayons à papier et marqueurs de laboratoire

Méthodes

Les individus congelés doivent être sortis sur la pailleasse environ 1h avant les mesures suivantes pour éviter de les abimer avant leur identification.

Tri et comptage des individus – ichtyofaune et crustacés

- 1-** Placer les captures d'une pêche dans une cuvette à dissection. Il est possible de rajouter de l'eau distillée pour aider à séparer les individus entre eux.
- 2-** Trier les individus par famille, genre ou espèce en fonction des possibilités d'identification (cf. Encart sur les précisions pour l'identification de l'ichtyofaune et des crustacés) et les placer dans différentes boîtes de Pétri et/ou cristallisoirs en fonction du nombre d'individus

par taxon. L'identification des individus se fait à partir des guides d'identification proposés (Annexe 1).

Les noms de famille, de genre et d'espèce identifiés doivent correspondre aux noms indiqués dans l'onglet "Nom_taxon" de la table "Saisie_des_données.xlsx".

Précisions pour l'identification de l'ichtyofaune

Les gobies du genre *Pomatoschistus* sont identifiés à l'espèce.

Pour les mulets, une identification à l'espèce ou à la famille est requise en fonction de la taille des individus. Les mulets à des stades juvéniles précoces ($L_f < 10$ cm) sont identifiés à la famille : *Mugilidae*. Les autres individus ($L_f > 10$ cm) sont identifiés à l'espèce.

Précisions pour l'identification des crustacés

Les *Sphaeroma*, les *Schistomysis*, les *Corophium* sont identifiés au genre.

Si le prélèvement est dégradé, les *Mysidae* peuvent être identifiés à la famille, sinon les identifier à l'espèce.

3- Pour chaque taxon de crustacés hors crabes (regroupé par famille, genre ou espèce), compter le nombre d'individus capturés dans la pêche et le noter sur la fiche de laboratoire "comptage crustacés hors crabes".

4- Peser la masse totale de chaque taxon de crustacés hors crabes et la noter fiche de laboratoire "comptage crustacés hors crabes".

Biométrie (Cette partie doit être réalisée pour les taxons de l'ichtyofaune et les taxons des crustacés de l'infra-ordre *Brachyura*. Les autres crustacés ne sont pas mesurés.)

Les mesures de ces taxons sont renseignées sur la fiche de laboratoire "comptage et biométrie ichtyofaune et crabes".

5- Noter le nom du taxon et ses caractéristiques de pêche (i.e. engin et id_peche) sur la fiche de laboratoire "comptage et biométrie ichtyofaune et crabes".

6- Compter le nombre d'individus capturés dans la pêche et le noter sur la fiche de laboratoire "comptage et biométrie ichtyofaune et crabes".

7- Protéger le plateau de la balance avec du papier aluminium et déposer un cristalliseur sur le plateau.

8- Prendre un individu. Mesurer la longueur de l'individu au mm près à l'aide du pied à coulisse: la longueur à la fourche (L_f) pour l'ichtyofaune et la longueur céphalothoracique (L_{ct}) pour les crabes (Fig. 1). Noter la taille (en cm avec une précision au mm) de l'individu sur la fiche de laboratoire "comptage et biométrie ichtyofaune et crabes".

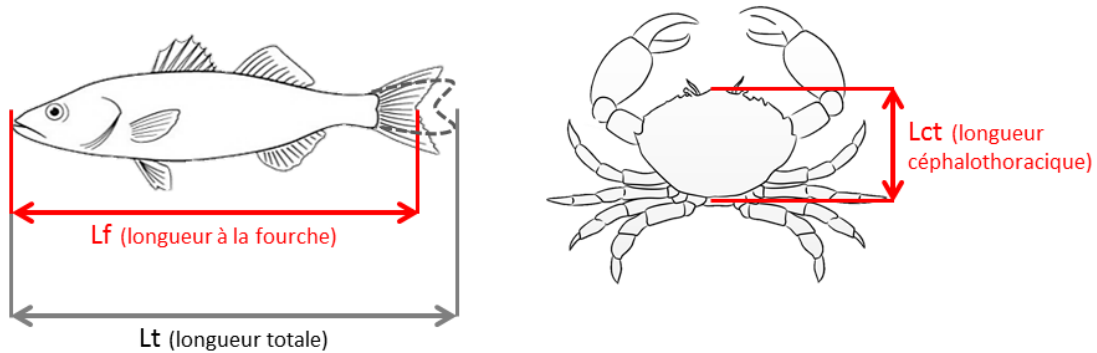


Figure 1 – Détermination de la longueur à la fourche (Lf) et de la longueur céphalothoracique (Lct)

9- Egoutter l'individu sur du papier absorbant ou sur un essuyeur de précision KIMTECH.

10- Tarer la balance. Déposer l'individu dans le cristallisoir sur la balance de précision. Noter la masse (en g avec une précision au 0.0001 g) de l'individu sur la fiche de laboratoire "biométrie".

11- Si les contenus stomacaux de cette espèce ne sont pas analysés, déposer l'individu dans une poubelle adéquate. Sinon, mettre l'ensemble des individus de l'espèce de côté.

Effectuer les étapes 8 à 11 pour l'ensemble des individus du taxon.

Vider le cristallisoir puis réaliser les étapes 5 à 11 pour le taxon suivant.

Biométrie et contenus stomacaux (cette partie doit être réalisée pour les espèces identifiées dans le Tableau 1)

Les mesures de ces espèces sont renseignées sur la fiche de laboratoire "biométrie et contenus stomacaux".

Tableau 1 : Liste des espèces à examiner pour les analyses de contenus stomacaux. Prendre en compte l'ordre de priorité dans le choix des espèces à examiner.

Ces espèces ont été choisies pour leur régime carnivore et leur abondance dans la majorité des sites de l'étude.

Ordre de priorité	Espèce obligatoire à examiner dans tous les sites	Espèce optionnelle à examiner par site
1	<i>Dicentrarchus labrax</i>	<i>Pomatoschistus microps</i>
2	<i>Dicentrarchus punctatus</i>	<i>Atherina presbyter</i>
3		<i>Gasterosteus aculeatus</i>
4		<i>Sparus aurata</i>

12- Sélectionner 30 individus de chaque espèce examinée de manière aléatoire.

Biométrie

13- Numéroté la planche à dissection de 1 à 30 au crayon à papier pour faciliter la traçabilité des individus au cours des manipulations suivantes.

14- Disposer un individu en face de chaque numéro. Les individus sont de la même espèce et de la même pêche.

15- Mesurer la longueur à la fourche (Fig. 1) de chaque individu au mm près à l'aide du pied à coulisse. Noter la taille (en cm avec une précision au mm) des individus sur la fiche de laboratoire "biométrie et contenus stomacaux".

16- Tarer la balance. Egoutter chaque individu sur du papier absorbant avant de le déposer dans le cristalliseur sur la balance de précision. Noter la masse (en g avec une précision au 0.0001 g) de l'individu sur la fiche de laboratoire "biométrie et contenus stomacaux".

17- Après avoir pesé un individu, le remettre sur la planche à dissection en face de son numéro.

Effectuer les étapes 16 et 17 pour chaque individu.

Contenus stomacaux (les planches à dissection avec les individus peuvent être mises au réfrigérateur pour maintenir les individus au frais avant leur dissection)

18- Placer un individu dans une boîte de Pétri. Suivant la taille de l'individu, réaliser la dissection sous loupe binoculaire.

19- Inciser l'abdomen ventralement à l'aide d'un ciseau fin (ou d'un scalpel) de la papille urogénitale vers les opercules en prenant soin de ne pas léser le tube digestif (Fig. 2).

20- Extraire l'appareil digestif hors du poisson. Inciser l'estomac dans sa partie supérieure au niveau de l'œsophage et dans sa partie inférieure au point d'attache avec l'intestin (i.e. après les caeca pyloriques) en prenant soin de ne pas le percer (Fig. 2).

21- Peser l'estomac plein sur une balance de précision après l'avoir égoutté sur du papier absorbant ou sur un essuyeur de précision KIMTECH (pour les très petits individus préférer un essuyeur de précision KIMTECH pour cette manipulation). Noter la masse (en g avec une précision au 0.0001 g) de l'estomac plein sur la fiche de laboratoire "biométrie et contenus stomacaux".

22- Replacer l'estomac dans la boîte de Pétri. Inciser l'estomac et le vider en s'aidant du scalpel.

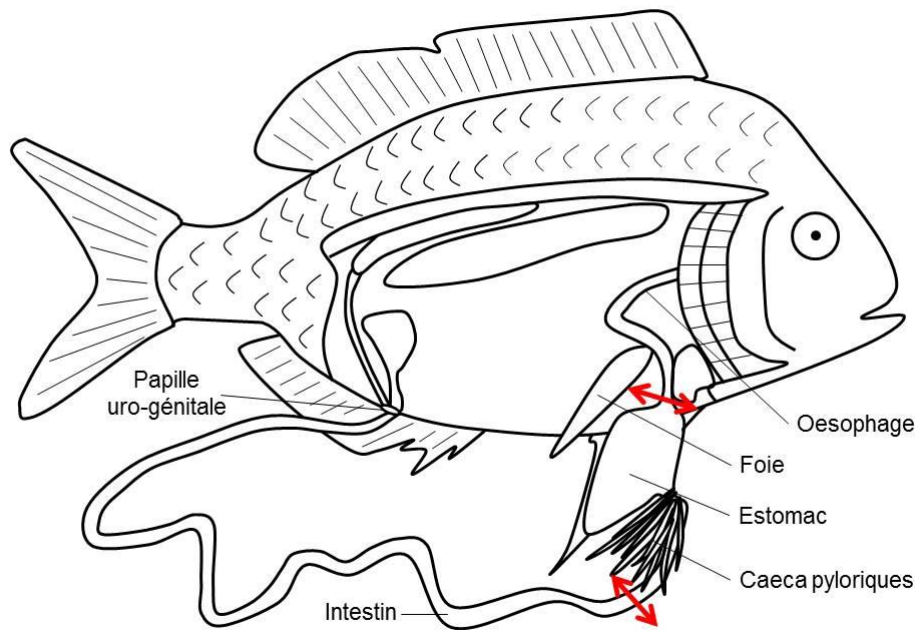


Figure 2 – Dissection de l'appareil digestif d'un poisson téléostéen. Les doubles flèches rouges indiquent les points de découpe de l'estomac.

23- Rincer éventuellement, l'estomac dans une autre boîte de Pétri à l'aide d'une pissette remplie d'eau distillée (cette étape doit être réalisée dans une boîte de Pétri annexe pour ne pas réhydrater les proies et modifier leur masse).

24- Peser l'estomac vide après l'avoir égoutté sur un essuieur de précision KIMTECH et renseigner sa masse (en g avec une précision au 0.0001 g) sur la fiche de laboratoire "biométrie et contenus stomacaux".

Renseigner la vacuité de l'estomac sur la fiche (1= plein et 0= vide).

25- Trier le contenu stomacal par taxon de proies. Si nécessaire, rajouter de l'eau dans la boîte de Pétri pour séparer les individus du contenu stomacal.

26- Indiquer les différents taxons de proies identifiés sur la fiche de laboratoire "biométrie et contenus stomacaux" en dessous de l'identifiant de l'individu.

27- Compter le nombre d'individu de chaque taxon de proie et le noter sur la fiche de laboratoire "biométrie et contenus stomacaux".

Par taxon de proie, si la quantité d'individus est trop importante pour réaliser un comptage exhaustif, réaliser un sous-échantillonnage. Sur la fiche de laboratoire "biométrie et contenus stomacaux", noter le *nombre d'individus comptés x la fraction du sous-échantillonnage* et arrondir le *nombre d'individus totaux* à l'entier supérieur.

28- Peser l'ensemble des individus de chaque taxon de proie et noter la masse (en g avec une précision au 0.0001 g) sur la fiche de laboratoire "biométrie et contenus stomacaux".

29- Les proies trop digérées pour être identifiées sont notées en tant que "proies NI" et le nombre de proies est de 1. Peser les proies NI et noter leur masse. Si la masse des proies NI n'est pas mesurable, la calculer à partir de la formule suivante :

$$M_{\text{proies NI}} = M_{\text{estomac plein}} - (M_{\text{estomac vide}} + \sum M_{\text{proies}})$$

Effectuer les étapes 18 à 29 pour chaque individu.

Si vous réalisez le protocole optionnel proies potentielles, il est souhaitable de mesurer la masse sèche de chaque taxon de proie (i.e. après passage à l'étuve) afin de pouvoir comparer les masses sèches des proies ingérées avec celle des proies potentielles et permettre le calcul de différents indices.

Annexe 1

Arias A. M. & Crake M. P., 1990. Estados juveniles de la ictiofauna en los canos de las salinas de la Bahía de Cádiz. CSIC-Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía (ICMAN).

Colton J. B. & Marak R. R., 1969. Guide for identifying the common planktonic fish eggs and larvae of continental shelf waters, Cape Sable to Block Island. Bureau of Commercial Fisheries, Biological Laboratory. 43 p.

Falciai L. & Minervini F., 1996, Guide des homards, crabes, langoustes, crevettes et autres crustacés décapodes d'Europe, « Les guides du naturaliste ». Delachaux & Niestlé, 286 p.

Froese R. & Pauly D. eds, 2002. FishBase. World Wide Web electronic publication. Disponible sur <http://fishbase.mnhn.fr/search.php?lang=French>

GIP Seine Aval. Fiches ichtyofaune. 113 p.

Hayward P. J. & Ryland J. S., 1995. Handbook of the marine fauna of North-West Europe. Oxford University Press. 801 p.

Iglésias, S. P., 2013. Actinopterygians from the North-eastern Atlantic and the Mediterranean (A natural classification based on collection specimens, with DNA barcodes and standardized photographs). Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris. 274 p.

Keith P., Persat H., Feuteun E. & Allardi J., 2011. Les poissons d'eau douce de France. Collection Inventaires et biodiversité. Biotope. 552 p.

Quéro J.-C., Porché P. & Vayne J.-J., 2003. Guide des poissons de l'Atlantique européen, « Les guides du naturaliste ». Delachaux & Niestlé, 465 p.

Quéro J.-C. & Vayne J. J., 1979. Clé de détermination des poissons marins de l'Atlantique de Nord-Est (entre le 80° et le 30° parallèle nord)-II. Pleuronectiformes. Institut scientifique et technique des pêches maritimes. Centre de Recherches de La Rochelle. 42 p.

Ré P. & Meneses I., 2009. Early stages of marine fishes occurring in the Iberian Peninsula. IPIMAR/IMAR, Lisboa.

Muus, B. J., Nielsen, J. G., Dahlström P. & Olesen Nyström B., 2014. Poissons de mer et de pêche, Europe occidentale. Delachaux & Niestlé.

Whitehead P.J.P., Bauchot M.-L., Hureau J.-C., Nielsen J. & Tortonese E., 1986. Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean. 3 vol., 1984 p.

WoRMS Editorial Board (2017). World Register of Marine Species. Disponible sur <http://www.marinespecies.org>



Fiche de laboratoire Comptage crustacés hors crabes

Nom(s) opérateur(s) : Date :/...../.....
 Site : Station :
 Id_campagne :

Taxon	Engin	Id_peche	Nombre	Masse totale (g)	Taxon	Engin	Id_peche	Nombre	Masse totale (g)



**Fiche de laboratoire
Comptage et biométrie ichtyofaune et crabes**

Nom(s) opérateur(s) :
Site :
Id_campagne :

Date :/...../.....
Station :

Taxon		Taxon		Taxon		Taxon		Taxon	
Engin		Engin		Engin		Engin		Engin	
Id_peche		Id_peche		Id_peche		Id_peche		Id_peche	
Nombre		Nombre		Nombre		Nombre		Nombre	
Taille (mm)	Masse (g)	Taille (mm)	Masse (g)	Taille (mm)	Masse (g)	Taille (mm)	Masse (g)	Taille (mm)	Masse (g)

Fiche de laboratoire Biométrie et contenus stomacaux

Date de l'analyse de labo :/...../..... Date de la campagne analysée :/...../..... Engin :

Id_campagne : Id_peche : Espèce :

Id_individu	1_		Id_individu	2_		Id_individu	3_		Id_individu	4_		Id_individu	5_	
Taille (cm)			Taille (cm)			Taille (cm)			Taille (cm)			Taille (cm)		
Masse totale (g)			Masse totale (g)			Masse totale (g)			Masse totale (g)			Masse totale (g)		
Masse estomac plein (g)			Masse estomac plein (g)			Masse estomac plein (g)			Masse estomac plein (g)			Masse estomac plein (g)		
Masse estomac vide (g)			Masse estomac vide (g)			Masse estomac vide (g)			Masse estomac vide (g)			Masse estomac vide (g)		
Vacuité			Vacuité			Vacuité			Vacuité			Vacuité		
Type de proie	Nbre	Masse (g)	Type de proie	Nbre	Masse (g)	Type de proie	Nbre	Masse (g)	Type de proie	Nbre	Masse (g)	Type de proie	Nbre	Masse (g)

Id_poisson : numéro_intiales-de-l-espèce(en latin)_année_mois_station_peche (e.g. 1_DL_17_05_BOU_P1)
 Taille : l'unité utilisée est le cm avec une précision des mesures au mm
 Masse : l'unité utilisée est le g avec une précision des mesures au mg

Id_individu	6_		Id_individu	7_		Id_individu	8_		Id_individu	9_		Id_individu	10_	
Taille (cm)			Taille (cm)			Taille (cm)			Taille (cm)			Taille (cm)		
Masse totale (g)			Masse totale (g)			Masse totale (g)			Masse totale (g)			Masse totale (g)		
Masse estomac plein (g)			Masse estomac plein (g)			Masse estomac plein (g)			Masse estomac plein (g)			Masse estomac plein (g)		
Masse estomac vide (g)			Masse estomac vide (g)			Masse estomac vide (g)			Masse estomac vide (g)			Masse estomac vide (g)		
Vacuité			Vacuité			Vacuité			Vacuité			Vacuité		
Type de proie	Nbre	Masse (g)	Type de proie	Nbre	Masse (g)	Type de proie	Nbre	Masse (g)	Type de proie	Nbre	Masse (g)	Type de proie	Nbre	Masse (g)
Id_individu	11_		Id_individu	12_		Id_individu	13_		Id_individu	14_		Id_individu	15_	
Taille (cm)			Taille (cm)			Taille (cm)			Taille (cm)			Taille (cm)		
Masse totale (g)			Masse totale (g)			Masse totale (g)			Masse totale (g)			Masse totale (g)		
Masse estomac plein (g)			Masse estomac plein (g)			Masse estomac plein (g)			Masse estomac plein (g)			Masse estomac plein (g)		
Masse estomac vide (g)			Masse estomac vide (g)			Masse estomac vide (g)			Masse estomac vide (g)			Masse estomac vide (g)		
Vacuité			Vacuité			Vacuité			Vacuité			Vacuité		
Type de proie	Nbre	Masse (g)	Type de proie	Nbre	Masse (g)	Type de proie	Nbre	Masse (g)	Type de proie	Nbre	Masse (g)	Type de proie	Nbre	Masse (g)

Id_individu	16_		Id_individu	17_		Id_individu	18_		Id_individu	19_		Id_individu	20_	
Taille (cm)			Taille (cm)			Taille (cm)			Taille (cm)			Taille (cm)		
Masse totale (g)			Masse totale (g)			Masse totale (g)			Masse totale (g)			Masse totale (g)		
Masse estomac plein (g)			Masse estomac plein (g)			Masse estomac plein (g)			Masse estomac plein (g)			Masse estomac plein (g)		
Masse estomac vide (g)			Masse estomac vide (g)			Masse estomac vide (g)			Masse estomac vide (g)			Masse estomac vide (g)		
Vacuité			Vacuité			Vacuité			Vacuité			Vacuité		
Type de proie	Nbre	Masse (g)	Type de proie	Nbre	Masse (g)	Type de proie	Nbre	Masse (g)	Type de proie	Nbre	Masse (g)	Type de proie	Nbre	Masse (g)
Id_individu	21_		Id_individu	22_		Id_individu	23_		Id_individu	24_		Id_individu	25_	
Taille (cm)			Taille (cm)			Taille (cm)			Taille (cm)			Taille (cm)		
Masse totale (g)			Masse totale (g)			Masse totale (g)			Masse totale (g)			Masse totale (g)		
Masse estomac plein (g)			Masse estomac plein (g)			Masse estomac plein (g)			Masse estomac plein (g)			Masse estomac plein (g)		
Masse estomac vide (g)			Masse estomac vide (g)			Masse estomac vide (g)			Masse estomac vide (g)			Masse estomac vide (g)		
Vacuité			Vacuité			Vacuité			Vacuité			Vacuité		
Type de proie	Nbre	Masse (g)	Type de proie	Nbre	Masse (g)	Type de proie	Nbre	Masse (g)	Type de proie	Nbre	Masse (g)	Type de proie	Nbre	Masse (g)

Id_individu			26_			Id_individu			27_			Id_individu			28_			Id_individu			29_			Id_individu			30_		
Taille (cm)						Taille (cm)						Taille (cm)						Taille (cm)						Taille (cm)					
Masse totale (g)						Masse totale (g)						Masse totale (g)						Masse totale (g)						Masse totale (g)					
Masse estomac plein (g)						Masse estomac plein (g)						Masse estomac plein (g)						Masse estomac plein (g)						Masse estomac plein (g)					
Masse estomac vide (g)						Masse estomac vide (g)						Masse estomac vide (g)						Masse estomac vide (g)						Masse estomac vide (g)					
Vacuité						Vacuité						Vacuité						Vacuité						Vacuité					
Type de proie	Nbre	Masse (g)	Type de proie	Nbre	Masse (g)	Type de proie	Nbre	Masse (g)	Type de proie	Nbre	Masse (g)	Type de proie	Nbre	Masse (g)	Type de proie	Nbre	Masse (g)	Type de proie	Nbre	Masse (g)	Type de proie	Nbre	Masse (g)	Type de proie	Nbre	Masse (g)			



FICHE PRATIQUE

- VOLET OPTIONNEL : VEGETATION -

Caractérisation de la végétation du chenal suivi (station ichtyologique)

Protocole de surveillance des fonctions écologiques des prés salés pour l'ichtyofaune

SUR LE TERRAIN : Matériels et Méthodes

Matériels

- 1 GPS
- 1 mètre enrouleur
- Fiche de terrain "végétation" imprimée sur papier étanche
- Crayons à papier
- Guide(s) d'identification de la végétation du pré salé

Méthodes

Préparation de la phase terrain

1- Déterminer préalablement la date de la campagne au cours du mois de septembre.

Cette période est à privilégier car septembre correspond au stade de floraison de la végétation des prés salés ce qui facilite l'identification des plantes présentes.

Une unique campagne est à organiser pour chaque année de surveillance des fonctions écologiques des prés salés pour l'ichtyofaune.

Caractérisation de la végétation

2- Se rendre à l'extrémité aval du chenal suivi (i.e. à l'intersection du chenal suivi avec un autre chenal) (Fig. 1). A partir de ce point, les deux agents se placent l'un à côté de l'autre à 5 m de la rive du chenal.

Cette méthode permet aux agents d'examiner la végétation sur une bande de 5 m de large à leur gauche et 5 m de large à leur droite, couvrant ainsi la zone de 10 m à examiner sur chaque rive du chenal suivi.

Pour faciliter l'acquisition des données, un agent peut être en charge de l'enregistrement des points GPS tandis que l'autre assure le remplissage de la fiche de terrain.

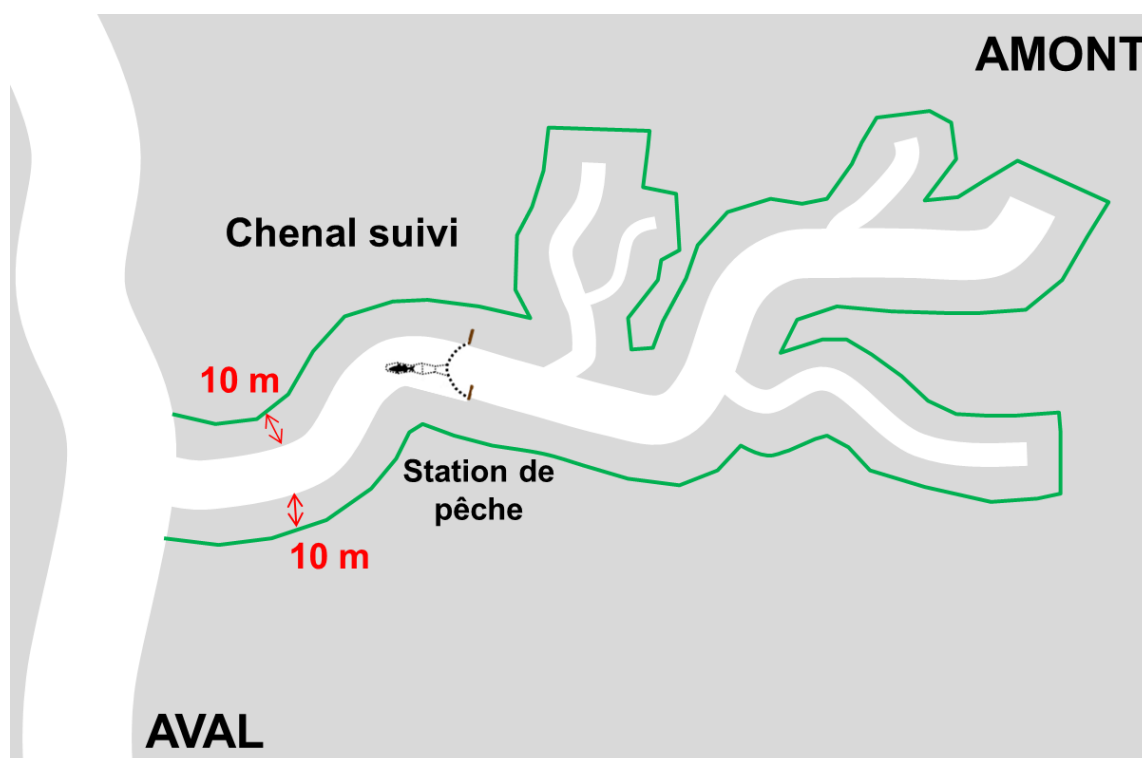


Figure 1 – Zone de surveillance de la végétation sur chaque chenal suivi (en vert sur le schéma)

3- Noter le point GPS du début de la zone de surveillance sur la fiche de terrain "végétation".
Pour plus d'efficacité sur le terrain, il est possible de noter le numéro du point GPS et de reporter les coordonnées GPS sur la fiche au retour du terrain.

4- Se déplacer vers l'amont du chenal en observant la végétation sur une bande de 10 m de large à partir de la rive du chenal. La végétation des chenaux secondaires du chenal suivi doit être examinée (Fig. 1).

5- Lorsqu'un changement de la végétation est observé, s'arrêter et noter le point GPS sur la fiche de terrain "végétation".

6- Identifier les différentes espèces de la formation végétale traversée. Les noter sur la fiche de terrain "végétation". L'identification des individus peut se faire à partir des guides d'identification proposés (Annexe 1).

Si des banquettes sont présentes dans la zone parcourue, leur végétation doit être examinée séparément. Dans ce cas, renseigner la végétation des banquettes dans la colonne suivante (i.e. identifiée comme une autre mesure de la végétation) et indiquer qu'il s'agit de banquette dans la ligne "banquette" de la fiche terrain "végétation". Reporter les points GPS de début et de fin de la zone (homogène) examinée dans la colonne utilisée.

7- Noter le pourcentage de recouvrement de chaque espèce végétale sur la fiche de terrain "végétation" après avoir comparé les pourcentages estimés par chaque agent.

Cette comparaison des estimations entre agents permet d'améliorer la fiabilité des relevés.

8- Noter la hauteur de la végétation de la formation végétale examinée.

Si des espèces avec des tailles différentes cohabitent, indiquer la hauteur des deux espèces (e.g. 40 - 70 cm).

9- Noter la présence d'usage anthropique du pré salé dans la formation végétale examinée et préciser sa nature.

Afin d'avoir une nomenclature standardisée des usages du pré salé, ces usages ont été regroupés dans les catégories suivantes : pâture, fauche, autres usages (i.e. les usages pouvant entraîner le piétinement du pré salé, à savoir la chasse, la pêche et les loisirs) et aucun usage. Utiliser uniquement cette nomenclature pour préciser l'usage du pré salé.

10- Mesurer la hauteur de la litière et la noter sur la fiche de terrain "végétation".

Répéter les étapes 3 à 10 jusqu'à l'amont du chenal suivi (i.e. jusqu'au point le plus en amont que la mer atteint lors des forts coefficients de marées).

11- Se rendre sur la berge opposée et réaliser les étapes 3 à 10 jusqu'à l'extrémité aval du chenal suivi (i.e. à l'intersection du chenal suivi avec un autre chenal) (Fig. 1)

12- Au retour du terrain, calculer les surfaces de chaque formation végétale et les noter sur la fiche de terrain "végétation".

Annexe 1

Claustres G. & Lemoine C., 1980. Connaître et reconnaître la flore et la végétation des côtes Manche-Atlantique. Connaître et reconnaître. Editions Ouest-France. 332 p.

Oldham J. & Roberts C., 1999. Guide to the saltmarsh plants of Britain. Fields Studies Council (Great Britain).



Fiche de terrain- végétation

Nom(s) opérateur(s) :

Site :

Id_campagne:

Date :/...../.....

Station :

Id_vegetation	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
GPS début Latitude										
Longitude										
GPS fin Latitude										
Longitude										
Surface (m²)										
Hauteur végétation (cm)										
Hauteur litière (cm)										
Banquette (O/N)										
Usage (pâturage, fauche, autres ou NA) *										
Espèces	Pourcentages de recouvrement									

* les usages anthropiques du pré salé doivent être identifiés **uniquement** à partir des catégories proposées. La catégorie "autres" comprend les activités de chasse, de pêche et de loisirs entrainant le piétinement du pré salé.



FICHE PRATIQUE

- VOLET OPTIONNEL : PROIES POTENTIELLES - Partie 1 : Prélèvements de méso-zooplancton

Protocole de surveillance des fonctions écologiques des prés salés pour l'ichtyofaune

SUR LE TERRAIN : Matériels et Méthodes

Matériels

- 1 Filet à plancton (maille 200 μm , \emptyset haut 30 cm, \emptyset bas 8 cm, longueur 1.40 m)
- 1 Collecteur (cf. Annexe 1 - fabrication collecteur à plancton) + 1 bouée ($\emptyset \approx 10$ cm) accrochée avec un bout d'environ 50 cm au collecteur (la bouée est une sécurité en cas de décrochage du collecteur du filet à plancton)
- 1 Piquet *en bois ou en bambou* ($\emptyset \approx 3$ cm)
- 1 Seau
- 6 Flacons rigides en plastique à opercule avec bouchon à vis étanche (150 à 200 mL) et avec des étiquettes résistantes à l'alcool
- 1 Pissette
- 1 Tamis (maille 200 μm)
- Alcool à 90 % (prévoir 100 mL/flacon prélevé) et autorisation de la DIRM pour apporter de l'alcool à 90 % sur le terrain
- 1 Fiche de terrain "conditions de pêche" imprimée sur papier étanche
- Crayons à papier + marqueurs indélébiles résistant à l'eau

Méthodes

Ce protocole est l'une des parties du volet optionnel "proies potentielles" proposée dans le protocole de suivi des fonctions écologiques des prés salés pour l'ichtyofaune. Il convient d'intégrer les manipulations suivantes à celles réalisées pour le socle commun.

1- Positionner le piquet en bois servant à maintenir le filet à plancton en pêche dans le chenal à environ 5 m en amont du verveux à ailes (Fig. 1) lorsque l'un des agents se rend sur l'autre berge pour positionner les piquets des 3 engins de pêche pour l'ichtyofaune (i.e. verveux à ailes, filet droit et filet trémail).

2- Vérifier que le collecteur est bien vissé au filet à plancton.

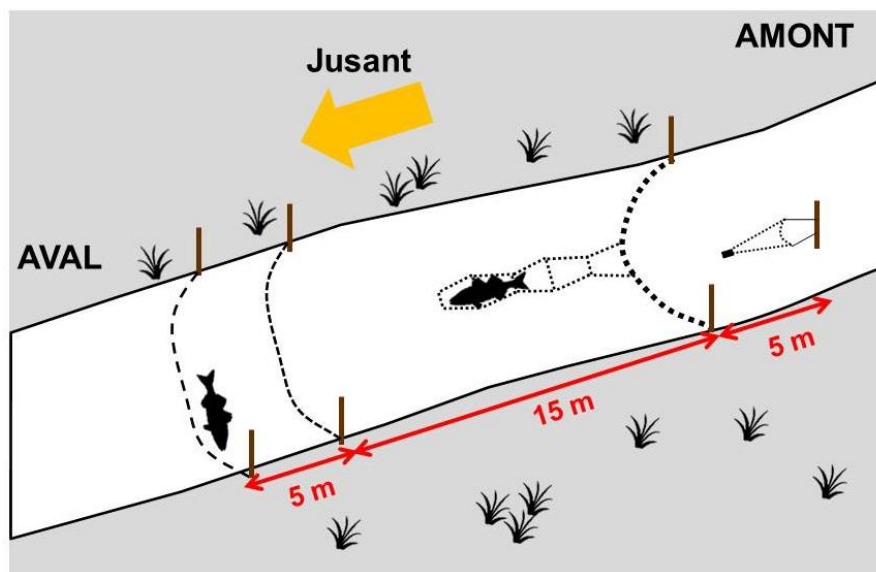


Figure 1 – Positionnement du filet à plancton dans le chenal par rapport aux engins de pêche pour l'ichtyofaune

3- Positionner le filet à plancton dans le courant à mi-profondeur. Vérifier que le filet est bien amarré au piquet et que l'ouverture sera maintenue pendant la pêche.

4- Noter l'heure du début de la pêche plancton sur la fiche "condition de pêche".

5- A chaque relève des engins de pêche pour l'ichtyofaune, vérifier que le filet à plancton n'est pas colmaté.

Si le filet contient une quantité de matériel pouvant réduire son efficacité de pêche, procéder à sa relève. Sinon, maintenir le filet à plancton en pêche.

Attention, le suivi du colmatage du filet à plancton est une étape importante. Un échantillonnage réalisé avec un filet colmaté (alors inefficace) ne sera pas validé.

6- A la relève du filet à plancton, positionner le filet perpendiculairement dans l'eau du chenal avec l'ouverture vers le ciel. Effectuer des allers-retours avec le filet dans l'eau en s'arrêtant avant l'ouverture du filet pour faire descendre l'ensemble du méso-zooplancton prélevé dans le collecteur.

7- Remonter sur la berge avec le filet à plancton. Noter l'heure de fin de la pêche du filet plancton sur la fiche "condition de pêche".

8- Prélever un seau d'eau dans le chenal. Rincer le filet à plancton sur la berge par l'extérieur du filet (pour ne pas rajouter d'individus dans la pêche) jusqu'à ce que l'ensemble du matériel prélevé soit dans le collecteur.

Réaliser cette étape si l'étape 6 n'a pas permis de récolter l'ensemble du plancton dans le collecteur.

9- Une fois l'ensemble de la pêche dans le collecteur, dévisser la partie haute du collecteur du filet à plancton.

10- Déposer les captures dans un flacon rigide. S'aider de la pissette remplie avec de l'eau du chenal et préalablement filtrée sur 200 µm pour récupérer le matériel dans l'ensemble du collecteur. Essayer de mettre le moins possible d'eau dans l'échantillon et compléter avec environ 100 mL d'alcool à 90 % (concentration finale d'environ 70 % d'alcool).

11- Réaliser un double étiquetage du flacon rigide, au crayon à papier à l'extérieur du flacon sur l'étiquette résistante à l'alcool et sur un morceau de papier étanche (ou de papier calque) placé à l'intérieur du flacon. L'étiquetage doit indiquer l'identifiant de la campagne (annee_mois_station), l'identifiant de la pêche, et éventuellement le numéro du flacon si plusieurs flacons sont nécessaires au stockage de la pêche (i.e. numéro du flacon/nombre total de flacons de la relève). Déposer le(s) flacon(s) dans le sac prévu à cet effet.

Il est très important de réaliser le double étiquetage des captures.

Répéter les étapes 2 à 11 jusqu'à ce qu'il n'y ait plus assez d'eau dans le chenal pour pêcher.

A la fin de la campagne annuelle, envoyer les échantillons à Christine Dupuy.

Adresse : Christine Dupuy
Littoral ENvironnement et Sociétés (LIENSs) - UMR 7266 - équipe DYFEA
Bâtiment ILE
2, rue Olympe de Gouges
17 000 La Rochelle

Email : christine.dupuy@univ-lr.fr



- FABRICATION DU COLLECTEUR DU FILET A PLANCTON –

Protocole de surveillance des fonctions écologiques des prés salés pour l'ichtyofaune

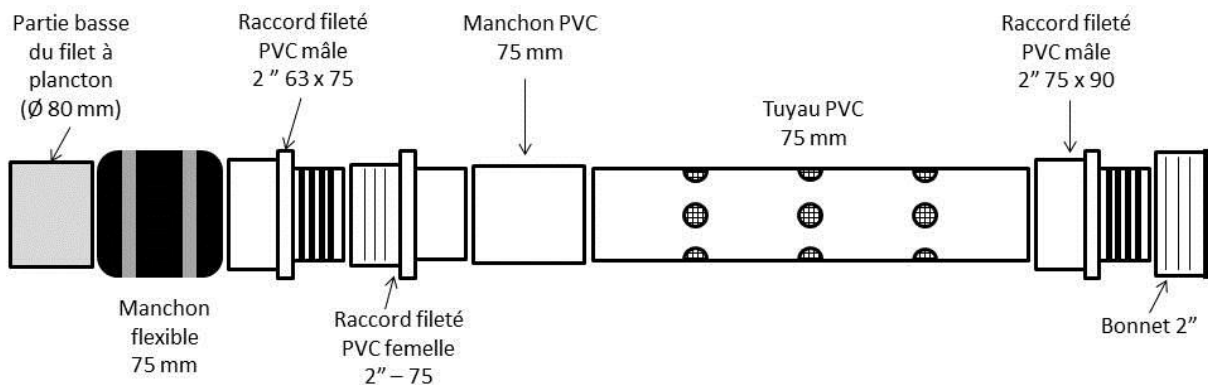
Matériels

- 1 Filet à plancton (maille 200 µm, Ø haut 30 cm, Ø bas 8 cm, longueur 1.40 m)
- 1 Morceau de filet (maille 200 µm, longueur 15 cm, largeur 23.5 cm)
- 1 Perceuse avec foret d'environ 15 mm
- 1 Scie à métaux
- 1 Etau
- 1 Mètre mesureur
- 1 Manchon flexible 75 mm
- 1 Raccord fileté PVC mâle 2" 63 x 75 mm
- 1 Raccord fileté PVC femelle 2" – 75 mm
- 1 Manchon PVC 75 mm
- 1 Tuyau PVC 75 mm – 1 mètre
- 1 Raccord fileté PVC mâle 2" 75 x 90 mm
- 1 Bonnet 2"
- Colle PVC
- 1 Pinceau plat (largeur < 30 mm)
- 1 Rouleau de PTFE
- 1 Tournevis plat
- Toile abrasive
- Décapant pour PVC (ou substitut du trichloréthylène)
- 1 Marqueur indélébile
- 2 Chiffons

Méthodes

- 1-** Mesurer 20 cm de tuyau PVC à l'aide du mètre mesureur et faire une marque au marqueur.
- 2-** Placer le tuyau dans l'étau et découper le tuyau PVC à l'aide de la scie à métaux au niveau de la marque.
- 3-** A l'aide de la perceuse, percer 12 trous dans le tuyau PVC (Fig. 1).
- 4-** Enlever le tuyau PVC de l'étau. Nettoyer l'intérieur du tuyau PVC à l'aide d'un chiffon imbibé de décapant PVC.
Ce nettoyage permet de renforcer l'adhérence de la colle PVC.

Pièces détachées du collecteur à plancton



Pièces assemblées du collecteur à plancton

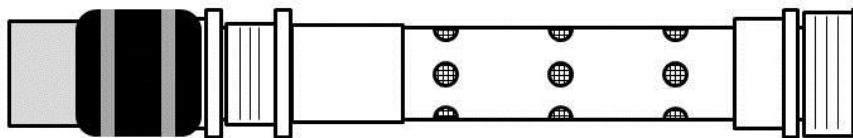


Figure 1 – Pièces détachées et assemblées du collecteur à plancton

5- Coller le morceau de filet (maille 200 μ m, longueur 15 cm, largeur 23.5 cm) à l'intérieur du tuyau PVC à l'aide de la colle PVC. *Veiller ne pas mettre de la colle PVC au niveau des trous du tuyau.*

Enlever immédiatement la colle PVC excédentaire à l'aide d'un deuxième chiffon.

Laisser sécher la colle PVC pendant 2 h.

6- Prendre le filet à plancton, le manchon flexible et le raccord fileté mâle 2" 63 x 75 mm.

Insérer la partie basse du filet à plancton à l'intérieur du manchon flexible.

Insérer le raccord fileté mâle 2" 63 x 75 mm à l'intérieur de la partie basse du filet à plancton.

Serrer les serflex du manchon flexible à l'aide du tournevis plat.

7- Poncer l'extérieur de la partie lisse du raccord fileté PVC femelle 2" - 75 mm et des deux extrémités du tuyau PVC avec de la toile abrasive. Poncer l'intérieur du manchon PVC 75 mm et de la partie lisse du raccord fileté PVC mâle 2" 75 x 90 mm avec de la toile abrasive.

Nettoyer les zones poncées à l'aide d'un chiffon imbibé de décapant PVC.

Le ponçage et le nettoyage des zones à coller permettent de renforcer l'adhérence de la colle PVC.

8- Déposer de la colle à l'extérieur de la partie lisse du raccord fileté PVC femelle 2" – 75 mm et l'insérer à l'une des extrémités du manchon PVC 75 mm.

Enlever immédiatement la colle PVC excédentaire à l'aide d'un chiffon.

Maintenir les deux pièces ensemble pendant quelques minutes puis laisser sécher l'assemblage.

La colle PVC doit être déposée sur la partie de la pièce se trouvant à l'intérieur de l'assemblage.

Il est possible d'ajouter du PTFE au niveau des zones à coller pour améliorer l'étanchéité du collage.

9- Coller l'une des extrémités du tuyau PVC à l'extrémité ouverte du manchon PVC 75 mm de la même manière (cf. **8**).

10- Coller l'extrémité ouverte du tuyau PVC à l'intérieur de la partie lisse du raccord fileté PVC mâle 2" 75 x 90 mm de la même manière (cf. **8**).

11- Visser le bonnet 2" avec le raccord fileté PVC mâle 2" 75 x 90 mm.

Visser le raccord fileté PVC femelle 2" – 75 mm avec le raccord fileté PVC mâle 2" 75 x 90 mm.



FICHE PRATIQUE

- VOLET OPTIONNEL : PROIES POTENTIELLES -

Partie 2 : Prélèvements de la macrofaune benthique du chenal

Protocole de surveillance des fonctions écologiques des prés salés pour l'ichtyofaune

SUR LE TERRAIN : Matériels et Méthodes

Matériels

Pour une station (à multiplier en fonction du nombre de stations suivies)

- 1 Carottier faune (Ø 15 cm, profondeur 25 cm)
- 1 Tamis (maille 1 mm)
- 4 Seaux
- Cuillères (grosses et petites), pinceau et pinces plates (récolte des refus de tamis)
- 12 Flacons rigides en plastique à opercule avec bouchon à vis étanche (0.5 à 2 L)
- 6 bouteilles d'eau vide (1.5 L) ou bidons pour rapporter de l'eau du chenal
- 1 Fiche de terrain "conditions de pêche" imprimée sur papier étanche
- Crayons à papier et marqueurs indélébiles résistant à l'eau
- Papier étanche (ou papier calque) prédécoupé pour étiquetage des piluliers + étiquettes collantes pour étiquetage externe

Méthodes

Ce protocole est l'une des parties du volet optionnel "proies potentielles" proposée dans le protocole de suivi des fonctions écologiques des prés salés pour l'ichtyofaune. Il convient d'intégrer les manipulations suivantes à celles réalisées pour le socle commun.

En fonction des moyens humains et du temps disponible sur le terrain, ce protocole peut être réalisé au choix : le même jour, la veille ou le lendemain des prélèvements ichtyologiques.

Préparation de la phase terrain

1- Pour chaque station de pêche, définir 4 sous-stations pour les prélèvements de la macrofaune benthique (Fig. 1). Les sous-stations 1 et 2 sont positionnées environ 10 m en amont de la station de pêche (pour limiter les effets du piétinement sur ces mesures). La sous-station 1 est localisée dans le chenal et la sous-station 2 sur la banquette. Les sous-stations 3 et 4 sont positionnées 200 m en amont de la station de pêche (au niveau de la

sous-station 3 des pièges Barber). La sous-station 3 est localisée dans le chenal et la sous-station 4 sur la banquette.

Si le chenal suivi ne possède pas de banquette, réaliser 2 sous-stations dans le chenal à 200 m d'intervalle.

2- Noter les points GPS de chaque sous-station B1 à B4 sur la fiche de terrain "conditions de pêche".

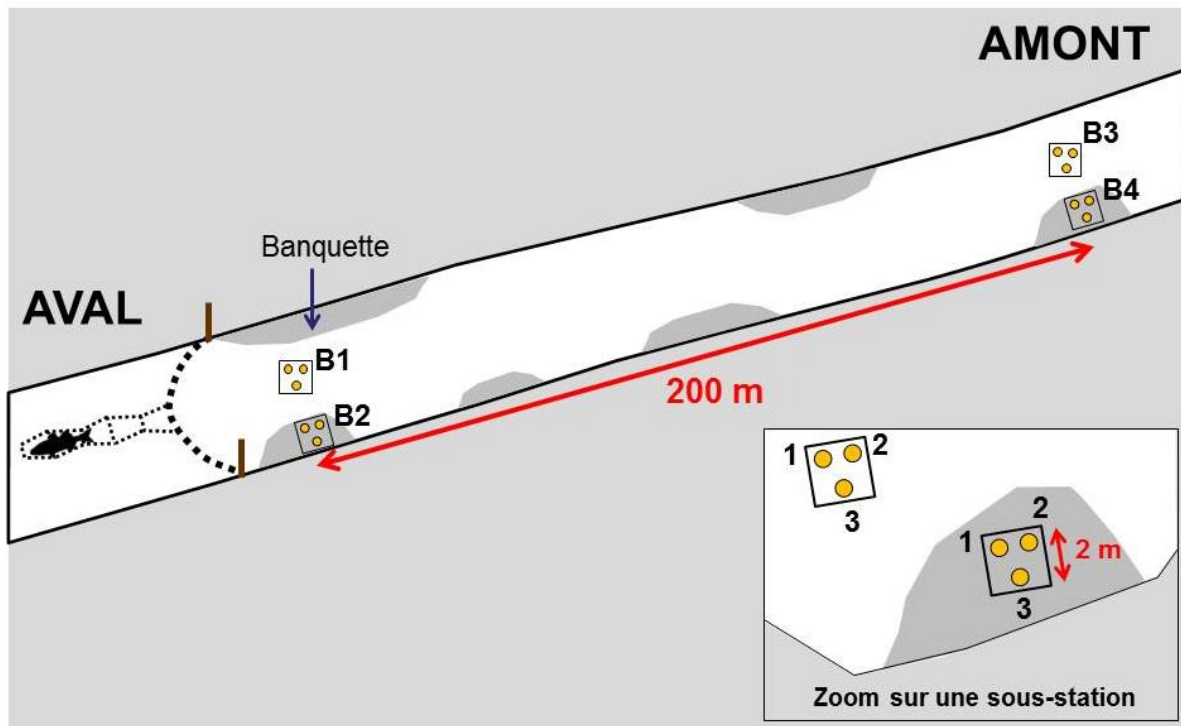


Figure 1 – Emplacement et nomenclature des sous-stations et de leurs répliqués le long du chenal suivi

Prélèvements de la macrofaune benthique

3- Pendant les pêches, prélever de l'eau du chenal en aval des engins de pêche et la stocker dans les bouteilles en plastique (ou les bidons). Cette eau servira à la préparation de la solution formolée pour la fixation et le stockage de la macrofaune benthique.

Il est indispensable que cette eau provienne du chenal. L'utilisation d'une eau avec une salinité différente pour la fixation des individus entraîne leur détérioration.

4- Attendre la fin des pêches pour réaliser les prélèvements de la macrofaune benthique, lorsque l'eau s'est retirée du chenal.

5- Se rendre à une sous-station et définir un carré de 2 m de côté.

Si cela n'est pas possible, les prélèvements peuvent être réalisés dans un rectangle de la même surface (i.e. en ligne).

6- Dans cette surface, réaliser 3 prélèvements de la macrofaune benthique à l'aide du carottier.

7- Déposer chaque répliat dans un seau.

8- Tamiser un répliat avec le tamis (maille 1 mm).

Lors du tamisage, veiller à ce que de l'eau ne déborde pas du tamis.

9- Récupérer la totalité du refus de tamis à l'aide des cuillères, des pinceaux et des pinces plates et le déposer dans un flacon.

Veiller à ne pas détériorer la macrofaune benthique lors des manipulations.

10- Réaliser un double étiquetage des flacons, au marqueur indélébile à l'extérieur du flacon et au crayon à papier sur un morceau de papier étanche (ou de papier calque) placé à l'intérieur du flacon. L'étiquetage doit indiquer l'identifiant de la campagne (annee_mois_station), l'identifiant de la sous-station (B1, B2, B3 ou B4) et le numéro de répliat (1, 2 ou 3).

Il est très important de réaliser le double étiquetage des captures.

Répéter les étapes 8 à 10 pour chaque répliat.

Répéter les étapes 5 à 10 pour chaque sous-station.

Au laboratoire au retour du terrain

Matériels nécessaire pour la réalisation de cette étape

- Hotte aspirante (sorbonne) équipée d'un filtre à charbon actif pour les vapeurs de formol
- 1 Tamis (maille $\leq 500 \mu\text{m}$) et 1 tamis (maille 1 mm)
- Eau du chenal
- Formol
- Alcool à 70 %
- Phloxine B / Rose bengale
- Gants en nitrile (ou en néoprène ou en butyle)
- Blouse de laboratoire

Une attention particulière doit être portée pour les manipulations utilisant du formol !

Le formaldéhyde est classé dans la catégorie 3 des substances cancérogènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction (classification européenne). Toutes les manipulations avec du formol doivent être effectuées avec des gants en nitrile (ou en néoprène ou en butyle) et sous une hotte aspirante (sorbonne) équipée d'un filtre à charbon actif dans un laboratoire répondant aux normes de sécurité associées au formol.

Les étapes suivantes sont à réaliser sous hotte aspirante.

11- Filtrer l'eau du chenal à l'aide du tamis (maille $\leq 500 \mu\text{m}$).

12- Préparer la solution formolée à 4 % avec l'eau du chenal filtrée.

13- Fixer chaque réplikat (refus de tamis) avec la solution d'eau du chenal filtrée formolée à 4 % pendant 48 h. Pendant la fixation, laisser les flacons fermés sous la hotte aspirante.

14- Après 48 h, vider le contenu d'un réplikat dans un tamis (maille 1 mm) au-dessus d'un seau spécial pour la récupération des solutions formolées. Rincer légèrement le refus de tamis avec de l'eau du robinet au-dessus du seau de récupération des solutions formolées.

15- Remettre le refus de tamis dans son flacon à l'aide des cuillères, des pinceaux et des pinces plates.

Veiller à ne pas détériorer la macrofaune benthique lors des manipulations.

16- Ajouter de l'alcool à 70 % dans le flacon jusqu'à environ 1 cm au-dessus du refus de tamis.

17- Mettre 3 gouttes de Phloxine B / Rose bengale (*ou quelques mg si ce réactif est sous forme de poudre*) dans le flacon. Agiter légèrement le flacon pour que la Phloxine B / Rose bengale colore l'ensemble des organismes présents.

18- Vérifier que le double étiquetage est présent et qu'il permet l'identification du réplikat.

Répéter les étapes 14 à 18 pour chaque réplikat.

19- Stocker les échantillons dans un endroit à l'abri de la lumière avec de faibles variations de températures.



FICHE PRATIQUE

- VOLET OPTIONNEL : PROIES POTENTIELLES -

Partie 2 : Identification de la macrofaune benthique

Protocole de surveillance des fonctions écologiques des prés salés pour l'ichtyofaune

AU LABORATOIRE : Matériels et Méthodes

L'identification de la macrofaune benthique est une tâche très complexe pour une personne inexpérimentée. Il est possible de s'adresser à un bureau d'étude pour réaliser cette étape du protocole.

Matériels

- Loupe binoculaire
- Microscope
- Balance de précision (précision à 10^{-4} g)
- Etuve
- 1 Tamis (maille 1 mm)
- Cuvettes à dissection
- Verres de montre, boîtes de Pétri en verre et cristallisoirs
- Pinces plates, pinces fines, aiguilles droites et aiguilles lancéolées
- Coupelles en aluminium (plusieurs diamètres)
- 1 Fiche de laboratoire "macrofaune benthique"
- Crayon à papier + marqueurs de laboratoire indélébile
- Petites étiquettes prédécoupées de papier étanche (ou de papier calque)

Méthodes

Tri et comptage des individus

- 1-** Noter les informations du flacon choisi sur la fiche de laboratoire "macrofaune benthique", i.e. date de la campagne, site, station, id_campagne, id_sous-station et id_réplikat.
- 2-** Vider le flacon dans un tamis (maille 1 mm). Rincer le refus de tamis à l'eau du robinet.
- 3-** Placer le refus de tamis dans la cuvette à dissection.
- 4-** Trier les individus par taxon. Commencer par les taxons les plus visibles de la cuvette et déposer les individus par taxon dans des boîtes de Pétri.

5- Indiquer les différents taxons identifiés sur la fiche de laboratoire "macrofaune benthique".

6- Compter le nombre d'individu de chaque taxon et le noter sur la fiche de laboratoire "macrofaune benthique".

Séchage et mesure de la masse des individus par taxon

7- Tarer la balance et peser une coupelle en aluminium à l'aide de la balance de précision (en g avec une précision au 0.0001 g) et noter sa masse sur la fiche de laboratoire "macrofaune benthique" dans la colonne "Masse coupelle aluminium (g)".

8- Déposer les individus du taxon correspondant à l'identifiant en face duquel la masse de la coupelle en aluminium a été indiquée sur la fiche de laboratoire. Identifier la coupelle par une étiquette sur laquelle est renseignée id_campagne, id_sous-station, id_réplicat et le nom du taxon.

Déposer l'étiquette sur un bord de la coupelle de manière à ce qu'elle ne tombe pas de la coupelle et qu'elle ne se colle pas aux individus lors de leur séchage.

Effectuer les étapes 7 et 8 pour chaque taxon.

9- Placer les coupelles dans une étuve à 65°C pendant au moins 48 h.

10- Peser la masse de chaque coupelle à l'aide la balance de précision (en g avec une précision au 0.0001 g) et la noter sur la fiche de laboratoire "macrofaune benthique" dans la colonne "Masse coupelle aluminium + masse sèche des individus (g)".

Ne pas oublier de tarer la balance entre chaque pesée et d'enlever l'étiquette de la coupelle avant de la peser.

Effectuer les étapes 1 à 10 pour chaque réplicat.



Fiche de laboratoire – macrofaune benthique

Date de la campagne analysée :/...../.....Site :
 Station :Id_campagne :

Id_sous-station et Id_réplicat	Espèce/Taxon	Nombre	Masse coupelle aluminium (g)	Masse coupelle aluminium + masse sèche des individus (g)



FICHE PRATIQUE

- VOLET OPTIONNEL : PROIES POTENTIELLES -

Partie 3 : Prélèvements d'arthropodes du pré salé

Protocole de surveillance des fonctions écologiques des prés salés pour l'ichtyofaune

SUR LE TERRAIN : Matériels et Méthodes

Matériels

Pour une station (à multiplier en fonction du nombre de stations suivies)

- 12 Tubes PVC (\varnothing 10 cm, hauteur 20 cm)
- 12 Pots droits de 125 mL PP avec bouchon étanche (\varnothing 5.2 cm, hauteur 7.4 cm)
- 12 Entonnoirs en plastique (\varnothing haut 10 cm, hauteur 5 cm)
- 12 Assiettes en plastique dur (annoter "Expérience en cours ne pas toucher" sur chacune)
- 24 Tiges filetées en acier zingué (\varnothing 6 mm, hauteur 20 cm)
- 48 Ecrous (\varnothing 6 mm dont 24 à oreilles si souhaité)
- 1 L de saumure (concentration en sel de 30 g.L⁻¹)
- Produit vaisselle écologique
- GPS
- 12 Piquets *en bois ou en bambou* (\varnothing \approx 3 cm, hauteur \approx 1.50 m, peindre les 20 cm du haut du piquet en orange et identifier 3 piquets par "1", 3 par "2", 3 par "3" et 3 par "4")
- 1 Pelle de jardinage par agent de terrain
- 1 Fiche de terrain "arthropodes" imprimée sur papier étanche
- Crayons à papier et marqueurs indélébiles résistant à l'eau
- Papier étanche (ou papier calque) prédécoupé pour étiquetage des pots droits + étiquettes collantes pour étiquetage externe

Méthodes

Ce protocole est l'une des parties du volet optionnel "proies potentielles" proposée dans le protocole de suivi des fonctions écologiques des prés salés pour l'ichtyofaune. Il convient d'intégrer les manipulations suivantes à celles réalisées pour le socle commun.

Préparation de la phase terrain

1- Pour chaque chenal associé à une station de pêche pour l'ichtyofaune, identifier 3 sous-stations pour les prélèvements d'arthropodes du pré salé. Les sous-stations sont localisées comme suit : une sous-station au niveau de la station de pêche (cette sous-station est légèrement décalée de la zone de pêche pour limiter les effets du piétinement sur la zone de

prélèvement), une sous-station 200 m en amont de la station de pêche et une sous-station 200 m en aval de la station de pêche (Fig. 1). Si cela est possible, placer les sous-stations dans différents assemblages de végétation.

Si la station de pêche est trop proche d'une ramification avec un autre chenal, positionner les 2 sous-stations en amont de la station de pêche.

Les sous-stations sont identifiées de A1 à A3 en partant de l'aval vers l'amont du chenal (Fig. 1).

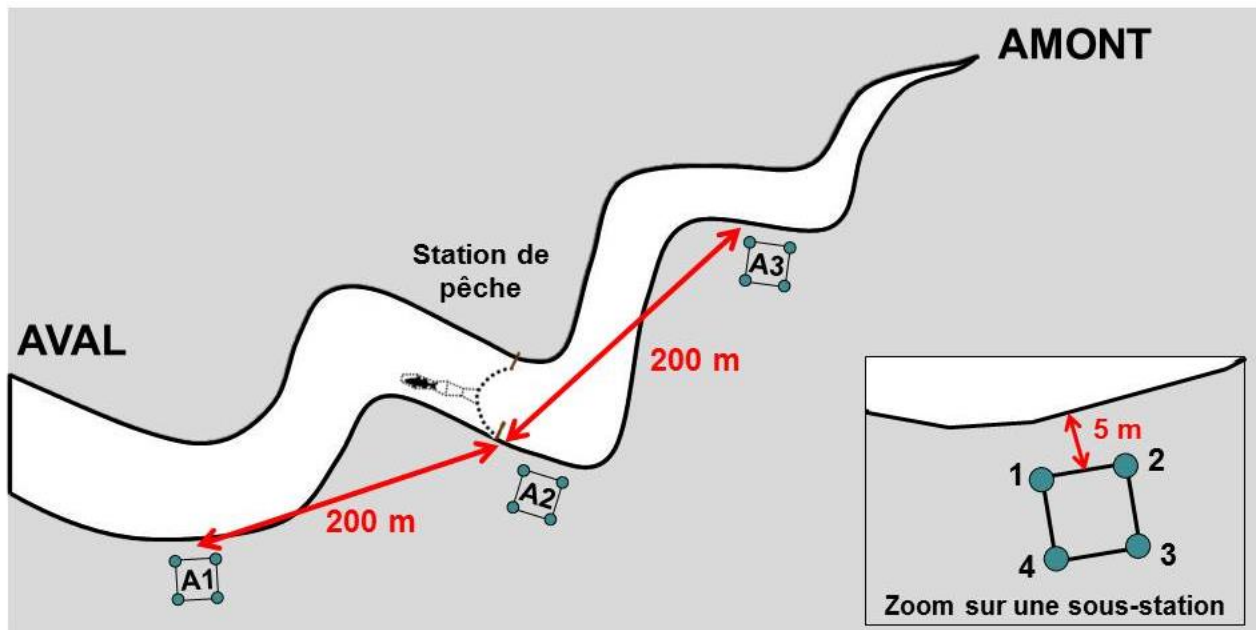


Figure 1 – Emplacement et nomenclature des sous-stations (A1, A2 et A3) et de leurs répliqués (i.e. sommets des carrés) le long du chenal suivi

2- Tracer un carré de 10 m de côté au niveau de chaque sous-station sur la carte du pré salé. L'une des faces du carré doit être localisée à moins de 5 m du chenal. Identifier chaque sommet du carré comme les répliqués de la sous-station de 1 à 4 (Fig. 1). Noter les points GPS des répliqués sur la fiche de terrain "arthropodes".

3- Déterminer préalablement les dates des campagnes de prélèvements des arthropodes pour qu'elles soient réalisées lors des coefficients de marée les plus faibles du mois. Cette période est privilégiée afin d'éviter tout risque de submersion des pièges. Prévoir une période de 3 jours pendant laquelle les pièges sont laissés sur le pré salé.

Trois campagnes sont à organiser au cours d'une année : une en mai, une en juillet et une en septembre (ou au moins une campagne en mai).

4- Préparer la saumure au moins 2 jours avant la campagne. Préparer 1 L de saumure pour chaque station. Pour 1 L de saumure, mettre 30 g de gros sel dans 1 L d'eau. Remuer la saumure au moins 2 fois par jours pour que le gros sel se dissolve bien dans l'eau.

Pose des pièges Barbers

- 5-** Le jour de la pose des pièges Barbers, se rendre le matin à une première sous-station.
S'il n'est pas possible de se rendre le matin à la sous-station, il faut veiller à respecter 3 cycles jour-nuit complets avant d'aller relever les pièges pour ne pas introduire de biais dans l'échantillonnage des individus.
- 6-** Noter la date et le coefficient de marée de chacun des 4 jours de pose des pièges Barbers sur la fiche de terrain "arthropodes". Noter l'heure de pose des pièges Barbers sur cette même fiche.
- 7-** Positionner les répliquats de la sous-station à l'aide de leurs coordonnées GPS et les identifier par les piquets correspondant.
- 8-** Au pied de chaque piquet, creuser un trou de 20 cm de haut et 10 cm de diamètre. Enfoncer le tube PVC dans le trou et faire le joint entre le tube et le sol avec le sédiment (Fig. 2).
- 9-** Remplir le pot droit de saumure aux 2/3 et ajouter une goutte de produit vaisselle (*le produit vaisselle sert de produit mouillant pour faciliter l'immersion des arthropodes au fond du flacon*). Placer le pot droit au milieu du tube PVC (Fig. 2).
- 10-** Déposer l'entonnoir au-dessus du pot droit afin que ses bords soient retenus par le tube PVC. Faire la jointure entre le sol et l'entonnoir avec le sédiment (Fig. 2).
Une attention particulière doit être portée à la réalisation de la jointure entre l'entonnoir, le tube PVC et le sol en utilisant le sédiment présent sur place. De cette étape dépend la bonne efficacité du piège.

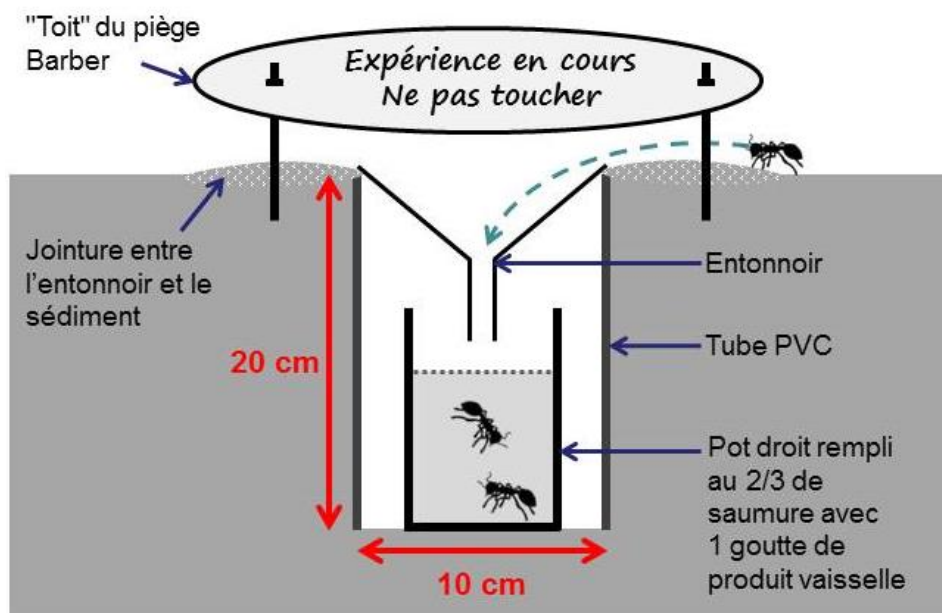


Figure 2 – Schématisation des composants d'un piège Barber

11- Préparer le "toit" du piège. Prendre 1 assiette, 2 tiges filetées métalliques et 4 écrous. Sur chaque tige, visser un écrou à environ 3 cm du haut de la tige.

Faire deux trous, opposés l'un à l'autre, sur les bords de l'assiette. Insérer le haut d'une tige filetée métallique dans chaque trou jusqu'à l'écrou. Visser un deuxième écrou sur chaque tige pour maintenir l'assiette entre 2 écrous.

Placer le "toit" au-dessus du piège et enfoncer les tiges du "toit" d'environ 8 cm dans le sédiment de part et d'autre du piège (une hauteur d'environ 9 cm doit être maintenue entre le sol et l'assiette) (Fig. 2).

12- Laisser le piège actif pendant 3 jours consécutifs.

Répéter les étapes 8 à 12 pour les 4 répliqués de chaque sous-station.

Relève des pièges Barbers

13- Après 3 jours de pose, revenir à la sous-station. Noter l'heure de relèvement des pièges Barbers sur la fiche de terrain "arthropodes".

14- Relever les pots droits un par un, les fermer avec les couvercles et les identifier par un double étiquetage. Réaliser un étiquetage à l'extérieur du pot droit sur une étiquette et un deuxième au crayon à papier sur un morceau de papier étanche (ou papier calque) placé à l'intérieur du pot droit. L'étiquetage doit indiquer l'identifiant de la campagne (année_mois_station), l'identifiant de la sous-station et du répliqué.

Il est très important de réaliser le double étiquetage des captures.

15- Laisser les tubes PVC en place dans le sol et reboucher les trous avec le sédiment présent sur place pour éviter la chute d'individus à l'intérieur des tubes.

Répéter les étapes 13 à 15 pour les 4 répliqués de chaque sous-station.

16- Stocker les échantillons dans un endroit à l'abri de la lumière avec de faibles variations de températures.



Fiche de terrain - arthropodes

Nom(s) opérateur(s) :	Site :
Station :	Id_campagne :

	Jour 1 pose des pièges	Jour 2	Jour 3	Jour 4 relève des pièges
Date				
Coefficient de marée				
Heure		X	X	

A1

Id_réplikat	Latitude	Longitude
1		
2		
3		
4		

A2

Id_réplikat	Latitude	Longitude
1		
2		
3		
4		

A3

Id_réplikat	Latitude	Longitude
1		
2		
3		
4		



FICHE PRATIQUE

- VOLET OPTIONNEL : PROIES POTENTIELLES - Partie 3 : Identification des arthropodes provenant des pièges Barber

Protocole de surveillance des fonctions écologiques des prés salés pour l'ichtyofaune

AU LABORATOIRE : Matériels et Méthodes

Matériels

- Loupe binoculaire
- Etuve
- Balance de précision (précision à 10^{-4} g)
- Alcool à 70 %
- Cuvettes à dissection
- Tamis (maille entre 200 μ m et 500 μ m)
- Coupelles en aluminium (plusieurs diamètres)
- Boîtes de Pétri en verre et cristallisoirs
- Pinces plates, pinces fines, aiguilles droites et aiguilles lancéolées
- Microtubes fond rond avec couvercle plat attaché au microtube (2 mL)
- Boîtes de stockage pour microtubes de 2 mL (en plastique ou en carton)
- 1 Fiche de laboratoire "arthropodes"
- Crayons à papier
- Petites étiquettes prédécoupées de papier étanche (ou de papier calque)

Méthodes

Tri et comptage des individus

- 1-** Noter les informations du pot droit choisi sur la fiche de laboratoire "arthropodes", i.e. date de la campagne, site, station, id_campagne, id_sous-station et id_réplicat.
- 2-** Vider le pot droit dans un tamis (maille entre 200 μ m et 500 μ m).
- 3-** Rincer les arthropodes sous l'eau du robinet en appliquant un jet faible (i.e. pour ne pas abimer les individus et ne pas faire déborder le tamis) pendant environ 30 sec.
- 4-** Collecter les arthropodes hors amphipodes et les remettre dans le pot droit. Ajouter de l'alcool à 70 % jusqu'à 1 cm au-dessus des individus. Vérifier que l'étiquetage est toujours présent et bien identifiable sur le pot droit.

5- Compter le nombre d'amphipodes capturés et le noter sur la fiche de laboratoire "arthropode".

Séchage et mesure de la masse des individus par taxon

6- Tarer la balance et peser une coupelle en aluminium à l'aide de la balance de précision (en g avec une précision au 0.0001 g) et noter sa masse sur la fiche de laboratoire "arthropode" dans la colonne "Masse coupelle aluminium (g)".

7- Déposer les amphipodes correspondant à l'identifiant en face duquel la masse de la coupelle en aluminium a été indiquée sur la fiche de laboratoire. Identifier la coupelle par une étiquette sur laquelle est renseignée id_campagne, id_sous-station et id_répliat (ajouter le nom du taxon pour la partie comprenant tous les taxons d'arthropodes).

Déposer l'étiquette sur un bord de la coupelle de manière à ce qu'elle ne tombe pas de la coupelle et qu'elle ne se colle pas aux individus lors de leur séchage.

8- Placer les coupelles dans une étuve à 65°C pendant au moins 48 h.

9- Peser la masse de chaque coupelle à l'aide la balance de précision (en g avec une précision au 0.0001 g) et la noter sur la fiche de laboratoire "arthropode" dans la colonne "Masse coupelle aluminium + masse sèche des individus (g)".

Ne pas oublier de tarer la balance entre chaque pesée et d'enlever l'étiquette de la coupelle avant de la peser.

Effectuer les étapes 1 à 9 pour chaque répliat.

Identification des arthropodes hors amphipodes

10- Envoyer les pots droits à Julien Pétilion pour qu'il détermine les taxons capturés dans les pièges Barber autre que les amphipodes. Joindre des microtubes et des boites de stockage pour microtubes à cet envoi pour que chaque taxon identifié soit conditionné dans un microtube étiqueté (id_campagne, id_sous-station, id_répliat, taxon) et rangé dans une boite prévue à cet effet.

Adresse : Julien Pétilion
Bât. 25 1^{er} étage - Campus de Beaulieu
263 Avenue du Général Leclerc
35042 Rennes Cedex

Email : julien.petillon@univ-rennes1.fr

11- A la réception des microtubes (1 microtube par taxon et par répliat), réaliser les étapes 4 à 8.

Manipuler les microtubes avec prudence car des individus peuvent en être éjectés lors de leur ouverture.



Fiche de laboratoire – arthropodes

Date de la campagne analysée :/...../.....

Site :

Station :

Id_campagne :

Id_sous-station et Id_réplikat	Espèce/Taxon	Nombre	Masse coupelle aluminium (g)	Masse coupelle aluminium + masse sèche des individus (g)



- Compte rendu -

Réunion/visioconférence du Groupe de travail " Fonctions écologiques des prés salés (ouverts à la mer) pour l'ichtyofaune "

Observatoire Patrimoine Naturel Littoral (RNF-AFB)

Réunion du 06 février 2017
CRESCO, 35800 Dinard et Visioconférence

Présents (*Dinard et visioconférences*) : Emmanuel CAILLOT (RNF), Alexandre CARPENTIER (Univ. Rennes1), Gwenola DE ROTON (AFB), Sylvain DUHAMEL (CSLN), Christine DUPUY (LIENSs), Stéphane GUENNETEAU (RNN Moëze-Oléron), Thomas HERAULT (CREN Poitou Charentes), Emmanuel JOYEUX (RNN Baie de l'Aiguillon), Emilie LE LUHERNE (RNF), Vincent Lelong (RNN Moëze-Oléron), Julien PETILLON (Univ. Rennes1), Fanny RICHARD (LPO - 8RNN), Frédéric ROBIN (LPO - 8RNN), Manuel SARRAZA (AESN), Anthony STURBOIS (RNN Baie de Saint-Brieuc)

Excusés : Aurélien BESNARD (CEFE), Sylvain BRUN (RNN Prés salés d'Arès et de Lège-Cap Ferret), Guillaume GELINAUD (RNN Marais de Séné)

Ordre du jour :

- 1- Identification et validation des questions communes de gestion pour l'étude des fonctions écologiques des prés salés pour l'ichtyofaune
- 2- Réflexion et validation du socle commun et des volets optionnels du protocole d'échantillonnage standardisé (à mettre en œuvre dès 2017)
- 3- Réflexion et choix des thématiques à tester statistiquement et des jeux de données disponibles pour définir l'effort d'échantillonnage commun

1- Identification et validation des questions communes de gestion pour l'étude des fonctions écologiques des prés salés pour l'ichtyofaune

- Il est rappelé que ces questions communes de gestion sont les questions auxquelles les gestionnaires souhaitent répondre par la mise en place de ce réseau de surveillance scientifique. Ces questions servent de base pour la réflexion des métriques à collecter. Les questions communes de gestion ont été identifiées lors du groupe de travail du 05.02.2016 en visioconférence. Elles ont ensuite été transmises à chaque gestionnaire de site avec le questionnaire de synthèse du profil environnemental. Cette étape a permis aux gestionnaires de valider et/ou de modifier les questions proposées.
- Suite à ces concertations individuelles avec les gestionnaires, les questions ont été hiérarchisées et sont présentées au groupe de travail :
 - 1- Quelles sont les fonctions écologiques des sites étudiés pour l'ichtyofaune ?

- 2- Quels sont les principaux facteurs environnementaux agissant sur les assemblages ichtyologiques ? Comment agissent-ils sur les assemblages ichtyologiques ? Quelles sont les évolutions spatiale et temporelle de ces principaux facteurs d'influence ?
- 3- Existe-t-il des correspondances entre la typologie des habitats et la typologie des assemblages ichtyologiques ? Quelles sont les évolutions spatiale et temporelle de ces correspondances ?
- 4- Quels sont les effets des utilisations anthropiques des prés salés (e.g. fauchage et pâturage) sur les assemblages ichtyologiques et sur les fonctions écologiques des habitats (dont la fonction de nourricerie) ?
- 5- Dans le contexte de changement global (e.g. modification de la température, élévation du niveau marin), quid de la variabilité des assemblages ichtyologiques et des fonctions écologiques assurées par les prés salés ?
- 6- Existe-t-il des variations biogéographiques des assemblages ichtyologiques fréquentant les prés salés ?

- Il est mis en avant que les questions 1 et 2 sont des questions clés pour le choix des métriques à collecter. Les questions 3 à 6 sont, quant à elles, des questions qui pourront être examinées à partir des jeux de données collectés et des métriques identifiées par les questions 1 et 2. L'étude des questions 3 à 6 nécessitera d'avoir des séries longues de données à disposition.

Discussion et prises de décision :

- Ces propositions de questions communes de gestion et leur hiérarchisation ne sont pas remises en question par le groupe de travail.
- Il est indiqué que ces questions communes sont très générales et qu'elles seront précisées avec l'avancée du projet et l'analyse prévue des jeux de données.

2- Réflexion et validation du socle commun et des volets optionnels du protocole d'échantillonnage standardisé (à mettre en œuvre dès 2017)

- Ce point de l'ordre du jour s'est articulé autour du socle commun et des volets optionnels du protocole d'échantillonnage.
- A ce stade de la réflexion, le socle commun comprend : (i) l'échantillonnage de la communauté ichtyologique du chenal suivi et (ii) les mesures physico-chimiques (i.e. température et salinité). Il est proposé d'y ajouter également la caractérisation de la végétation située de part et d'autre du chenal.
- Les volets optionnels du protocole comprennent actuellement : (i) l'analyse des proies ingérées par l'ichtyofaune (contenus stomacaux) et (ii) la collecte de données relatives aux proies potentielles dans l'habitat pré salé (i.e. proies d'origines terrestre et marine). Parmi ces volets optionnels, le groupe de travail convient que l'analyse des contenus stomacaux est prioritaire car elle offre une information directe du bol alimentaire des poissons.

▪ **Socle Commun**

- Choix des stations

Il est rappelé que le choix des stations s'effectue actuellement en fonction des caractéristiques morphologiques du chenal : largeur < 10 m (i.e. préférentiellement comprise entre 4 et 6 m) et profondeur < 2 m. Ces caractéristique morphologiques du chenal offrent les conditions nécessaires

pour que les engins soient "pêchant" lors d'une mise en pêche à des coefficients de marée compris entre 70 et 90. Le respect de ces caractéristiques morphologiques pour le choix du chenal suivi est le garant d'un effort de pêche (par station) standardisé permettant de générer des données comparables à des échelles intra et intersites.

Pour faciliter l'approche intersites, il est proposé que chaque gestionnaire fasse le choix, dans son réseau de chenaux, d'au moins une station ayant des conditions de végétation et de salinité comparables avec les stations des autres sites du réseau. Ces conditions restent toutefois à déterminer.

Pour compléter cette "station commune", il est proposé que d'autres stations soient définies par chaque gestionnaire (selon besoins et disponibilités) pour examiner d'éventuels effets gestion (e.g. stations dans des secteurs de prés salés différenciés : absence d'activités anthropiques ; zone fauchée ; zone pâturée) et ainsi fournir à terme un argumentaire scientifique pour appuyer et adapter les actions gestion en vigueur (via document de gestion et éventuel tableau de bord associé).

- Engins de pêche

Un tour de table pour préciser les engins de pêches utilisés dans les campagnes précédentes et à venir est effectué (Tableau 1). L'utilisation d'engins communs est nécessaire pour tendre vers une capturabilité intersites comparable.

Tableau 1: Identification des engins de pêche utilisés dans les sites-test du protocole "prés salés-ichtyofaune"

Site	Verveux	Filet 1	Filet 2	Adéquation au protocole 2017
Recommandé	Verveux à ailes 4 mm	Droit 26 mm	Trémail 50 mm	
Estuaire de la Seine	Verveux à ailes 4 mm	-	Trémail 50 mm	Oui, ajout filet droit
Baie des Veys	Verveux à ailes 4 mm	-	Trémail 50 mm	Oui, ajout filet droit
Estuaire de l'Orne	Verveux à ailes 4 mm	-	Trémail 50 mm	Oui, ajout filet droit
Havre de la Sienne	Verveux à ailes 4 mm	-	Trémail 50 mm	Oui, ajout filet droit
Baie du Mont Saint Michel	Verveux à ailes 4 mm	Droit 20 mm	Droit 50 mm	~
RNN Baie de Saint Briec	Verveux à ailes 4 mm	Trémail 26 mm	Trémail 50 mm	~
RNN Marais de Séné	Verveux à ailes 4 mm	Droit 26 mm	Trémail 50 mm	Oui
RNN Baie de l'Aiguillon	Verveux à ailes 4 mm	Droit 26 mm	Trémail 50 mm	Oui
CdL Marais de Mortagne	Verveux double 4 mm	Verveux double DCE	-	Oui, achat des filets
RNN Arès Lège Cap-Ferret	Verveux à ailes 4 mm	Droit 26 mm	Trémail 50 mm	Oui

→ Il est spécifié que les filets 1 et 2 sont des filets "de sécurité" pour capturer les individus ayant la capacité d'éviter le verveux (i.e. souvent les gros individus capables de sauter au-dessus du verveux). Le choix d'un filet droit (maille 26 mm) puis d'un filet trémail (maille 50 mm) est le fait d'observations empiriques pour capturer l'ensemble des individus descendant le chenal tout en évitant de les blesser avant leur relâche. Les poissons capturés dans le filet droit sont plus facilement démaillés et moins blessés par cette manutention qu'avec un filet trémail.

→ Les choix des filets 1 et 2 de la Baie du Mont Saint Michel et la RNN Baie de Saint Brieuc n'ont-ils pas une capturabilité différente des filets recommandés et peuvent-ils continuer à être utilisés pour ce protocole.

- Mesures du socle commun

Ichtyofaune :

L'ensemble des individus pêchés dans les filets (i.e. verveux, filet droit et trémail) est identifié, mesuré et pesé. L'identification et les mesures des "gros individus" et, dans la mesure du possible, de la majorité des "petits individus" sont réalisées sur le terrain. Il est rappelé que ces pêches à but scientifique doivent avoir le moins d'impact possible sur les communautés présentes dans les chenaux. Le maximum d'individus viables doit être relâché à l'issue de ces pêches scientifiques.

→ Une méthode commune de sous-échantillonnage doit être définie pour limiter l'impact des prélèvements sur la survie des poissons manipulés lors de pêche abondante. Il convient de réaliser un sous-échantillonnage permettant d'obtenir des métriques représentatives de l'assemblage ichthyologique étudié.

→ Anthony STURBOIS explique qu'en cas de pêche abondante, le RNN Baie de Saint Brieuc réalise un sous-échantillonnage de la pêche totale à hauteur de 25% (le reste de la pêche est alors directement remis à l'eau).

→ Il est proposé par Sylvain DUHAMEL de mesurer la masse totale de l'échantillon et de procéder ensuite au sous-échantillonnage.

→ Sur la base de ces exemples, une méthode commune de sous-échantillonnage sera proposée et validée pour être appliquée dès la campagne 2017.

Prises accessoires (crustacés) :

La prise en compte des crustacés dans les échantillonnages n'est pas réalisée de la même façon sur l'ensemble des sites de l'étude. Un protocole d'identification et de mesures communes n'a pas été établi pour cette problématique. Ainsi, ces mesures fournissent actuellement une information qualitative qui n'est pas utilisable dans les analyses des communautés du necton (ichtyofaune et crustacés) des prés salés. Il est proposé d'abandonner ces mesures et de s'en tenir à la notification d'une présence/absence des crustacés dans les pêches.

→ Les gestionnaires souhaitent, au minimum, garder des mesures de présence/absence des crustacés. Toutefois, il est proposé que des mesures exhaustives (i.e. identification et comptage par espèce ou taxon) soient réalisées par tous les sites en 2017. Suite à leur analyse, il pourra être proposé de les considérer comme constituant un volet optionnel à part entière du protocole.

→ L'analyse des communautés de crustacés à partir des données l'Estuaire de la Seine pourrait aussi fournir une information quant à l'importance de prendre en compte les crustacés dans nos analyses et la précision à laquelle ils doivent être renseignés.

Végétation des prés salés :

Le protocole actuel ne contient pas de mesures de la végétation. Un suivi de la végétation située de part et d'autre du chenal est proposé avec pour objectif l'analyse des correspondances entre la nature de cette végétation et les données ichthyologiques collectées. Ces analyses pourront servir d'argumentaire scientifique pour appuyer et adapter les actions de gestion en vigueur (document de gestion) relatives aux prés salés (e.g. absence d'activités anthropiques ; zone fauchée ; zone pâturée). Actuellement, ce type de suivi a été testé uniquement sur les stations de la RNN Baie de l'Aiguillon.

Préalablement à cette proposition, l'échelle à laquelle cette caractérisation de la végétation doit être effectuée a été discutée. Deux échelles ont été proposées : (i) l'échelle du "bassin versant" du

chenal suivi (surface de prés salés ressuyée au moment du jusant par le chenal échantillonné) et (ii) l'échelle d'une surface de pré salé dans la zone des 20 m de part et d'autre du chenal suivi (i.e. linéaire compris entre la station de pêche et l'amont du chenal suivi).

→ Il a été mis en avant qu'une analyse de la végétation à différentes échelles renseignerait les gestionnaires sur différents aspects :

- *Echelle du bassin versant du chenal* -> choix des stations. Si une cartographie de la végétation est disponible, cette cartographie sera suffisante pour le choix des stations.
- *Echelle du chenal*. La surface proposée de 20 m de chaque côté du chenal de la station de pêche à l'amont du chenal n'est pas retenue car elle n'apparaît pas adaptée aux problématiques de caractérisation de la végétation. Il est proposé de s'en tenir à la végétation proche du chenal (e.g. berges jusqu'au talus s'il est présent) et à la végétation des banquettes (les banquettes sont des zones d'éboulis situées entre le fond du chenal et la berge du pré salé où la végétation peut différer de celle de la berge du pré salé) -> cette échelle d'analyse permettra de caractériser de la végétation en relation avec les proies potentielles. Il est souhaité que la priorité soit mise sur la végétation aux abords du chenal suivi.

Quatre mesures de végétation, basées sur des travaux similaires de caractérisation de la végétation (Rapport RNF-LiCCo volet avifaune octobre 2014), ont été proposées :

- Recouvrement de la végétation (5 classes d'après la classification Braun-Blanquet)
- Hauteur de la végétation (4 classes)
- Identification des espèces majoritaires et leur pourcentage de recouvrement (5 classes d'après la classification Braun-Blanquet)
- Présence d'une roselière sur les berges du chenal

Il est proposé de réaliser ces mesures de végétation dans des quadrats (la taille et le nombre de quadrat restent à déterminer). Une photographie de chaque quadrat sera demandée afin de pouvoir retrouver ces informations.

→ La proposition de ces mesures de végétation n'est pas réfutée. Il est toutefois proposé de contacter des botanistes s'intéressant aux prés salés pour nous orienter sur les matériels et méthodes à mettre en œuvre. Ces scientifiques seront contactés par le biais d'Alexandre CARPENTIER.

→ 4 gestionnaires se sont proposés pour réaliser les mesures de végétation mise en œuvre par l'équipe de la RNN Baie de l'Aiguillon au cours de la campagne de 2017 : RNN Baie de l'Aiguillon (Emmanuel JOYEUX), RNN Baie de Saint Briec (Anthony STURBOIS), Baie du Mont Saint Michel (Alexandre CARPENTIER) et CdL Marais de Mortagne (Thomas HERAULT). Ces mesures consistent à déterminer le pourcentage de recouvrement de chaque espèce aux abords du chenal, de l'amont à l'aval du chenal suivi (berges et banquettes).

▪ **Volet optionnel – contenus stomacaux**

Les analyses de contenus stomacaux ne concernent que quelques espèces de poissons, choisies selon les critères d'abondance et de distribution intersites. Elles ont été conduites sur 4 sites : l'Estuaire de la Seine, la RNN Baie de Saint Briec, la RNN Baie de l'Aiguillon et la RNN Prés salés d'Arès et de Lège-Cap Ferret. Ces sites se sont focalisés sur l'alimentation d'une espèce colonisant les chenaux des prés salés essentiellement au stade juvénile : le bar européen, *Dicentrarchus labrax*. Cette espèce a été choisie car elle est présente en forte abondance dans la plupart des sites d'étude et fait l'objet d'un intérêt halieutique. Par ailleurs, la RNN Baie de Saint Briec a ajouté une espèce résidente des chenaux de prés salés à ce volet : le gobie tacheté, *Pomatoschistus microps*.

Ces deux espèces sont les espèces les plus représentées dans les pêches de l'ensemble des sites. Il convient donc de choisir en priorité ces deux espèces pour les sites souhaitant réaliser des contenus stomacaux.

→ Parmi les volets optionnels, il est acté que le volet sur les contenus stomacaux est le plus prioritaire.

▪ **Volet optionnel – population d'amphipodes et communauté d'arthropodes du pré salé**

Le suivi des proies potentielles présentes dans le pré salé cible principalement la population d'amphipodes car ce taxon est le plus prédaté par l'ichtyofaune (Laffaille *et al.*, 2001). Le dispositif de capture actuel consiste à mettre en place un piège Barber aux quatre coins d'un carré de 10 m de côté. Répliqué sur trois stations, chaque dispositif (carré de 4 pièges Barber) est placé à une distance de 5 m du bord du chenal d'échantillonnage de l'ichtyofaune. Ces pièges sont activés au moins une fois par an (en mai) pendant 3 jours consécutifs.

In fine, ce dispositif permet de calculer la biomasse surfacique des amphipodes. Pour la communauté d'arthropodes, le matériel collecté dans les pièges Barber, pourra permettre d'établir une liste des taxons piégés. L'ensemble de ces résultats sera à relier aux données issues de l'analyse des contenus stomacaux et permettra d'établir d'éventuelles correspondances.

→ Julien PETILLON précise que des analyses scientifiques ont prouvé la bonne capturabilité de ces engins pour les populations d'amphipodes. Ces captures sont donc un bon proxy de la disponibilité d'amphipodes qui constituent le taxon dominant les assemblages d'arthropodes dans le pré salé.

Julien PETILLON signale qu'une fois capturés, les individus peuvent être stockés pour des analyses ultérieures.

→ L'utilité de ce volet optionnel est intimement liée à la présence de proie terrestre dans les contenus stomacaux et ainsi faire le lien entre les proies consommées et les proies disponibles.

▪ **Volet optionnel – communauté de zooplancton**

Les proies potentielles présentes dans la colonne d'eau des chenaux sont étudiées à travers l'analyse de la communauté de zooplancton. Le protocole proposé consiste à mettre en pêche un filet à plancton (maille 300 µm, diamètre 25 cm et longueur 70 cm) devant les autres filets. Le temps de pêche est le même que pour les autres filets. Le nombre de relève dépend de la densité des captures et n'est pas fixé à l'heure actuelle. Au minimum, une relève sera effectuée en milieu de pêche.

Christine DUPUY (Chercheuse, UMR LIENSs) a été invitée à ce groupe de travail pour nous orienter sur la réalisation des échantillonnages de zooplancton.

→ Christine DUPUY identifie tout d'abord un problème dans la taille de la maille du filet à zooplancton. Une maille de 300 µm n'est pas conventionnelle pour les prélèvements de zooplancton, la maille à utiliser est de 200 µm. Concernant les autres caractéristiques du filet, elles sont à adapter en fonction de la taille du chenal.

Christine DUPUY propose d'envoyer les références et le prix du modèle que son équipe utilise pour des échantillonnages similaires.

→ Lors de la mise en pêche, le positionnement du filet dans la colonne d'eau est à adapter en fonction des stratégies d'alimentation des espèces de poisson que l'on examine. Il est choisi par le groupe de travail de maintenir la position du filet à mi-hauteur de la colonne d'eau au vue des stratégies d'alimentation du bar européen et du gobie tacheté.

▪ **Volet optionnel – autres mesures des proies potentielles**

- Il est mis en avant qu'il n'est pas prévu de conduire une analyse de la communauté benthique bien que ce compartiment fasse partie des proies ingérées par l'ichtyofaune dans les chenaux des prés salés.
- Il semble en effet difficile de suivre l'ensemble des compartiments biologiques correspondant aux proies potentielles des poissons, au risque de trop complexifier le protocole actuellement défini, d'autant que l'analyse des contenus stomacaux offre une information directe sur les proies réellement consommées par les poissons.
- Il est, par ailleurs, proposé d'ajouter des mesures des isotopes stables du carbone et de l'azote dans les muscles des poissons pour lesquels des analyses de contenus stomacaux sont réalisées. Ces analyses complémentaires renseignent sur l'intégration et la part des proies du pré salé dans l'alimentation des poissons à une échelle de temps plus intégrative que la mesure des contenus stomacaux.

Discussion et prises de décision :

- Il est évoqué la nécessité d'identifier le temps de travail nécessaire à la réalisation de chaque volet du protocole proposé. Emmanuel JOYEUX se propose pour examiner cette problématique.
- Il est proposé qu'Emilie LE LUHERNE contacte individuellement les gestionnaires de site pour avoir une vue globale des volets optionnels prévus d'être réalisés dans chaque site pour la campagne de 2017.
- Le choix des stations sera conduit en fonction des caractéristiques des chenaux comme précédemment pour que les engins puissent être pêchant à des coefficients [70-90]. Le choix d'au moins une station comparable entre les sites est validé par le groupe de travail.
- Une méthode commune de sous-échantillonnage des poissons lors de pêches abondantes est à définir pour la campagne de 2017.
- Il est proposé que des mesures exhaustives des crustacés (i.e. identification et comptage par espèce ou taxon) soient réalisées par tous les sites en 2017. Le devenir de ces mesures sera établi suite à l'analyse des données issues de la campagne 2017.
- Deux échelles de mesures de la végétation ont été validées. *L'échelle du bassin versant* est approuvée pour établir le choix des stations d'échantillonnage. *L'échelle du chenal* (berges et banquettes) est adoptée pour le suivi de la végétation en relation avec les proies potentielles terrestres.
- 4 gestionnaires se sont proposés pour réaliser les mesures de végétation mise en œuvre par l'équipe de la RNN Baie de l'Aiguillon au cours de la campagne de 2017 : RNN Baie de l'Aiguillon (Emmanuel JOYEUX), RNN Baie de Saint Brieuc (Anthony STURBOIS), Baie du Mont Saint Michel (Alexandre CARPENTIER) et CdL Marais de Mortagne (Thomas HERAULT).
- Il est acté que le volet sur les contenus stomacaux est le plus prioritaire à mettre en œuvre dans les sites de l'étude parmi les volets optionnels identifiés.
- Christine DUPUY propose d'envoyer les références et le prix du modèle du filet à zooplancton que son équipe utilise pour des échantillonnages similaires.
- Il est proposé qu'un groupe de travail se réunisse avant les campagnes de mai 2017 pour valider les différents volets du protocole et leur mise en œuvre. Des fiches de terrain et de laboratoire communes seront réalisées et fournies à l'ensemble des sites pour la campagne de 2017. Il est aussi proposé de mettre en place et de diffuser un fichier Excel type pour la saisie des données.

3- Réflexion et choix des thématiques à tester et des jeux de données disponibles correspondant visant à définir l'effort d'échantillonnage commun

Des analyses statistiques sur le protocole actuel vont être menées par Emilie LE LUHERNE (CDD RNF) en collaboration avec Aurélien BESNARD (CEFE). Ces analyses visent à améliorer le protocole actuel pour que le choix des métriques et l'effort d'échantillonnage soient adaptés au mieux pour répondre aux questions communes de gestion. Les différentes thématiques seront analysées par des tests de puissance à partir des jeux de données disponibles correspondant (Tableau 2 et 3).

Tableau 2 : Analyses statistiques à mener, relatives au "socle commun" du protocole d'échantillonnage

Thématique à tester	Jeu de données
Nombre de station par site ?	Estuaire de la Seine + RNN Baie de l'Aiguillon
Y-a-t-il une cinétique des assemblages de poissons pendant le temps de pêche (lors de la descente du chenal accessoire) ? -> Effet du nombre de relèves au cours d'une pêche sur la représentativité des assemblages de poissons capturés?	RNN Baie de Saint Brieuc + RNN Baie de l'Aiguillon
Nombre de relève minimum à réaliser par station ?	
Fréquence intra annuelle des campagnes d'échantillonnage ? Quel(s) mois faut-il réaliser l'échantillonnage ? (actuellement : mai, juillet, sept)	Toutes les bases de 2015 + Estuaire de la Seine (2003)
Fréquence interannuelle des campagnes d'échantillonnage ?	Estuaire de la Seine
Nombre de réplicats de mesure physico-chimique par pêche ?	RNN Baie de Saint Brieuc
Nombre d'individu/ espèce à mesurer/ relève (ou pêche) pour avoir une bonne représentation des classes de tailles présentes ?	RNN Baie de Saint Brieuc + RNN Baie de l'Aiguillon + Estuaire de la Seine

Tableau 3 : Analyses statistiques à mener, relatives aux "volets optionnels" du protocole d'échantillonnage

Volet optionnel	Thématique à tester	Jeu de données
Contenus stomacaux	Nombre d'individu (contenus stomacaux) / relève (ou pêche) pour avoir une bonne représentation des bols alimentaires ?	RNN Baie de Saint Brieuc + RNN Prés salés d'Arès et de Lège-Cap Ferret
Communauté d'arthropode	Nombre de réplicats de piège Barber pour avoir une bonne représentativité de la communauté d'arthropodes du pré salé ?	RNN Baie de Saint Brieuc
	Fréquence intra annuelle des échantillonnages Barber ?	RNN Baie de Saint Brieuc
Communauté du zooplancton	Effet du nombre de relève sur la représentativité de la communauté de zooplancton ?	RNN Baie de Saint Brieuc

Discussion et prises de décision :

- L'ensemble des thématiques à tester est validé par le groupe de travail.
- Emmanuel JOYEUX indique que la RNN Baie de l'Aiguillon possède des jeux de données concernant les populations d'arthropodes qu'elle pourra fournir.

4- Points divers

- Un aparté aux ordres du jour a été effectué pour exposer une question concernant la demande d'autorisation de pêches scientifiques aux DIRMs. Cet aparté propose aux sites de se réunir par façade pour effectuer leurs demandes d'autorisation de pêche scientifique. Les sites peuvent se réunir comme proposé ci-dessous :
 - **DIRM Manche Est – Mer du Nord** : Estuaire de la Seine, Baie de l'Orne, Baie des Veys, Havre de la Sienne et Baie du Mont Saint Michel
 - **DIRM de la Mer Nord Atlantique – Manche Ouest** : RNN Baie de Saint Briec, RNN Marais de Séné, RNN Baie de l'Aiguillon (partie Vendée), RNN Moëze-Oléron
 - **DIRM Sud Atlantique** : RNN Baie de l'Aiguillon (partie Charente-Maritime), CdL Marais de Mortagne, RNN Prés salés d'Arès et de Lège Cap-Ferret
- Planification des étapes de travail du CDD

