



Environnement et Ressources des Milieux Marins Aquitains



Programme régional

Environnement et ressources des milieux marins aquitains

RAPPORT D'ACTIVITÉ 2018



Décembre 2018

PROGRAMME REGIONAL ENVIRONNEMENT ET RESSOURCES DES MILIEUX MARINS AQUITAINS

Le Programme régional « Environnement et Ressources des Milieux Marins Aquitains » constitue une démarche inter organismes et pluridisciplinaire comptant actuellement **douze** principaux participants :



Avec le partenariat de :



Rapport d'activité période 2016 - 2018

Rédacteurs :

Castège Iker (CMB), Milon Emilie (CMB), Bolling Laurence (CMB).

Participants en 2016 :

Soulier Laurent (IMA), Lalanne Yann (UFR Côte Basque), D'Amico Frank (UPPA), Fossecave Pascale (IMA), Bru Noëlle (UPPA), d'Elbée Jean (LAPHY), Arraud Allison (CMB), Cochard Justine (CMB), Decourteille Virgil (CMB), Foulon Marlène (CMB), Mandart Marie (CMB), Riem-Galliano Louna (CMB), Valerdi Jean-Baptiste (CMB).

Participants en 2017 :

Soulier Laurent (IMA), D'Amico Frank (UPPA), d'Elbée Jean (LAPHY), Lalanne Yann (UFR Côte Basque), Cochard Justine (CMB), Deroyer Kévin (CMB), Duran Laura (CMB), Frostin Alexis (CMB), Goanec Vincent (CMB), Lledo Marion (CMB), Salerno Manon (CMB).

Participants en 2018 :

Soulier Laurent (IMA), Lalanne Yann (UFR Côte Basque), D'Amico Frank (UPPA), d'Elbée Jean (LAPHY), Monperrus Mathilde (UPPA), Billaud Lydie (CMB), Hensen Zoé (CMB), Labourgade Pierre (CMB), Lajournade-Colin Baptiste (CMB), Panarotto Thomas (CMB), Patry Marie (CMB), Rouchon Justine (CMB), Sarran Charlie (CMB), Surand Nastasia (CMB).

Moyens techniques en mer :

Gendarmerie Maritime (Vedette « Adour »)

JIFMAR (« JIF Surveyor » et « JIF patrol »)

Marine Nationale (Vedette « Aramis » et Vedette « Athos », Bayonne),

Douanes Françaises (Vedette « Haïze Hegoa », Bayonne),

Site internet : www.ermma.fr

Contact :

Iker Castège (Directeur)

CENTRE DE LA MER DE BIARRITZ

Plateau de la Petite Atalaye

64200 - Biarritz

tél. : 05.59.22.33.34

contact@ermma.fr

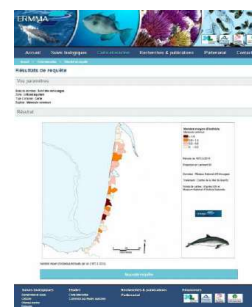
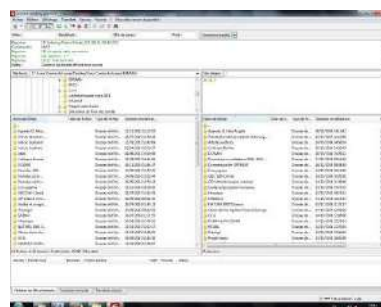
SOMMAIRE

Introduction.....	6
-------------------	---

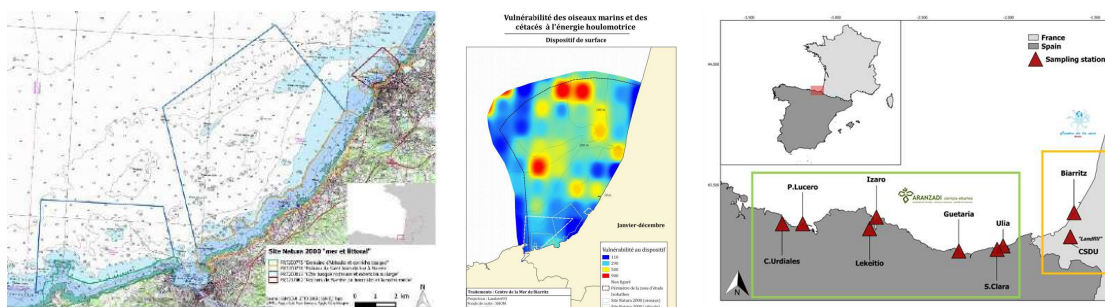
A. Suivis biologiques.....	9
A-1. Suivi des oiseaux en mer	12
A-2. Suivi des oiseaux marins nicheurs	14
A-3. Suivi des cétacés en mer	18
A-4. Suivi des échouages	19
A-5. Peuplements benthiques de substrats rocheux	21
A-6. Peuplements benthiques de substrats sablo-vaseux	24
A-7. Suivi de l'ichtyofaune	28
A-8. Suivi des données planctoniques	31



B. La gestion des données	32
B-1. La métabase de données	34
B-2. Interfaces de gestion des données.....	36



C. Applications et expertises	37
C-1. Actualisation de la répartition des oiseaux marins et cétacés en Aquitaine	39
C-2. Projet BIGORNO	41
C-3. Études dans le cadre du projet sur les Énergies Marines Renouvelables.....	42
C-4. Implication dans la démarche Natura 2000 en Nouvelle-Aquitaine.....	43
C-5. Projet MICROPOLIT	44
C-6. Implication dans la démarche régionale AcclimaTerra	46
C-7. Étude sur l'adaptation du plan lumière sur le littoral de Biarritz	47
C-8. Sciences participatives	49
C-9. Expertises diverses	50



D. Communication des résultats.....	54
D-1. Publications.....	55
D-2. Manifestations	58
D-3. Reportages et interview.....	61
D-4. Communication sur internet.....	63



Conclusion	64
-------------------------	-----------

Annexes.....	64
---------------------	-----------

Introduction



Le programme ERMMA (Environnement et Ressources des Milieux Marins Aquitains), créé en 2004 et porté par le Centre de la Mer de Biarritz, est un programme pluridisciplinaire régional qui a pour objectifs le suivi et la compréhension de l'évolution de la biodiversité marine en Nouvelle-Aquitaine.

Ainsi, **12 organismes** publics, privés et associatifs étudiant le milieu marin, travaillent ensemble pour collecter et analyser des données.

- ❖ Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN)
- ❖ Le Centre de la Mer de Biarritz
- ❖ L'Université de Pau et des Pays de l'Adour (UPPA)
- ❖ L'Institut des Milieux Aquatiques (IMA)
- ❖ L'Aquarium de Biarritz
- ❖ La Marine Nationale
- ❖ La Gendarmerie maritime
- ❖ Les Douanes françaises
- ❖ Les Affaires Maritimes
- ❖ Le Comité Régional des Pêches Maritimes et des Élevages Marins (CRPMEM)
- ❖ Météo France
- ❖ Le Laboratoire de Prélèvements Hydrobiologiques (LAPHY)

Ce programme est actuellement soutenu par quatre partenaires que sont les départements des Landes et des Pyrénées Atlantiques, le Conseil Régional de la Nouvelle-Aquitaine et l'Observatoire de la Côte Aquitaine.

Au-delà de la complémentarité et de la diversité des partenaires qui permettent d'en faire un programme pluridisciplinaire, ce programme possède deux principaux atouts :

- des suivis standardisés qui étudient les principaux maillons des chaînes alimentaires (cétacés, oiseaux marins, poissons, peuplements benthiques, plancton...)
- une antériorité et une pérennité des suivis menés, qui sont essentielles pour étudier l'évolution des écosystèmes et les causes de leur changement (aménagement du littoral, évolutions naturelles, changement climatique, pollutions...), afin d'en assurer une meilleure gestion.

Ainsi, le programme ERMMA conduit à l'acquisition de données qui, une fois validées, intègrent une métabase de données et participent à la mise à jour de la carte interactive du programme accessible au public sur son site internet (www.ermma.fr). D'autre part, ces données contribuent au développement du volet « Patrimoine et environnement côtier » de l'Observatoire de la Côte Aquitaine.

D'un point de vue plus général, la communication des résultats et études du programme se fait au travers de publications scientifiques, de posters, de colloques et d'intervention auprès du public comme dans les médias.

Les actions du programme ERMMA sont développées selon quatre axes : les **suivis biologiques**, la **gestion et l'analyse des données collectées**, la réalisation d'**expertises écologiques** et la **communication des résultats** à la communauté scientifique et au grand public.

Au cours des trois dernières années, de nouvelles études ont été menées, en particulier autour de la thématique des énergies marines renouvelables, des micropolluants (projet MICROPOLIT) ou encore sur la poursuite des différentes Aires Marines Protégées (AMP, Natura 2000 en mer) de la Nouvelle-Aquitaine. Ces trois années ont été ponctuées par de multiples conférences, colloques scientifiques et articles scientifiques comme médiatiques valorisant les données et recherches du programme ERMMA.

Enfin, l'année 2018 s'est conclue sur la **publication de l'atlas des Oiseaux marins et cétacés du Sud Gascogne aux éditions du Muséum National d'Histoire Naturelle**. Cet ouvrage fait suite à celui publié en 2009 et illustre les évolutions des populations marines du sud Gascogne. Il s'agit d'une concrétisation très importante des travaux menés dans le cadre du programme ERMMA qui a été largement diffusé parmi les partenaires et les réseaux d'experts.

A. Suivis biologiques



- 11 > Suivis des oiseaux en mer
- 13 > Suivis des oiseaux marins nicheurs
- 17 > Suivis des cétacés en mer
- 18 > Suivis des échouages
- 20 > Peuplement benthique de substrat rocheux
- 23 > Peuplement benthique de substrat sablo-vaseux
- 27 > Suivi de l'ichtyofaune
- 30 > Suivi des données planctoniques

Le recueil de données biologiques sur le long-terme constitue le cœur du programme ERMMA. Ces suivis qui prennent en compte les principaux maillons des chaînes alimentaires (Figure 1), englobent 8 indicateurs dans les eaux du sud du golfe du Gascogne (Tableau 1). Certaines de ces informations participent à l'Observatoire de la Côte Aquitaine : suivis benthiques (département 64 et 40), données sur les échouages et relevés en mer sur les oiseaux marins et terrestres.

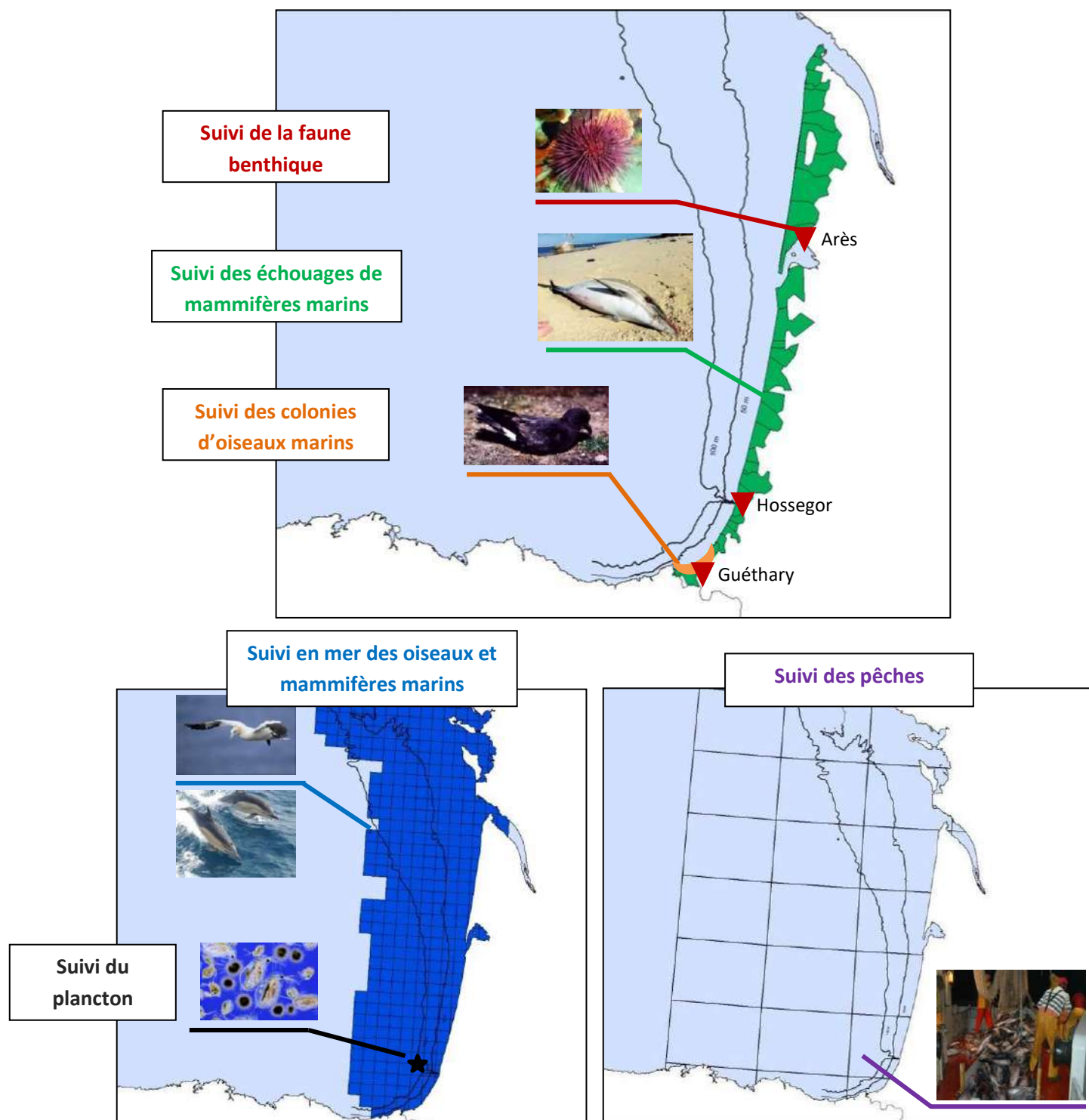


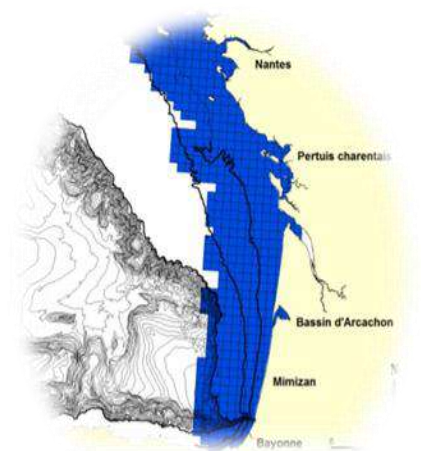
Figure 1 : Localisation géographique des suivis biologiques standardisés menés et fédérés par le programme ERMMA selon leur place dans les chaînes alimentaires.

INDICATEURS	LOCALISATION	METHODE	ORGANISMES COLLECTEURS
<i>Oiseaux marins</i>	Golfe de Gascogne	Transects en mer sur les Garde-côtes	CMB, MNHN, UPPA, LAPHY
<i>Goéland leucophée</i>	Littoral basque (Biarritz – Hendaye)	Comptage par tranche horaire sur différents sites	CMB, UPPA
	(Saint-Pée-sur Nivelle)		
<i>Cétacés en mer</i>	Golfe de Gascogne	Transects en mer sur les Garde-côtes	CMB, MNHN, UPPA, LAPHY
<i>Suivi des échouages</i>	Littoral aquitain	Recensement des animaux échoués	RNE – CRMM et ses acteurs locaux dont Aquarium Biarritz, IMA, GEFMA, ONCFS
<i>Poissons</i>	Aquitaine	Fiches de pêche	CRPMEM, IMA
<i>Biocénose benthique en milieu sableux</i>	Lac marin Hossegor	Quadrats et transects de recensement	CMB, IMA
	Réserve Naturelle Nationale des prés salés d'Arès / Lège Cap-Ferret	Quadrats et transects de recensement	CMB, IMA, RNN d'Arès
<i>Biocénose benthique en milieu rocheux</i>	Estran Guéthary et du Basta	Quadrats de recensement	CMB, Aquarium de Biarritz
<i>Poissons démersaux</i>	Socoa	Sennes	Aquarium de Biarritz

CMB = Centre de la Mer de Biarritz, CRMM = Centre de Recherche sur les Mammifères Marins, GEFMA = Groupe d'Etude de la Faune Marine Atlantique, CRPMEM = Comité Régional des Pêches Maritimes et des Élevages Marins, IMA = Institut des Milieux Aquatiques, LAPHY = Laboratoire de Prélèvements Hydrobiologiques, MNHN = Muséum National d'Histoire Naturelle, RNE = Réseau National d'Echouages, ONCFS = Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage, UPPA=Université de Pau et des Pays de l'Adour (UFR Sciences et Techniques d'Anglet, Département d'Ecologie), CSDU=Centre de Stockage des Déchets Ultime.

Tableau 1 : Indicateurs biologiques, aire d'échantillonnage, méthodologie standardisée et partenaires ou organismes collecteurs impliqués dans les suivis biologiques menés ou fédérés dans le cadre du programme ERMMA de 2016 à 2018.

A-1. Suivi des oiseaux en mer



Mise en place : 1976

Participants : Centre de la Mer de Biarritz

Partenaires actuels : Gendarmerie Maritime

Secteur : Sud du golfe de Gascogne

Calendrier d'échantillonnage : de janvier à décembre

A-1 a. Présentation du protocole

Le Centre de la Mer de Biarritz réalise chaque mois le suivi des populations d'oiseaux marins et de cétacés, à l'aide d'un protocole initié en 1976 par le Muséum National d'Histoire Naturelle. La standardisation du procédé est identique depuis 1976 ce qui permet la comparaison des données et le suivi de ces populations au fil des ans. De plus, le protocole a été validé de nombreuses fois lors de publications d'articles dans des revues spécialisées internationales soumises à comité de lecture scientifique.

Chaque mois les équipes de biologistes embarquent sur les vedettes des Garde-Côtes, en l'occurrence depuis 2017 avec l'« Adour » P603 de la Gendarmerie Maritime afin de réaliser des relevés en mer (Figure 2). Ce partenariat favorise la mutualisation des moyens lourds en mer dans le cadre de la récolte des données. Il permet de plus une pression d'observation plus particulière sur le littoral néo-aquitain. Des partenaires privés (JIFMAR) ont été sollicités dans le cadre de campagnes dédiées en 2018.

Après validation et traitement, ces données permettent notamment de réaliser des cartographies de l'abondance et de définir les zones biologiquement sensibles pour ces espèces.

Les espèces d'oiseaux marins et de cétacés fréquentant le golfe de Gascogne appartiennent à divers niveaux de directives et conventions de protection signées par la France. Ainsi, ce suivi participe à la définition, le diagnostic écologique et la gestion des Aires Marines Protégées (AMP).



Figure 2 : Exemple de moyens mobilisés pour le recueil des données en mer : vedette de la Gendarmerie maritime (« Adour » P603) et observateurs embarqués.

A-1 b. Echantillonnage en 2016, 2017 et 2018

. Depuis 2017, le programme ERMMA est fier d'accueillir au sein de ses partenaires la **Gendarmerie Maritime d'Anglet**. Cette nouvelle collaboration permet de poursuivre le suivi en mer dans des conditions similaires (taille et aspect du navire, vitesse, point d'observation en hauteur etc.)

Ces trois dernières années, **8 640 relevés standardisés** ont été effectués, dont **2 906 observations d'oiseaux** (Figure 3).

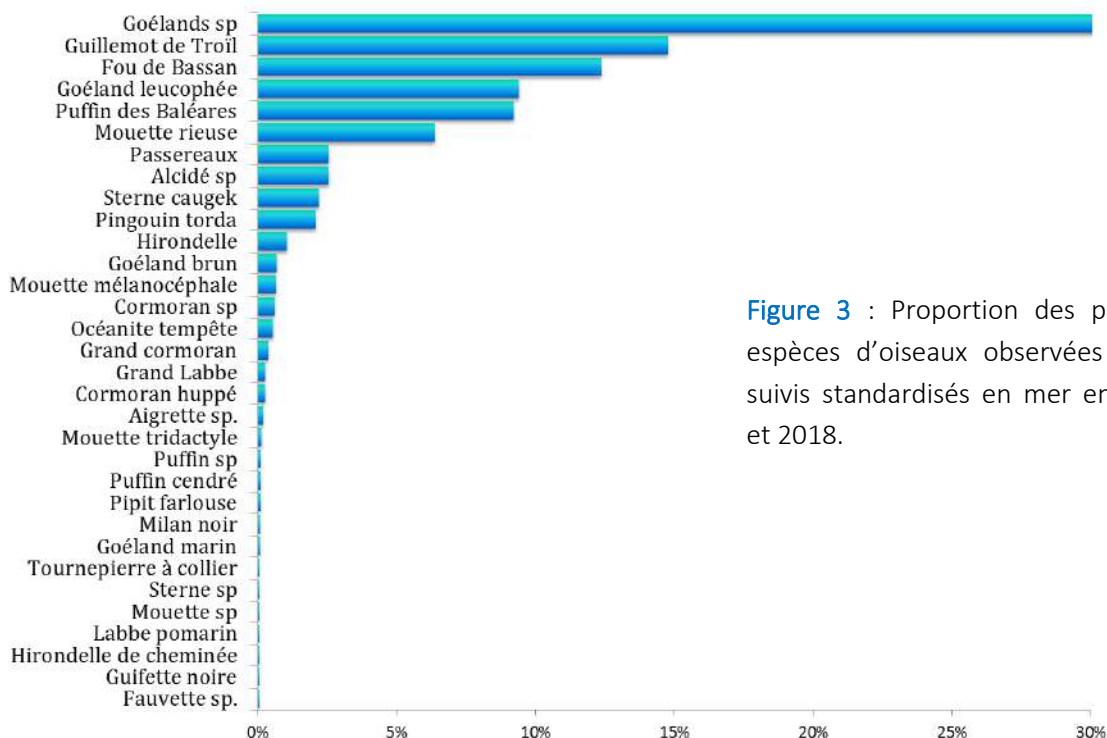


Figure 3 : Proportion des principales espèces d'oiseaux observées lors des suivis standardisés en mer entre 2016 et 2018.

À la fin de l'été 2017, de très fortes concentrations en Puffin des Baléares (*Puffinus mauretanicus*) ont été observées au large du sud du golfe de Gascogne (Figure 4). Cette espèce menacée est endémique des îles des Baléares mais sa venue dans nos eaux est fréquente.



Figure 4 : Principales espèces d'oiseaux marins observées en mer en 2016, 2017 et 2018, de gauche à droite : Guillemot de Troil (*Uria aalge*), Puffin des Baléares (*Puffinus mauretanicus*) et Fou de Bassan (*Morus bassanus*).

A-2. Suivi des oiseaux marins nicheurs



Mise en place : 1972 (Océanite tempête) et 2005 (Goéland leucophée)

Participants : Centre de la Mer de Biarritz, UPPA

Partenaires actuels : Centre de Stockage de Déchets Ultimes / Saint-Pée-sur-Nivelle

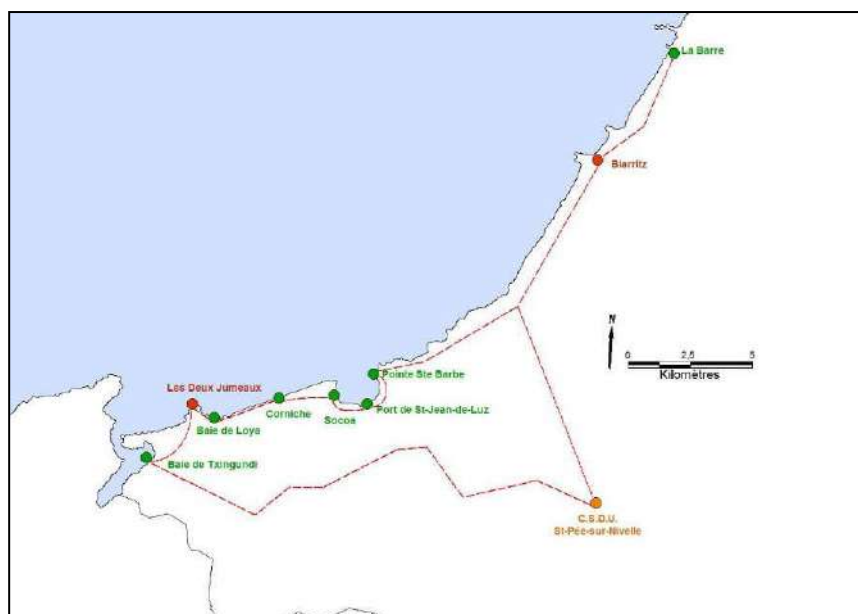
Secteur : Côte Basque

Calendrier d'échantillonnage : Goéland leucophée de janvier à décembre – Océanite tempête juillet et août.

A-2 a. Présentation du protocole

Le suivi des Goélands leucophée sur la côte basque a été initié par le programme ERMMA dès le début de la colonisation à Biarritz en 2005. L'objectif est de connaître la répartition spatiale et temporelle des individus sédentaires et migrateurs sur la côte basque tout au long du cycle annuel (recensement, comportements, cartographie sous SIG). Connaître les modalités d'exploitation des ressources du milieu permet d'appréhender les causes de cette récente colonisation afin de proposer, le cas échéant, des mesures de gestion.

Les comptages sont réalisés durant tout le cycle annuel avec une plus forte pression d'observation en période de reproduction (mars-juin) ainsi qu'en période hivernale (octobre-février) sur l'ensemble de la côte basque. Le protocole permet ainsi de suivre à la fois les individus reproducteurs et sédentaires et à la fois les renforts d'effectifs en période inter nuptiale. Il est alors possible de caractériser l'utilisation du secteur par l'espèce. Le protocole standardisé prend en compte un circuit qui englobe les trois principaux sites utilisés par l'espèce pour s'y reproduire ou s'y alimenter (Figure 5).



Les Deux Jumeaux



Zaluaga Bi



Nid sur la Roche Ronde

Figure 5 : Circuit d'observation des populations de Goéland leucophée (*Larus michahellis*) sur la côte basque (en rouge les deux colonies, en orange le site d'alimentation de « Zaluaga Bi » et en vert les sites de repos habituels).

A-2 b. Echantillonnage en 2016, 2017 et 2018 : le Goéland leucophée

Un dénombrement exhaustif des nids de Goéland leucophée en 2017 directement sur le rocher de la Roche Ronde a permis de mettre en évidence une sous-estimation de l'ordre d'une dizaine de nids les années précédentes. Ainsi, le nombre de nids de cette espèce sur le littoral biarrot avoisine la soixantaine (Figure 6). Une dizaine de sites (rochers, falaises...) sont actuellement utilisés pour nicher sur Biarritz avec au moins un à deux nids identifiés en milieu urbain.

Les données des espèces nicheuses du littoral basque alimentent le recensement national des oiseaux marins nicheurs de France, mené sous la coordination du GISOM (Groupement d'Intérêt Scientifique Oiseaux Marins) et participent également depuis 2017 à la stratégie d'échantillonnage des colonies d'oiseaux marins du littoral de France métropolitaine (projet STRATECH) dans le cadre du programme de surveillance (PdS) de la Directive cadre stratégie pour le milieu marin (DCSMM).

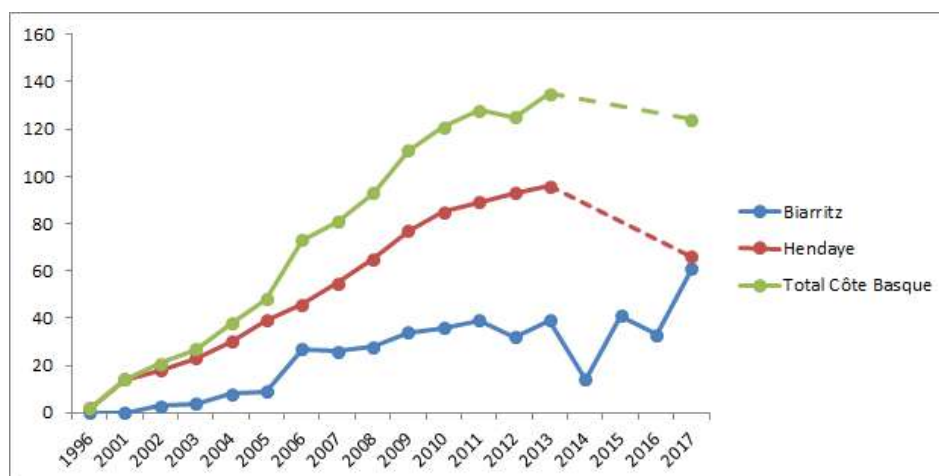


Figure 6 : Evolution du nombre de couples reproducteurs sur l'ensemble de la Côte basque.

En 2017, une étude préliminaire sur le régime alimentaire du Goéland leucophée a été initiée. Des pelotes de réjections ont été collectées sur les colonies et sur le Centre de Stockage des Déchets Ultimes (C.S.D.U.) de Zaluaga Bi à Saint-Pée-sur-Nivelle (Figure 7). Les premiers résultats montrent la part importante d'aliments terrestres (50% sur la colonie), dont la majorité provient des rejets humains. Sur le C.S.D.U. la moitié des échantillons contenaient de véritables déchets (papier, verre...), non comestibles donc, qui peuvent nuire aux goélands.



Figure 7 : Prélèvement de pelotes de réjection de Goéland leucophée au C.S.D.U. (à gauche) et analyse des échantillons sous binoculaire (à droite).

En 2018, une étude en collaboration avec l'université de Pau et des Pays de l'Adour dans le cadre du projet MICROPOLIT s'est intéressée à la présence de micropolluants et de mercure dans les plumes de Goéland leucophée, considéré comme une espèce indicatrice de l'état de santé du littoral basque pour ce projet (voir section C-5).

Ainsi, des plumes ont été collectées sur les colonies de reproduction de Biarritz mais aussi de la côte basque espagnole en collaboration avec la Société des Sciences Aranzadi et ont permis d'obtenir des informations complémentaires sur le régime alimentaire des poussins, ainsi que sur les quantités de mercure et de pharmaceutiques détectables chez les individus sédentaires de la côte basque. Les premiers résultats font apparaître des proportions de micropolluants différentes en fonction des colonies. Un lien avec le régime alimentaire, notamment la proximité des ports et des décharges, est envisagé et demandera davantage de recherches.

Le suivi hivernal de la population de Goéland leucophée s'est poursuivi en 2016, 2017 et 2018. Les effectifs sur la côte basque, renforcés par des migrateurs, sont évalués, de même que l'efficacité des actions d'effarouchement mises en place depuis 2013 sur le Centre de Stockage des Déchets Ultimes (C.S.D.U.) de Zaluaga Bi à Saint-Pée-sur-Nivelle.

Les diverses analyses réalisées durant ces trois années s'accordent pour montrer une diminution significative des effectifs sur le site du C.S.D.U. (Figure 8a) et souligner l'efficacité de l'effarouchement en fonction des techniques. Les évolutions sur le littoral biarrot sont moins évidentes et demandent encore un peu de recul temporel pour évaluer un impact de l'effarouchement. Le site de Biarritz reste néanmoins une zone préférentielle pour les goélands qui s'y répartissent très largement durant la période hivernale (Figure 8b).

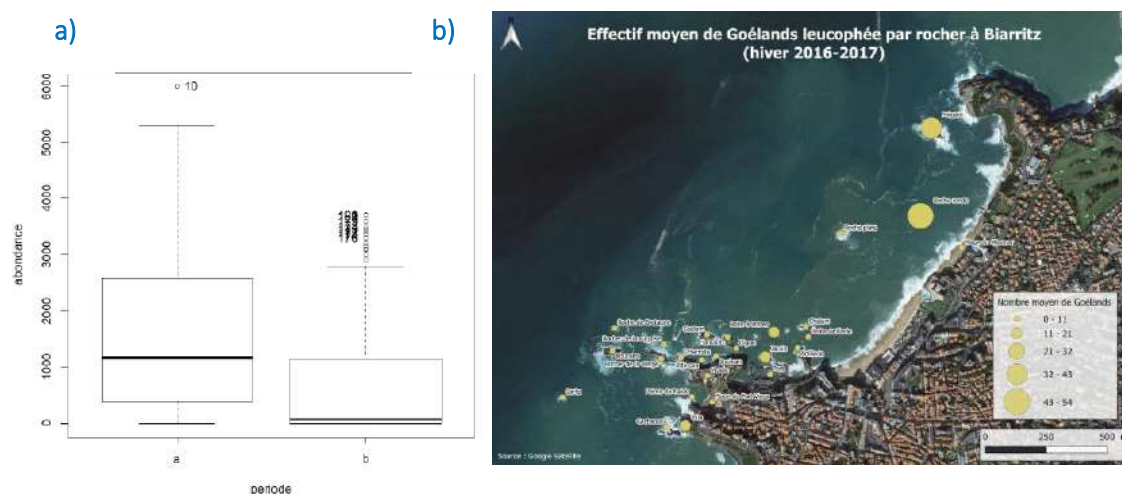


Figure 8 : Exemples de résultats obtenus lors des suivis hivernaux des Goélands leucophées (*Larus michahellis*) a) Evolution des effectifs de Goélands leucophées hivernants au CSDU, avant la mise en place des actions d'effarouchements (période a : 2009-2012) et après (période b : 2013, 2014, 2016, 2017, 2018) et b) Répartition spatiale des goélands représentée par le nombre moyen d'individus sur l'ensemble des comptages (hiver 2016-2017)

L'efficacité des actions d'effarouchement mesurée grâce à un indice spécifique, indiquait des réactions très fortes des Goélands aux différents dispositifs en 2013 et 2014, en particulier à la combinaison fusée et cris d'alerte. Aucune accoutumance n'est détectée puisque les dispositifs combinés obtiennent encore de très bons résultats.

Suivi des colonies d'Océanite tempête (*Hydrobates pelagicus*)

En dépit de l'absence de nids depuis plusieurs années sur le rocher du Bouccalot à Biarritz, le suivi est maintenu. Les cavités sont explorées chaque année car des traces sont encore observées ponctuellement. La biologie de l'Océanite tempête lui permet de ne pas se reproduire tous les ans lorsque les conditions environnementales ne sont pas favorables. Rappelons que cette espèce listée à l'Annexe I de la Directive Oiseaux est ainsi concernée par le DOCOB du site Natura 2000 « Rochers de Biarritz : le Bouccalot et la Roche ronde ».

La surveillance se poursuit donc, l'absence de ces oiseaux étant aussi une donnée en soi. De plus, il n'est pas exclu que le site soit colonisé par une autre espèce de procellariiformes nichant dans des cavités (singulièrement les Puffins).



A-3. Suivi des cétacés en mer

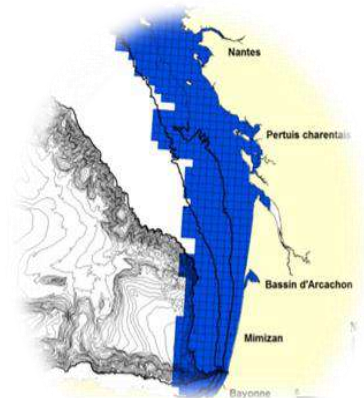
Mise en place : 1976

Participants : Centre de la Mer de Biarritz

Partenaires actuels : Gendarmerie maritime

Secteur : Sud du golfe de Gascogne

Calendrier d'échantillonnage : de janvier à décembre



A-3 a. Présentation du protocole

En haut des chaînes alimentaires, les cétacés renseignent sur l'état de santé des écosystèmes et la disponibilité des ressources halieutiques. Leur étude permet de mettre en évidence les zones de forte diversité biologique au large de la Nouvelle-Aquitaine.

Le protocole, standardisé depuis 1976, est identique à celui utilisé pour le suivi des oiseaux marins (cf. paragraphe A-1 a). Cette homogénéisation est nécessaire pour traiter les informations lors d'études scientifiques ou d'expertises. La standardisation permet la comparaison dans le temps ou encore la confrontation avec d'autres données, par exemple environnementales.

A-3 b. Echantillonnage en 2016, 2017 et 2018

Le suivi en mer de 2016 à 2018 rassemble **248 observations de cétacés**. Plus de la moitié concerne, comme presque chaque année, des Dauphins communs (*Delphinus delphis*) (Figure 9) mais un tiers des observations ont porté sur des Dauphins bleu et blanc (*Stenella coeruleoalba*). Quelques Marsouins (*Phocoena phocoena*) sont à remarquer ces deux années.

Les informations collectées complèteront, après validation, la base de données sur les oiseaux et cétacés en mer. Ces relevés de terrain sont par la suite indispensables au développement de travaux scientifiques.

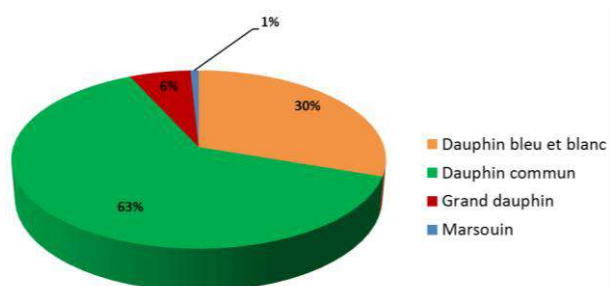
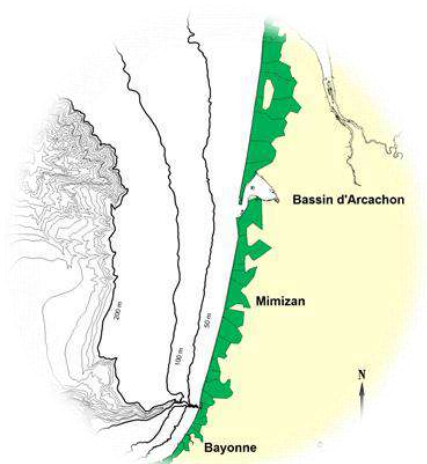


Figure 9 : Proportion des mammifères marins observés en mer entre 2016 et 2018 et illustration d'une espèce : le Dauphin bleu et blanc (*Stenella coeruleoalba*)

A-4. Suivi des échouages



Mise en place : 1972

Participants : Réseau National d'Échouage

Partenaires actuels : Institut des Milieux
Aquatiques (IMA)

Secteur : Côte Aquitaine

Calendrier d'échantillonnage : de janvier à
décembre

A-4 a. Présentation du protocole

Le RNE (Réseau National d'Échouage) a été mis en place sous la tutelle du Ministère chargé de l'environnement. Les informations relatives aux échouages des mammifères marins sont centralisées par le Centre de Recherche sur les Mammifères Marins (CRMM) qui a été créé en 1972. Les correspondants sont pour la plupart des associations ou des institutions participant bénévolement au réseau. Les membres du RNE sont titulaires nominativement d'une carte verte les autorisant à intervenir sur les mammifères marins, espèces protégées.

En Aquitaine, les principaux collaborateurs du réseau sont : la Réserve Naturelle du Banc d'Arguin, le GEFMA (Groupe d'Etude de la Faune Marine Atlantique), l'ONCFS (Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage) et l'Aquarium de Biarritz (Figure 10). Dans le cadre de l'ERMMA, le CRMM fournit les données sur les échouages collectées par le RNE.



Figure 10 : Organisation du Réseau National d'Échouage et organismes participant sur les côtes de la Nouvelle-Aquitaine et photos de mammifères marins échoués.

A-4 b. Echantillonnage en 2016, 2017 et 2018

Le programme ERMMA bénéficie des données acquises dans le cadre du Réseau National d'Échouage. Les données d'échouages sont compilées avec un an de décalage avant validation par le CRMM. Ainsi, les données présentées ici (Figure 11) couvrent les années 2015 à 2017 et font état de **142 échouages en 2015, 354 échouages en 2016 et 327 échouages en 2017 de mammifères marins et tortues** le long des côtes de l'Aquitaine. Les Dauphins communs (*Delphinus delphis*) et les Marsouins (*Phocoena phocoena*) sont les espèces les plus abondantes en termes d'échouage.

Chaque année, une vingtaine de taxons différents sont recensés. En 2015 sont à noter des échouages des quatre tortues marines (Caouanne, Verte, Luth et de Kemp), d'une Orque (*Orcinus orca*) à la Teste de Buch ou encore d'une Baleine à Bosse (*Megaptera novaeangliae*) à Naujac-sur-mer (Figure 12). En 2016, les échouages de 13 Phoques gris (*Halichoerus grypus*), 12 Tortues Caouanne (*Caretta caretta*) et 2 Dauphins de Risso (*Grampus griseus*) sortent du lot. Enfin, l'année 2017 se distingue par la très forte proportion de Dauphins communs (60% des échouages) et les 9 tortues Luth (*Dermochelys coriacea*) échoués.

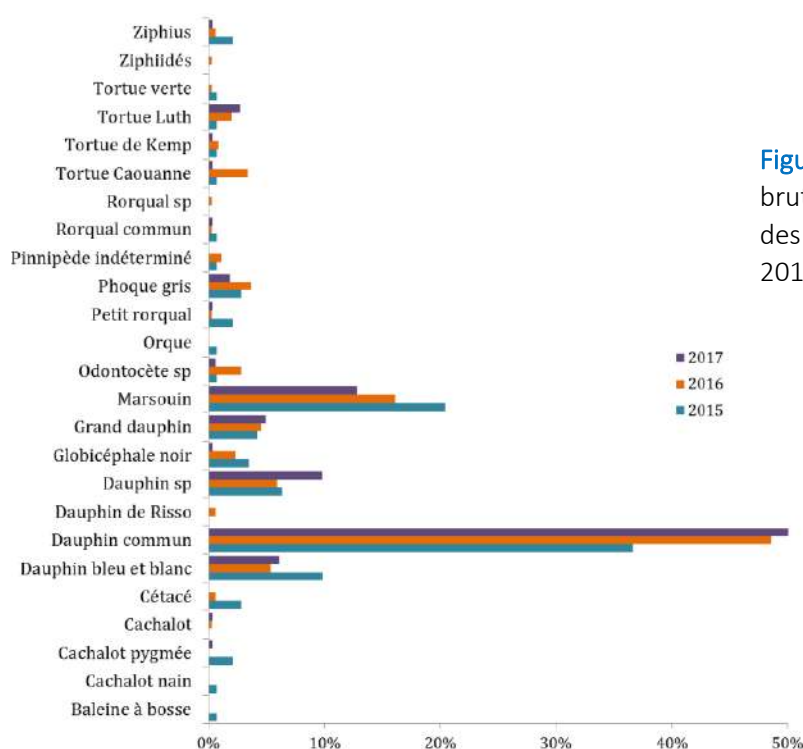
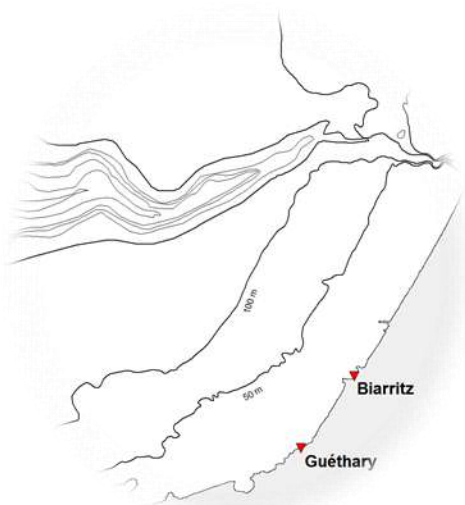


Figure 11 : Proportion des échouages bruts le long de la côte Aquitaine au cours des années 2015 (bleu), 2016 (orange) et 2017 (violet).



Figure 12 : Exemples d'espèces peu fréquentes dans les échouages et retrouvées sur les plages d'Aquitaine entre 2015 et 2017. De gauche à droite : Baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*), Orque (*Orcinus orca*) et Tortue Caouanne (*Caretta caretta*).

A-5. Peuplements benthiques de substrats rocheux



Date de mise en place : 2002 (Guéthary), 2012 (Biarritz)

Participants : Centre de la Mer de Biarritz, UPPA et Aquarium de Biarritz.

Partenaires actuels : Mairie de Guéthary

Secteur : Estran rocheux de Guéthary et de Biarritz

Calendrier d'échantillonnage : de mars à mai

Définition : benthos

Le benthos regroupe **l'ensemble des organismes vivant en relation étroite avec les fonds subaquatiques**. On distingue le benthos végétal ou phytobenthos (algues et phanérogames), du benthos animal ou zoobenthos (vers, mollusques, crustacés, poissons, etc.).

Ces peuplements sont un bon indicateur de l'atteinte des milieux marins en cas de pollutions ou d'aménagements par exemple.

A-5 a. Présentation du protocole

La mise en cantonnement de pêche du site de Guéthary préserve partiellement les biocénoses de l'estran rocheux de la commune de par l'interdiction de toutes pratiques de pêches (cueillette ou chasse sous-marine) et de toutes perturbations des écosystèmes (par exemple les déplacements de blocs). Ainsi, les variations observées dans les populations du secteur traduisent davantage des changements profonds dans les écosystèmes que des impacts directs anthropiques (le statut du secteur limitant ceux-ci). En outre, le site de Guéthary est listé parmi les ZNIEFF de Type I (Zone Nationale d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique).

Quant au littoral de Biarritz, il est concerné par deux sites Natura 2000 : l'un est lié à la Directive Oiseaux (FR7212002, « Rochers de Biarritz : le Bouccalot et la Roche ronde ») et l'autre à la Directive Habitats, Faune, Flore (FR7200776, « Falaises de Saint-Jean-de-Luz à Biarritz »). Cependant à Biarritz, l'estran du Basta est localisé près du port de Biarritz dans une zone très touristique. Ce site est donc soumis à une importante pression anthropique.

Dans les deux secteurs, des quadrats d'échantillonnage de 16 m² sont répartis sur les différents étages de l'estran : infralittoral, médiolittoral et supralittoral. Les milieux immergés sont prospectés par comptages visuels subaquatiques le long de transects. Vingt stations sont géo-positionnées sur le site

de Guéthary, dont 18 dans la zone de cantonnement et 4 en dehors. Deux stations ont pu être installées sur l'étage médio-inférieur de l'estran du Basta (Figure 13).

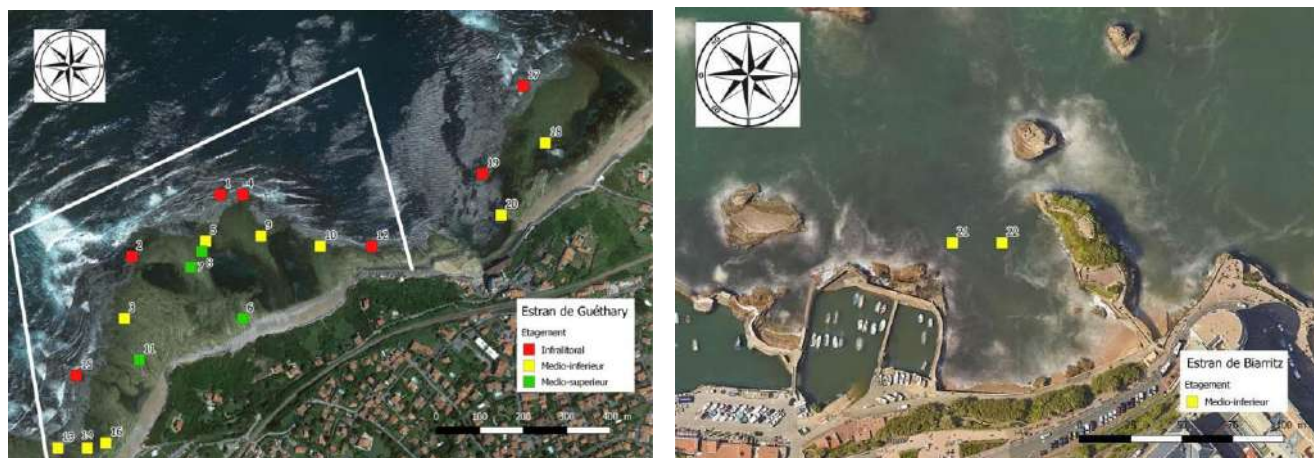


Figure 13 : Localisation des stations d'échantillonnage du site de Guéthary (à gauche) où le cantonnement est représenté dans le cadre blanc, et du Basta à Biarritz (à droite).

A-5 b. Echantillonnage à Guéthary en 2016, 2017 et 2018

En 2016, 2017 et 2018, autour de **70 unités taxonomiques** ont été dénombrées sur le site de Guéthary (Figure 14). Comme presque chaque année, les balanes et les moules ont été estimées du fait de leur trop grand nombre. Les résultats de l'analyse spatio-temporelle soulignent l'influence de l'étagement du littoral tant sur la richesse taxonomique de la macrofaune benthique que sur son abondance.



Figure 14 : Exemple de taxons de macrofaune benthique observés sur l'estran de Guéthary entre 2016 et 2018, de gauche à droite : Gibbules (*Gibbula* sp), Crevette (*Palaemon* sp), et Lièvre de mer (*Aplysia* sp).

Durant ces trois années, des études complémentaires au suivi spatio-temporel de la faune benthique ont été réalisées (Figure 15) :

- Un **suivi algal** afin de mettre en exergue le lien entre le développement des différentes algues et des espèces brouteuses (gibbules, littorines, oursins, etc.).
- Un **suivi ornithologique** pour évaluer le rapport proie-prédateur et savoir par exemple si les fluctuations d'abondance moyenne interannuelle de la faune benthique ont un impact sur les oiseaux.

- Un **test méthodologique** avec le protocole BIGORNO (voir section C-2) pour éventuellement mettre en place un calibrage.
- La mise en place de **sciences participatives avec les scolaires**, en particulier le protocole BioLit junior « algues brunes et bigorneaux » de Vigie-Nature, Planète Mer et le Muséum National d'Histoire Naturelle (voir section C-8).



Figure 15 : Quelques exemples de résultats des suivis menés sur Guéthary. **a)** Répartition de la richesse taxonomique par station en 2017 ; **b)** Proportion des grands groupes d'algues en 2017 ; **c)** Mise en place du protocole BioLit avec des scolaires et **d)** Nombre total d'oiseaux dénombrés en 2017.

Parmi les principaux résultats obtenus entre 2016 et 2018, notons la mise en place du protocole BioLit. Un retour argumenté a été envoyé à Planète Mer avec des propositions d'adaptation au littoral basque où les algues brunes sont peu présentes. Une vingtaine d'espèces d'oiseaux a été observée sur l'estran et exploite principalement la zone du médiolittoral.

A-5 c. Echantillonnage au Basta en 2016, 2017 et 2018

En 2016, 2017 et 2018, **une vingtaine de taxons** a été recensée sur les stations du Basta. Outre les espèces estimées, les taxons les plus abondants sont pour ce site : l'Oursin violet (*Paracentrotus lividus*) et les Patelles (*Patella sp.*).

Les abondances relatives et la richesse taxonomique sont très inférieures à celles sur l'estran de Guéthary. Toutefois au Basta seules deux stations sont échantillonnées sur un unique étage (médio-inférieur). De plus, aucune tendance temporelle ne semble se dessiner pour le moment.

Pour la première fois en 2017, des petits placages d'Hermelles (*Sabellaria sp.*) ont été repérés dans les quadrats, ce qui peut laisser supposer une dispersion des vers en-dehors du massif principal.

En 2015, un protocole a été élaboré puis mis en place afin de suivre le récif d'Hermelles du Basta. Les Hermelles sont des vers polychètes qui construisent des tubes de sable et de fragments coquilliers fortement cimentés et agglomérés qui forment des structures en nids d'abeilles (Figure 16).



Figure 16 : Gros plan sur un massif d'Hermelles (*Sabellaria sp.*).

L'Hermelle est considérée comme « espèce-ingénieure » par sa construction de biorécifs. Ces derniers profitent à la faune environnante, constituant ainsi un réservoir de biodiversité important, d'où l'intérêt de préserver ce type d'habitat (habitat d'intérêt communautaire 1170).

L'évolution de cet habitat est mesurée au travers de photographies panoramiques des entrées nord et sud de chacune des cavités. Le périmètre de chaque massif d'Hermelles est également relevé à l'aide d'une corde et d'un mètre ruban. Les derniers résultats font état d'une diminution globale non significative du massif. Cette baisse est en revanche statistiquement prouvée sur la station de l'entrée nord (Figure 17).

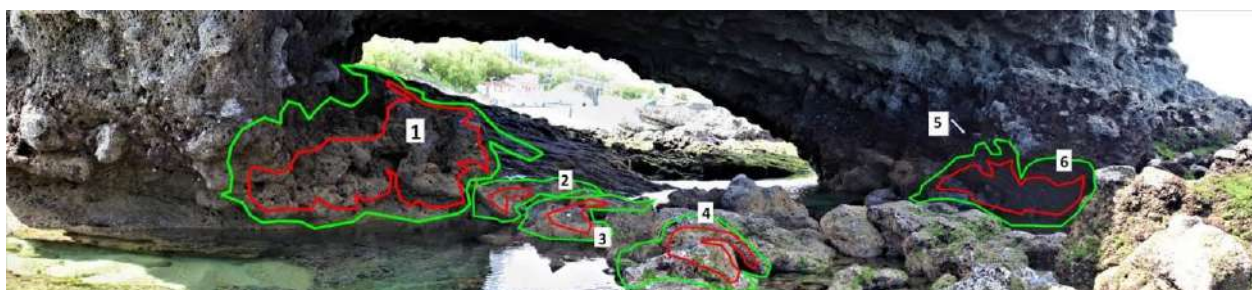
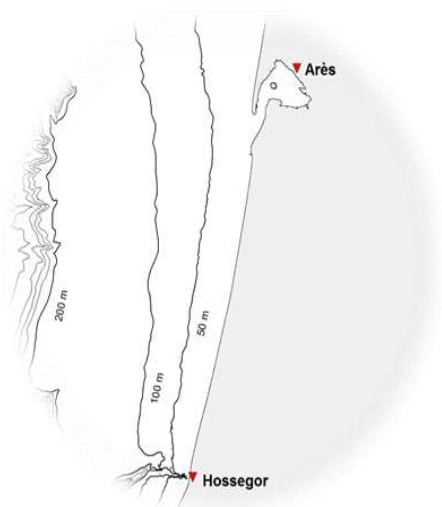


Figure 17 : Évolution du massif d'Hermelles (*Sabellaria sp.*), habitat d'intérêt communautaire, sur l'entrée nord du Basta entre 2015 (en vert) et 2017 (en rouge).

A-6. Peuplements benthiques de substrats sablo-vaseux



Date de mise en place : 2008 (Hossegor), 2011 (Arès)
 Participants : Centre de la Mer de Biarritz, UPPA et IMA
 Partenaires actuels : Département des Landes, Réserve Naturelle Nationale des Prés Salés d'Arès
 Secteur : Lac marin d'Hossegor et Réserve des Prés Salés d'Arès
 Calendrier d'échantillonnage : de mars à juin

A-6 a. Présentation du protocole

Le protocole d'échantillonnage combine deux techniques en fonction des substrats et est identique sur les deux sites (Figure 18) :

- ▲ les herbiers sont échantillonnés à marée haute par des transects de 5 m² à l'aide d'une grande épuisette carrée de 50 cm de côté ;
- ▲ les milieux sablo-vaseux le sont par des prélèvements sur quadrats de 0,1 m² à marée basse.

Plusieurs campagnes ont lieu entre mars et juin. Le site d'Hossegor comporte 6 transects et 10 quadrats, tandis que le site d'Arès est constitué de 2 transects et 6 quadrats. Toutes les stations sont géolocalisées. Les prélèvements sont ensuite triés, conservés dans de l'alcool à 70° puis identifiés en laboratoire. Les espèces protégées comme les civelles (*Anguilla anguilla*) ou les hippocampes (*Hippocampus sp.*) sont dénombrées sur place puis relâchées.



Figure 18 : Illustration des différentes étapes du protocole d'échantillonnage par la méthode des transects.

A-6 b. Echantillonnage en 2016, 2017 et 2018

Les campagnes d'échantillonnage menées entre 2016 et 2018 sur le lac d'Hossegor ont permis d'identifier une **soixantaine de taxons** (Figure 19). En termes d'effectifs, les Hydrobies (*Hydrobia ulvea*) dominent toujours les échantillons à plus de 90%.



Figure 19 : Exemples de macrofaune benthique observée sur le lac d'Hossegor entre 2016 et 2018 de gauche à droite : vers polychète (*Nephtys sp.*), Syngnathe aiguille (*Syngnathus acus*) et Crevette (*Palaemon sp.*).

La qualité biologique du substrat meuble du lac d'Hossegor a été évaluée par l'indice du M-Ambi (développé par l'Azi tecnalia) lequel traduit une qualité biologique « Bonne » sur l'ensemble du site d'étude.

En 2016, un quadrillage du lac a permis de mesurer avec précision sa salinité en profondeur et d'en dresser une carte présentée en figure 20. Le gradient de salinité décroissant Sud-Nord supposé les années précédentes ressort de manière cohérente sur les analyses. Ainsi, la salinité au nord du lac avoisine les 28-30 g/Kg et le sud dépasse les 35g/Kg. Un profil de salinité océanique oscille entre 30 et 39 g/Kg. Ce gradient de salinité conditionne la présence ou l'absence de certaines espèces en fonction de leurs exigences écologiques. Ainsi, la palourde commune n'est observée que dans la partie sud, plus salée, comme l'illustre la figure ci-dessous.

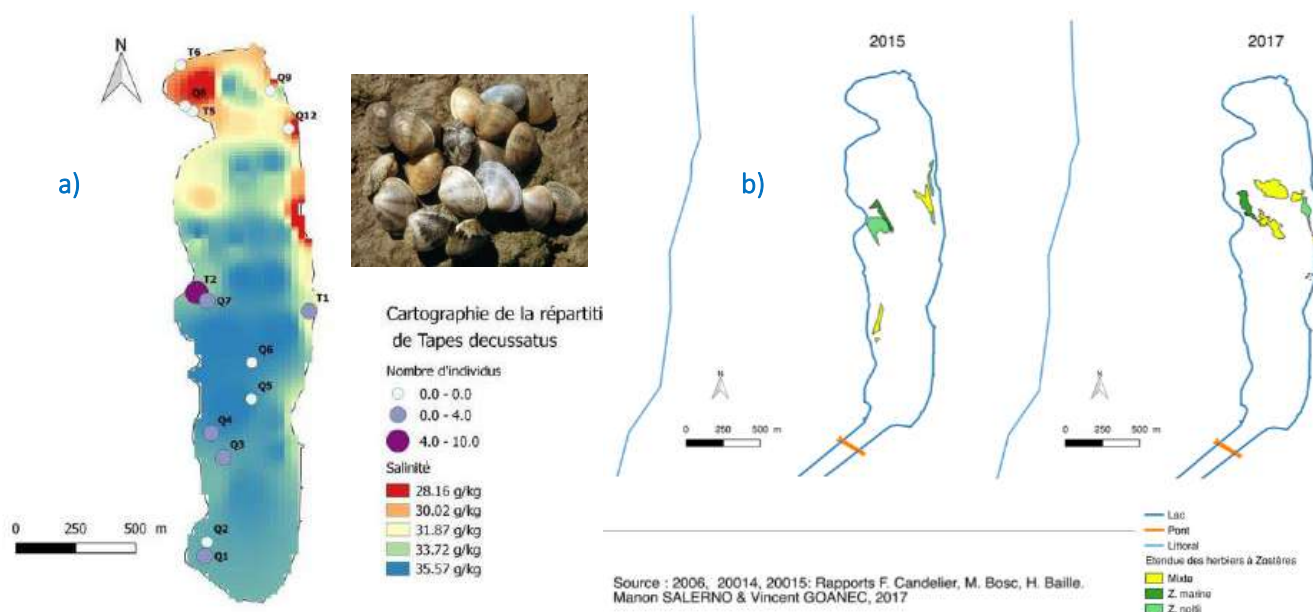


Figure 20 : Quelques exemples de résultats du suivi biologique du lac d'Hossegor obtenus entre 2016 et 2018 : **a)** répartition de la palourde commune (*Ruditapes decussatus*) en fonction du gradient de salinité en 2016 ; **b)** évolution de la surface des différents herbiers à Zostères entre 2015 et 2017.

En 2017, l'utilisation d'un indice (IndicSpecies) a mis en évidence de manière statistique un certain nombre d'espèces indicatrices de zones pré-établies du lac, ce qui vient renforcer les autres analyses écologiques (salinité, présence des herbiers...). Par exemple, le vers Néréis (*Hediste diversicolor*) et les corophiums sont des espèces indicatrices de la partie nord du lac (la moins salée).

Enfin, une étude ornithologique a été initiée en 2017 et a révélé la présence de 17 espèces (23 en 2018) avec une nette différence de fréquentation entre la marée haute et la marée basse, cette dernière étant plus riche en espèces (Figure 21). Les premiers résultats indiquent que l'occupation du site par l'avifaune est probablement liée aux modes de prédation des espèces et à la niche trophique disponible au sein du lac. L'importance des herbiers pour les oiseaux est également soulignée. De ce fait, des potentielles actions anthropiques (extraction de substrat) modifiant la dynamique des herbiers pourraient impacter directement les populations d'oiseaux s'alimentant sur le site d'étude.



Figure 21 : Exemples d'espèces d'oiseaux observées sur le lac d'Hossegor lors d'une campagne en 2017. De gauche à droite : Bécasseau variable (*Calidris alpina*), Aigrette garzette (*Egretta garzetta*) et Pluvier argenté (*Pluvialis squatarola*).

Le suivi de la Réserve Naturelle Nationale des Prés Salés d'Arès est réalisé avec l'aide du conservateur de la réserve. Lors de ces campagnes, 16 taxons ont été identifiés. Contrairement aux résultats du lac d'Hossegor, il ne semble pas y avoir de taxons communs aux deux techniques d'échantillonnage. Ainsi, les vers Néréis dominent dans les quadrats tandis que les Hydrobies sont les plus abondantes dans les transects.

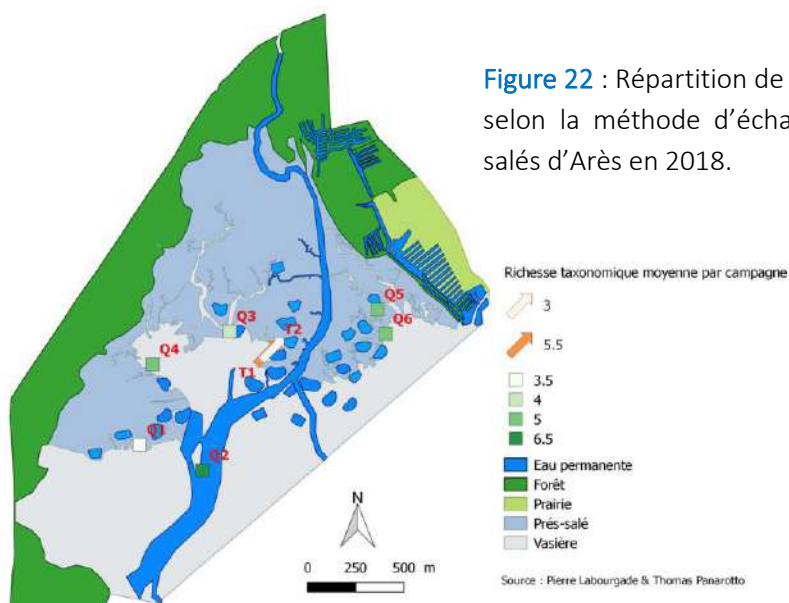
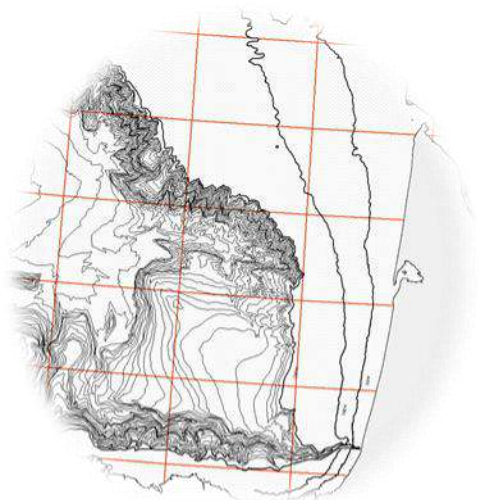


Figure 22 : Répartition de la richesse taxonomique moyenne selon la méthode d'échantillonnage de la RNN des Prés-salés d'Arès en 2018.

A-7. Suivi de l'ichtyofaune



Date de mise en place : 1980 (ancien suivi), 2009 (CRPMEM) et 2001 (Sennes)

Participants : Centre de la Mer de Biarritz, IMA, Aquarium de Biarritz

Partenaires actuels : CRPMEM, Lycée Saint-Christophe, écoles

Secteur : Eaux d'Aquitaine et plage de Socoa

Calendrier d'échantillonnage : de janvier à décembre

A-7 a. Présentation des protocoles

Le nouveau suivi halieutique complémentaire s'attache à la pêche artisanale et locale des navires de moins de 10 m. Une convention entre l'ERMMA et le CRPMEM acte cette nouvelle collaboration.

Les anciennes données disponibles de 1980 à 2008, aujourd'hui au nombre de 1 186 060, ont été intégrées dans la métabase de données et participent au développement des travaux de recherche sur la connaissance et l'évolution des écosystèmes marins Aquitains.

Le « rectangle statistique CIEM » constitue un découpage géographique de l'espace maritime. C'est l'échelle la plus précise issue des informations provenant des statistiques de pêche. Les rectangles CIEM considérés par le programme ERMMA sont schématisés sur la [figure 23](#). Le programme ERMMA utilise les données de la pêche artisanale et côtière des quartiers maritimes de Marennes-Oléron à Bayonne.

Les tonnages débarqués sont utilisés comme un indicateur des niveaux de stocks de poissons. Ces données correspondent aux statistiques officielles rassemblant les informations de captures des navires de pêche français.

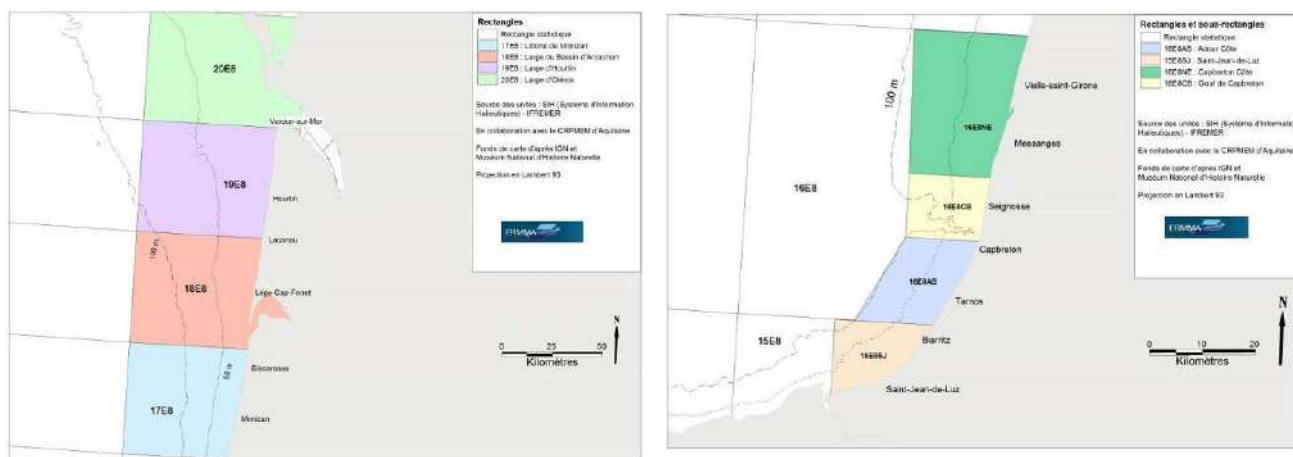


Figure 23 : Focus sur les secteurs sélectionnés (rectangles statistiques CIEM) pour les données des pêches par le programme ERMMA d'après le SIH (Système d'Information Halieutique). Au Nord de l'Aquitaine : 20E8, 19E8, 18E8, 17E8 ; au Sud de l'Aquitaine sous-rectangles 16E8NE, 16E8CB, 16E8AB, 16E8J, 16E8K.

Le suivi des espèces de poissons démersaux (vivant en pleine eau mais liés aux fonds) de la baie de Saint-Jean-de-Luz est réalisé en collaboration avec l'Aquarium de Biarritz, le Centre de la Mer de Biarritz et les Pupilles de l'Enseignement Publique (PEP) de Socoa depuis plusieurs années.

Cette coopération permet une éducation à l'environnement des classes participant à l'échantillonnage de terrain. Un protocole standardisé est utilisé depuis 2001 avec la méthode par senne, menée sur une plage de Socoa (Figure 24). La senne est un filet droit rectangulaire utilisé pour encercler ou rabattre les poissons.

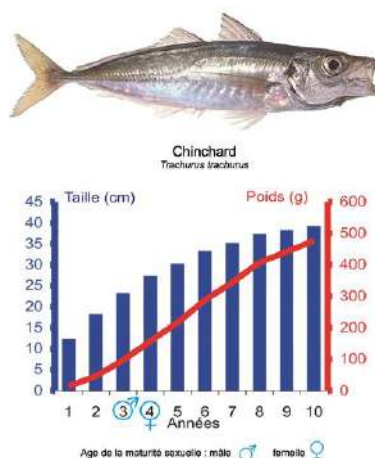


Figure 24 : Échantillonnage par la méthode de la senne dans la baie de Saint-Jean-de-Luz.

Une étude biométrique a été mise en place en 2016. Tous les poissons pêchés parmi six espèces sélectionnées sont mesurés d'après un protocole de l'IFREMER (Figure 25). En fonction de la taille, la distinction entre les adultes et les juvéniles est possible. En revanche, le sexage n'étant pas réalisable dans notre contexte, les tailles de maturation intermédiaires entre deux sexes seront dites « indéterminées ». Les poissons sont plongés dans un bac contenant une solution diluée d'anesthésique (Benzocaïne à 10%) puis mesurés. Pour les analyses, un minimum de trente individus par espèce est nécessaire pour obtenir une bonne fiabilité statistique.



Figure 25 : À gauche : mesure biométrique d'un poisson et à droite : courbe de croissance du chinchard (source : <http://www.ifremer.fr>)



A-7 b. Echantillonnage en 2016, 2017 et 2018

Les données des pêches proviennent de deux bases de données, les données officielles des pêches de 1980 à 2008 ; les données de pêche artisanale et côtière en Aquitaine par le Comité Régional des Pêches Maritimes et des Élevages Marins (CRPMEM) d'Aquitaine depuis 2009. Un travail d'homogénéisation important a été mis en place afin de pouvoir exploiter les deux bases de données et de réaliser des analyses comparables.

En 2016, le suivi des sennes de Socoa, en pause depuis 2010, a repris. Ce suivi, réalisé en collaboration avec l'Aquarium de Biarritz, l'école du Reptou et le lycée Saint Christophe a remporté un franc succès

auprès des enfants. Ces derniers ont pu participer activement à cette technique de pêche particulière qui leur a permis d'observer de très près des poissons locaux tout en prenant part à un suivi scientifique (Figure 26).

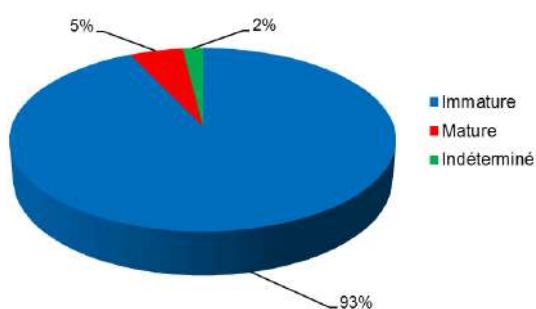


Figure 26 : Les élèves de l'école du Reptou et du lycée Saint-Christophe ont participé à la pêche pour rabattre le filet (à gauche), au tri des poissons (au milieu, seulement les lycéens) puis à l'observation des espèces locales et méconnues de poissons avec les explications pédagogiques des animateurs (à droite).

En complément, la question du **rôle écologique** potentiel de nurserie de la baie a été investiguée. Pour ce faire, six espèces parmi les plus couramment et abondamment pêchées les années précédentes et pour lesquelles des courbes de croissance étaient connues ont été sélectionnées : le Chinchard commun (*Trachurus trachurus*), le Bar commun (*Dicentrarchus labrax*), le Sar commun (*Diplodus sargus*), la Sole (*Solea solea*), le Barbue (*Scophthalmus rhombus*) et le Grisnet (*Spondylusoma cantharus*).

Au total, 155 poissons ont été mesurés. La majorité étaient des juvéniles (93% ; Figure 27), ce qui semble confirmer l'intérêt écologique de la baie de Saint-Jean-de-Luz en tant que zone de nurserie. Le Sar commun est la seule espèce où un nombre suffisant d'échantillons a pu être mesuré pour effectuer des études plus poussées. Ainsi une caractérisation de la population prélevée nous indique que la plupart des individus mesuraient entre 8 et 10 cm. Un petit pic à 10 individus est noté autour de 16 cm, soit des presque adultes (taille de maturation sexuelle estimée : 17 cm).

Caractérisation des poissons échantillonnés



Structure de la population de Sar commun

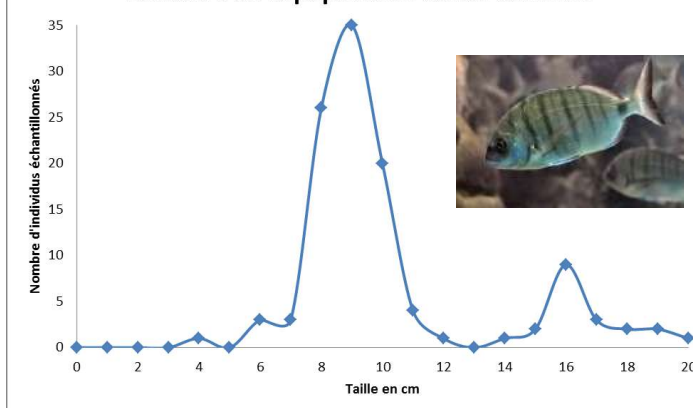
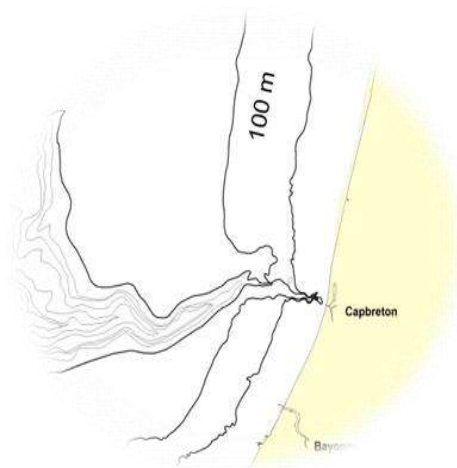


Figure 27 : Principaux résultats de l'étude de biométrie. À gauche : proportion d'individus matures (rouge), immatures (bleu) et indéterminés (vert) et à droite : Structure de la population de Sar commun (*Diplodus sargus*) échantillonnée par la technique de la senne.

A-8. Suivi des données planctoniques



Date de mise en place : 2000

Participants : Centre de la Mer de Biarritz et LAPHY.

Partenaires actuels : Garde-côtes

Secteur : Gouf de Capbreton

Calendrier d'échantillonnage : de janvier à décembre

Le suivi des populations zooplanctoniques de Cladocères a été mené de 2000 à 2011 en partenariat avec le LAPHY (Figure 28). Ce suivi a dû être stoppé pour des raisons techniques puisque le prélèvement n'était plus possible dans des conditions standardisées. Les données antérieures sont toutefois conservées et continuent d'être analysées dans le cadre des recherches du programme ERMMA.



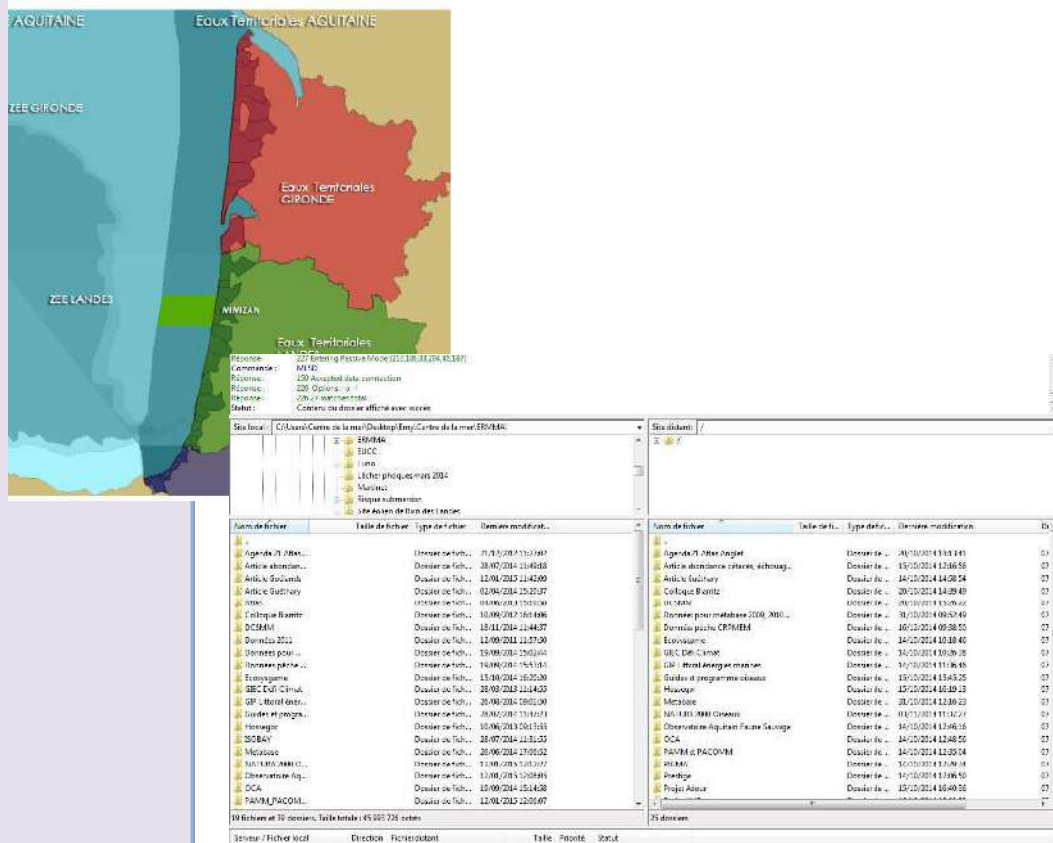
Figure 28 : Prélèvement et analyse de zooplancton (Cladocères) dans le cadre du suivi standardisé du programme ERMMA.

Ainsi, les données et expertises réalisées dans le cadre du programme ERMMA ont été valorisées lors de la publication du « Mémento de planctologie marine » aux éditions Quae en 2016 (Figure 29)



Figure 29 : Les données issues du suivi du zooplancton réalisé dans le cadre de l'ERMMA ont pu être valorisées en 2016 lors de la publication de « Mémento de planctologie marine ».

B. La gestion des données



33 > La métabase de données

35 > Interface de gestion de données

Au cours des différents suivis biologiques menés dans le cadre du programme ERMMA, les données collectées sont intégrées, puis gérées, dans une métabase de données pluridisciplinaires, hébergée sur le site www.ermma.fr.

Les données et actions du programme alimentent également le volet « Patrimoine et environnement côtier » de l'Observatoire de la Côte Aquitaine (OCA), avec qui nous avons établi un partenariat.

Recueil des données

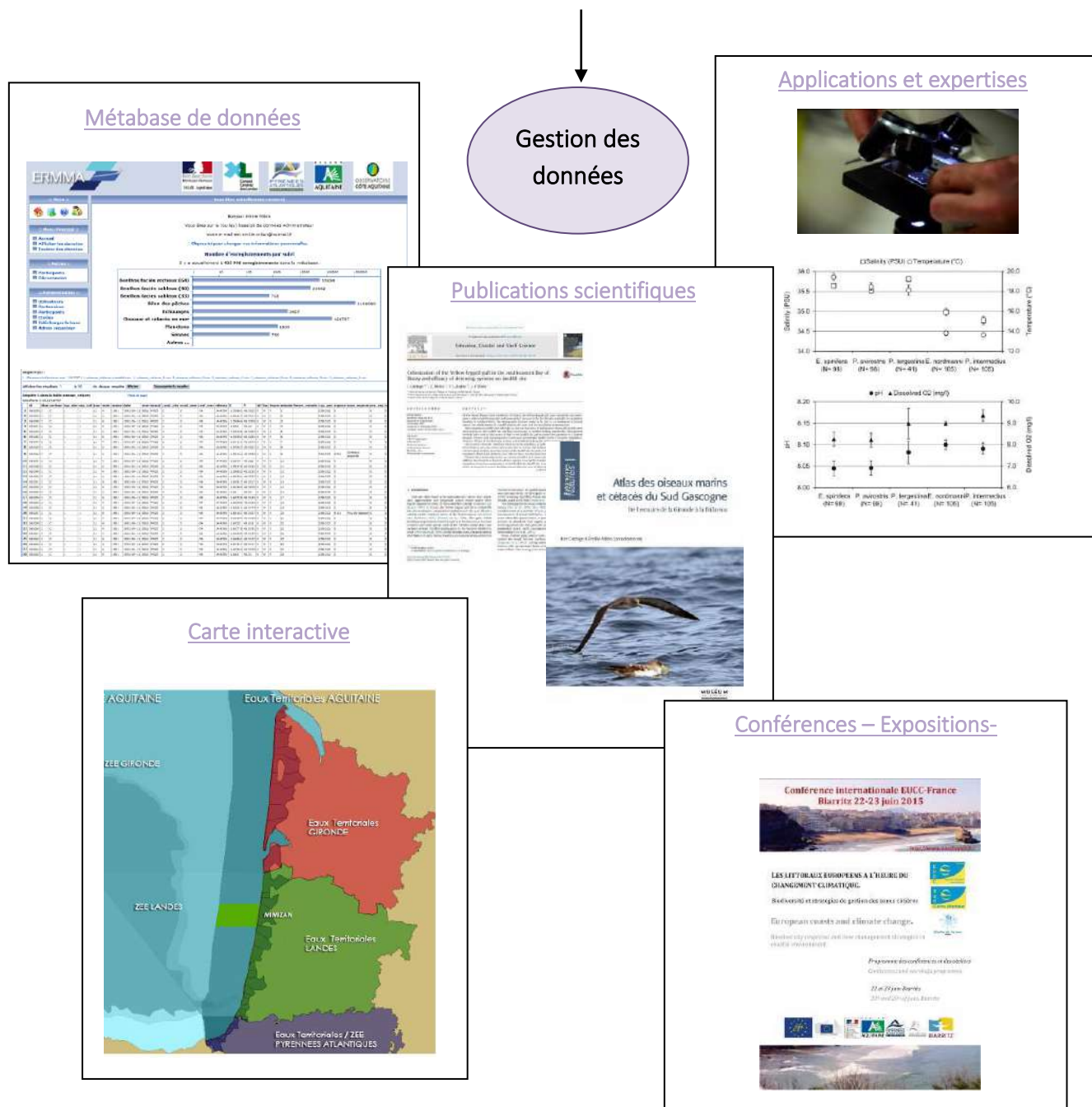


Figure 30 : Schématisation des différentes possibilités de gestion des données en lien avec les axes du programme ERMMA.

B-1. La métabase de données

Afin de répondre aux objectifs du programme ERMMA tout en permettant aux participants de posséder un espace de gestion, une métabase de données a été mise en place. C'est un outil incontournable pour stocker, gérer et analyser les multiples données fournies par les suivis standardisés. Ainsi, la métabase de données possède deux objectifs :

- ▲ stocker les milliers de données brutes acquises au travers des différents suivis biologiques gérés par le programme, dont les plus anciens datent de 1972.
- ▲ réaliser des requêtes sur les données brutes intégrées. L'utilisateur peut ainsi sélectionner des données et faire des interrogations croisées entre les différents indicateurs pour obtenir une vision plus large des écosystèmes marins en Aquitaine.

Les données mises à jour entre 2016 et 2018 viennent compléter celles précédemment acquises, ce qui amène à un total de **1 561 439 enregistrements** dans les eaux d'Aquitaine, répartis sur 8 grands suivis (Figure 31 / Tableau 3). Du fait de la lourdeur du processus, certaines bases de données ne sont pas mises à jour chaque année (comme par exemple celles des oiseaux en mer/cétacés), néanmoins les données sont bien acquises et compilées tous les ans.

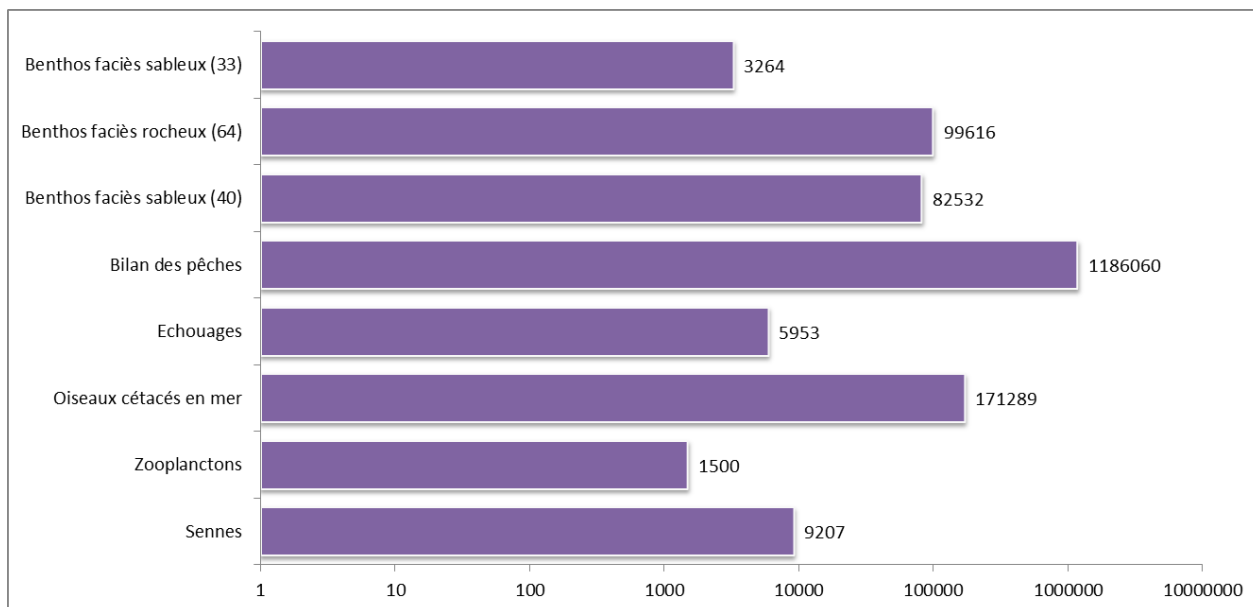


Figure 31 : Répartition des enregistrements biologiques réalisés en Aquitaine, par type de suivi, et gérés dans la métabase de données du programme ERMMA.

Suivi	Oiseaux et cétacés en mer 	Suivi des échouages 	Suivi des données pêches 	Suivi des données pêches artisanales 	Suivi des poissons démersaux 
Localisation	Golfe de Gascogne	Côte Aquitaine	Eaux d'Aquitaine	Eaux côtières d'Aquitaine	Socoa (64)
Date de mise en place	1976	1972	1980 - 2008	2009	1999
Données enregistrées	171289	5 953	1 186 060	A venir	9 207
Applications	Inventaires et diagnostics AMPs, Natura 2000, ZNIEFF ; évolution des populations, impacts de pollutions...	Evolution des populations, impacts anthropiques	Veille écologique, indicateur des stocks, fonctionnement des écosystèmes marins, évolution des populations		

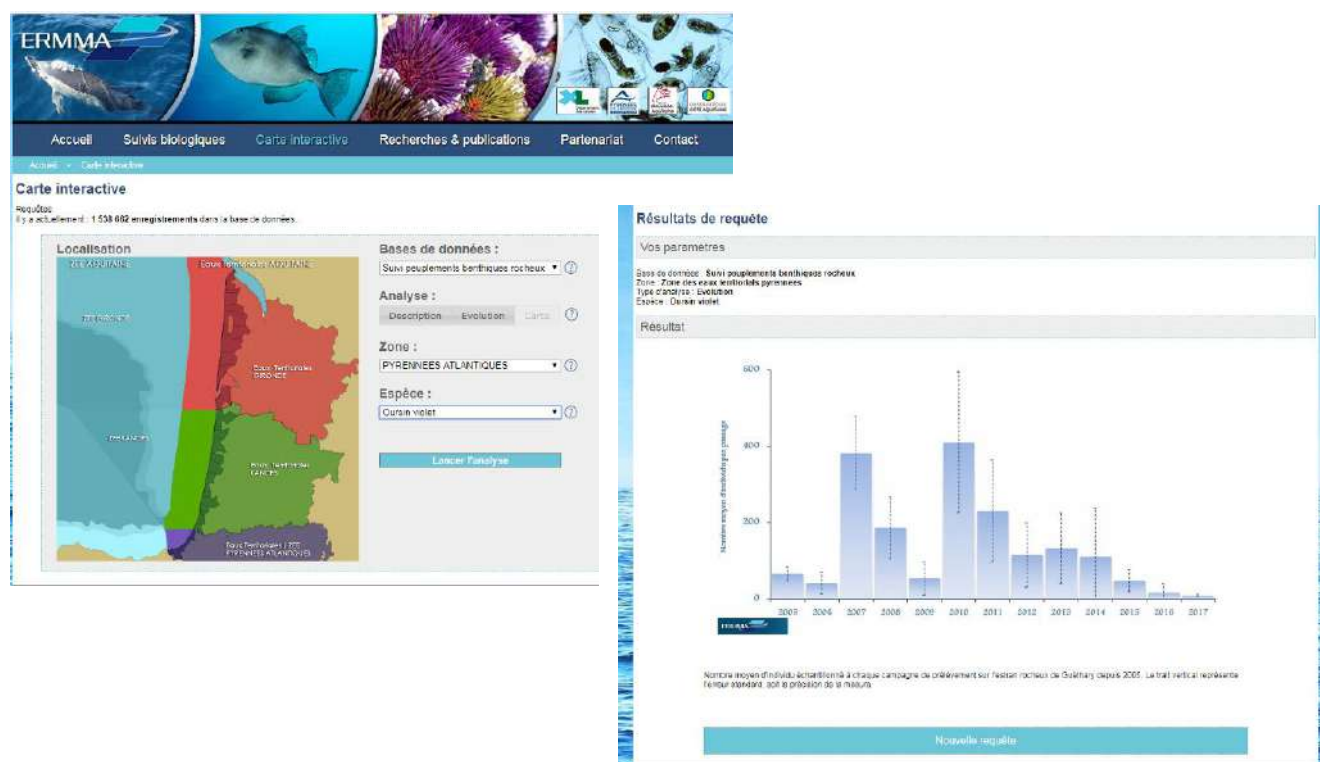
Suivi	Biocénoses benthiques en milieu sablo-vaseux 		Biocénoses benthiques en milieu rocheux 	Zooplankton 	Oiseaux marins nicheurs (non intégré dans la métabase) 
Localisation	Lac marin d'Hossegor (40)	Prés salés d'Arès (33)	Estran de Guéthary (64)	Gouf de Capbreton	Littoral Basque
Date de mise en place	2008	2011	2003	2000	2005
Données enregistrées	82 532	3 264	99 616	1 500	/
Applications	Veille écologique, état de référence, fonctionnement des écosystèmes, impacts pollutions (marée noire, eutrophisation...)			Veille écologique, indicateurs, évolution des populations...	Natura 2000, ZNIEFF, expertises, Atlas, évolution des populations...

Tableau 3 : Nature des relevés sur les principaux indicateurs biologiques intégrant la métabase de données pluridisciplinaires sur les milieux marins aquitains.

B-2. Interfaces de gestion des données

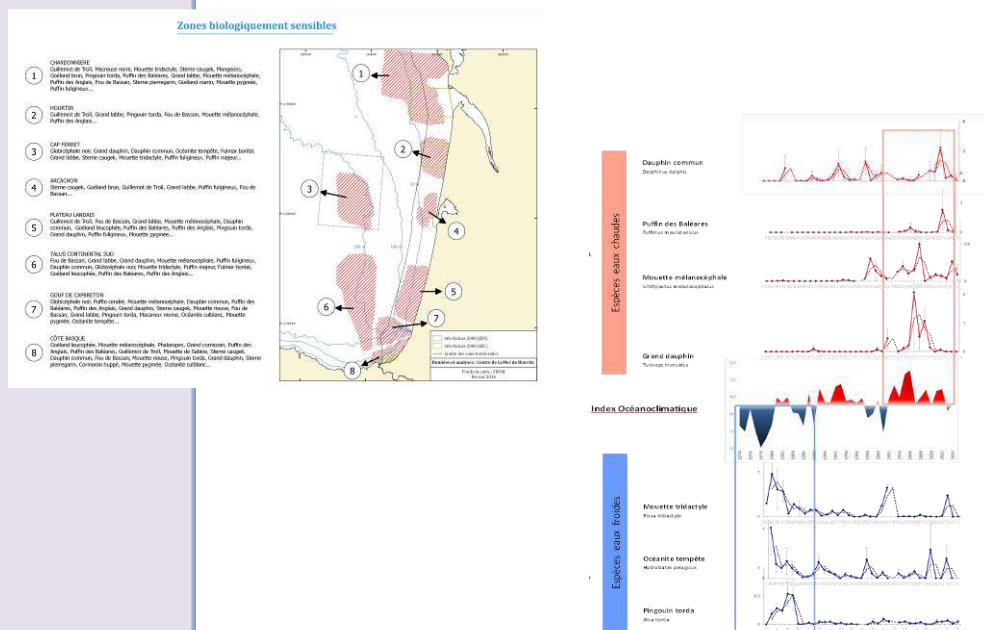
Deux environnements sont actuellement accessibles dans la métabase de données du programme ERMMA :

- ▲ **une interface sécurisée de stockage et de gestion des données brutes** issues des différents suivis (voir paragraphe précédent). Le logiciel qui a été développé offre la possibilité d'interroger la métabase, d'y insérer des données, d'en supprimer et de faire des mises à jour de relevés à distance.
- ▲ **une interface interactive**, accessible au grand public, présente de façon simplifiée les données après une analyse de ces dernières en fonction de la requête. Ainsi il est possible pour l'utilisateur de sélectionner le suivi, la localisation, le type d'analyse et l'espèce. Une carte de répartition, un graphique d'évolution ou de description lui sera alors proposé en réponse à la requête.



Le principal objectif de cette interface est de donner la possibilité au public, aux scientifiques et aux gestionnaires d'avoir une meilleure visibilité et connaissance du patrimoine faunistique présent en Aquitaine.

C. Applications et expertises



- | | |
|------|--|
| 38 > | Actualisation de la répartition des oiseaux marins et
cétacés d'Aquitaine |
| 40 > | Projet BIGORNO |
| 41 > | Études dans le cadre du projet sur les Énergies Marines
Renouvelables |
| 42 > | Implication dans la démarche Natura 2000 en Nouvelle-
Aquitaine |
| 43 > | Projet MICROPOLIT |
| 45 > | Implication dans la démarche régionale AcclimaTerra |
| 46 > | Étude sur l'adaptation du plan lumière sur le littoral de
Biarritz |
| 48 > | Aires Marines Éducatives |
| 49 > | Expertises diverses |

Programme régional Environnement et Ressources des Milieux Marins Aquitains
Rapport d'activité 2018

Applications et expertises	Partenaires	Objectifs et rendus
Actualisation de la répartition en mer des oiseaux marins et cétacés d'Aquitaine & réalisation de l'atlas des oiseaux marins et cétacés du Sud Gascogne	Agence Française de la Biodiversité, Muséum National d'Histoire Naturelle  	Analyse de la répartition et de l'évolution des principales espèces de prédateurs supérieurs dans les eaux d'Aquitaine entre 2003 et 2015, lien avec les Aires marines Protégées et comparaison avec les données antérieures (1976-2002)
Implication dans la démarche Natura 2000 en Nouvelle-Aquitaine	Communauté d'Agglomération Pays Basque, CRPMEM, réseau Natura 2000...   	Participation aux comités de pilotages et groupes de travail des différents sites Natura 2000 en mer de Nouvelle-Aquitaine : Plateau de Rochedonne, Hourtin, Côte Basque rocheuse, Biarritz...
Développement de sciences participatives	Programme Biolit, Aires Marines Éducatives, Vigie Nature École   	Plusieurs animations de sciences participatives ont été réalisées entre 2016 et 2018 dans le cadre du programme ERMMA : programme Biolit, Aires marines Éducatives...
Participation à divers atlas naturalisés : Atlas des mammifères marins de France, atlas des oiseaux marins migrants...	MNHN, Ligue de protection des oiseaux, Faune-Aquitaine...   	Rédaction de plusieurs monographies spécifiques, expertise et relecture
Implication dans la démarche régionale AcclimaTerra	Région Nouvelle-Aquitaine, AcclimaTerra, Train du Climat   	Expertise sur l'impact des changements climatiques sur la biodiversité marine du littoral de la Nouvelle-Aquitaine.
Projet MICROPOLIT	UPPA, MIRA, IMA, IFREMER, INRA, CNRS...    	Évaluer la bioaccumulation des micropolluants chez le Goéland leucophée, ainsi que l'impact des micropolluants sur la biodiversité des populations côtières
Étude pour l'implantation d'énergie marine renouvelable sur le territoire	Région Nouvelle-Aquitaine, Communauté d'Agglomération Pays Basque  	Caractérisation de la mégafaune marine en Nouvelle-Aquitaine, création d'un indice de vulnérabilité aux dispositifs et hiérarchisation des espèces
Projet d'étude du plan lumière à Biarritz	Ville de Biarritz 	En accord avec le document d'objectif du site Natura 2000 des Rochers de Biarritz, une étude a été menée afin d'évaluer la vulnérabilité des oiseaux qui fréquentent le littoral biarrot à la lumière nocturne en vue de réviser le plan lumière de la ville.

Tableau 4 : Récapitulatif des principales applications et expertises réalisées entre 2016 et 2018 dans le cadre du programme ERMMA.

C-1. Actualisation de la répartition des oiseaux marins et cétacés en Aquitaine

Les travaux réalisés dans le cadre du programme ERMMA ont permis d'apporter des connaissances sur les secteurs marins sensibles et ont ainsi participé à l'établissement des Aires Marines Protégées (AMP). Ces dernières sont des espaces géographiquement délimités au sein desquels des missions de conservation de la nature à long terme sont menées, notamment concernant la biodiversité marine et les ressources halieutiques.

Ainsi un projet d'actualisation de la répartition des oiseaux marins et cétacés en Aquitaine a été initié en collaboration avec l'Agence des Aires Marines Protégées (à présent Agence Française de la Biodiversité). Il avait pour objectif de mettre à jour les analyses réalisées dans l'atlas « Oiseaux Marins et Cétacés du Golfe de Gascogne » (Castège et Hémerly, 2009) avec un focus sur l'Aquitaine.

Au-delà de cette actualisation nécessaire, l'expertise s'intéresse tout particulièrement à la cohérence du réseau des Aires Marines Protégées déjà créées en Aquitaine ainsi qu'à l'émergence d'autres zones à enjeux biologiques.

Cette étude s'est terminée en 2016 et a été valorisée au travers d'un rapport complet (Figure 33).

Le travail effectué s'est articulé autour de quatre points :

- La mise à jour des répartitions des espèces au sein et aux abords des AMP,
- L'évaluation des tendances des différentes espèces (une trentaine au total),
- L'identification des zones à enjeux biologiques au large de l'Aquitaine,
- La réalisation d'études environnementales.

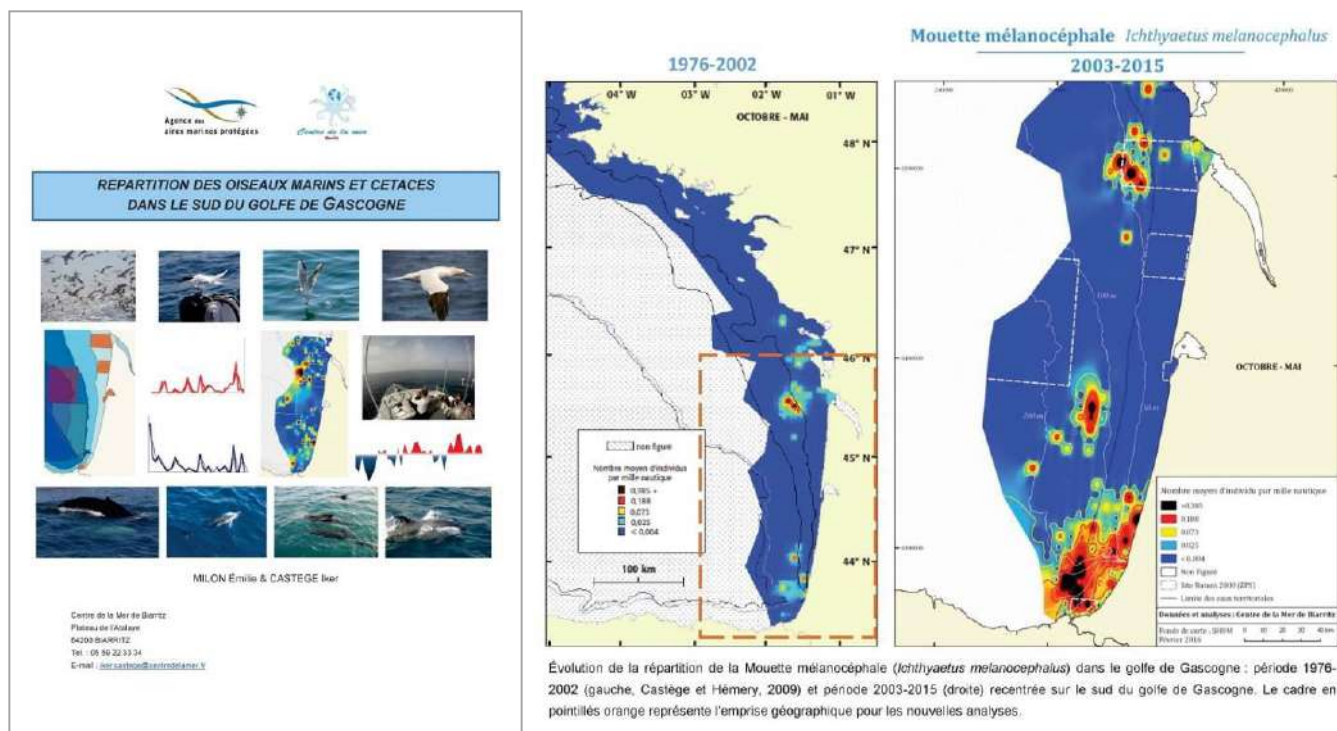


Figure 33 : Extraits du rapport relatif au projet d'actualisation de la répartition des oiseaux marins et cétacés en Aquitaine finalisé en 2016.

Ce travail a ensuite été valorisé sous la forme d'un ouvrage scientifique publié en décembre 2018 par le Muséum National d'Histoire Naturelle : « Atlas des oiseaux marins et cétacés du Sud Gascogne — de l'estuaire de la Gironde à la Bidassoa » (Figure 34).



Figure 34 : L'année 2018 a été largement consacrée à la réalisation de « l'atlas des oiseaux marins et cétacés du Sud Gascogne », ouvrage qui fait suite à celui publié en 2009.

Une cinquantaine d'espèces d'oiseaux marins, cétacés et autres animaux marins régionaux (poisson-lune, requin peau bleue, méduses et cnidaires) est étudiée (Figure 35). La réalisation de ce travail de longue haleine, qui s'est étalée tout au long de l'année 2018 après une année de pré-figuration, tient de la collaboration d'une vingtaine d'experts scientifiques et de partenaires du programme ERMMA : Centre de la Mer de Biarritz, MNHN, IFREMER, BRGM, CEREMA, l'Institut des Milieux Aquatiques, LPO Aquitaine, Réserve Naturelle nationale du Banc d'Arguin, LAPHY, etc.

D'une manière générale, les espèces étudiées n'ont pas connu de changement de répartition majeur dans le sud du Golfe de Gascogne depuis 2002. De même la plupart des zones biologiquement sensibles déjà identifiées pour les espèces sont confirmées. Seules quelques espèces montrent des variations de leurs abondances et/ou de leur répartition. De la même manière, la richesse en termes de diversité biologique de la bande côtière (inférieure à 100 m de profondeur) est à nouveau mise en évidence.

Enfin, l'antériorité exceptionnelle de ce suivi en mer, plus de 40 ans, rend possible des traitements statistiques solides afin de mesurer les impacts des changements océano-climatiques sur les oiseaux et mammifères marins. En effet, le sud du Golfe de Gascogne représente une zone de frontière biogéographique pour de nombreuses espèces qui sont alors d'autant plus sensibles à des bouleversements climatiques, ou aux activités humaines qui sont plus largement abordées dans ce nouvel atlas.

Cet ouvrage s'adresse au plus grand nombre, aux naturalistes et à quiconque s'intéresse aux écosystèmes marins. Il doit également servir à répondre aux demandes des gestionnaires en matière de conservation, de gestion des prédateurs supérieurs et d'application des textes nationaux et communautaires (Aires marines Protégées, Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin...).

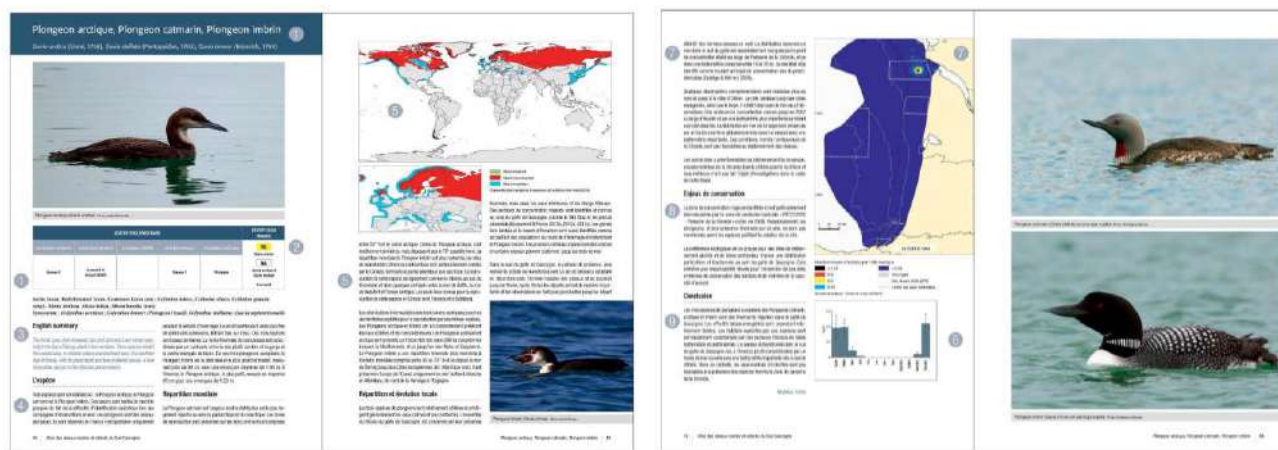


Figure 35 : Exemple d'une monographie dans le nouvel Atlas des oiseaux marins et cétacés du Sud Gascogne

C-2. Projet BIGORNO

En 2016 et 2017, le projet BIGORNO (Biodiversité Intertidale sud Gascogne Observation et Recherche de Nouveaux Outils de surveillance et d'aide à la décision) s'est poursuivi. Il regroupe plusieurs partenaires : le Laboratoire des Ressources Halieutiques d'Aquitaine d'IFREMER (LRHA), le Laboratoire de Mathématiques Appliquées, l'UPPA et le Centre de la mer de Biarritz.

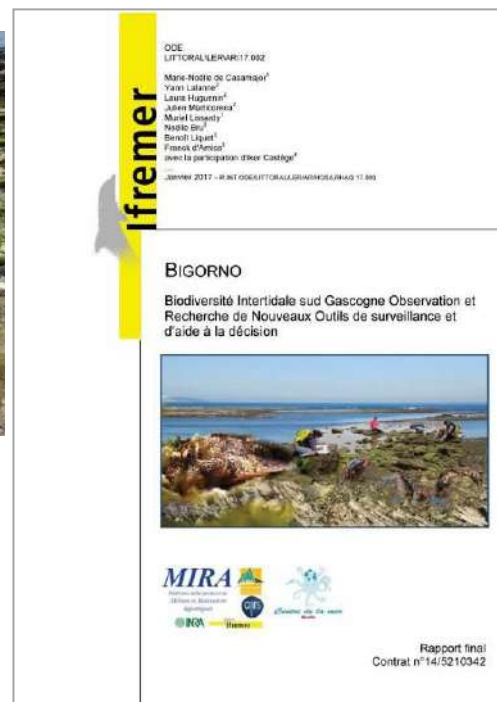
Le travail proposé sur la zone de balancement des marées s'articule autour d'objectifs de recherche avec la mise au point de nouveaux outils, d'expertise grâce à l'acquisition de données. Les descripteurs/métriques retenus dans le cadre de l'évaluation de l'état de conservation des habitats naturels marins à l'échelle d'un site Natura 2000 ont été pris en compte, évalués et leur fiabilité testée, dans les conditions spécifiques de la côte basque. Ils ont été adaptés aux conditions locales dans un souci de cohérence territoriale.

L'enjeu de ce travail a reposé sur la définition d'un compromis entre la précision des données récoltées face aux diverses sources de variabilités identifiées et la faisabilité de mise en œuvre, régulière, du protocole sur le terrain (contraintes environnementales et financières). Le projet a contribué à répondre à un certain nombre de descripteurs de la DCSMM (Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin).

Le projet s'est conclu par la rédaction d'un rapport en janvier 2017 (Figure 36).



Figure 36 : Extraits du rapport relatif au projet BIGORNO.



C-3. Études dans le cadre du projet sur les Énergies Marines Renouvelables

Dans le cadre d'une étude sur les conditions de faisabilité techniques et sociales pour l'accueil d'un projet houlomoteur et la localisation de sa potentielle zone d'installation, une expertise sur la biodiversité présente a été effectuée. À cet effet, les données sur la distribution des oiseaux marins et cétacés du programme ERMMA ont été exploitées et complétées au cours de l'année 2016.

Dans un premier temps, une représentation spatiale des oiseaux marins et mammifères marins au cours de la dernière décennie, du sud des Landes jusqu'à la frontière espagnole a été proposée. Un indice de diversité classique (Shannon) a été utilisé afin d'identifier les zones de forte diversité biologique au sein et autour du secteur d'étude.

Une deuxième étude a ensuite été lancée fin 2016 afin de mieux appréhender les impacts d'un parc houlomoteur sur les prédateurs supérieurs du secteur. Un indice de vulnérabilité local des oiseaux marins et des cétacés a été développé sur la base de 13 critères de conservation et de vulnérabilité étayés par la bibliographie. Ces différents critères prennent en compte aussi bien les statuts de protection des espèces, leur taux de survie, la responsabilité locale en termes d'effectifs que leurs capacités de plongée, d'évitement des structures, ou encore leur amplitude de recherche de nourriture et leur utilisation de reposoir en mer etc. En l'absence de technologie houlomotrice fixée, deux scénarios ont donc été envisagés : l'un pour un appareil placé sur le fond et l'autre pour un appareil de surface.

À l'issue du calcul de l'indice, les espèces ont pu être hiérarchisées en fonction de leur sensibilité locale à un dispositif houlomoteur, puis cartographiées dans le but de mettre en évidence des zones de sensibilité et des zones dites « dérisquées » (Figure 37).

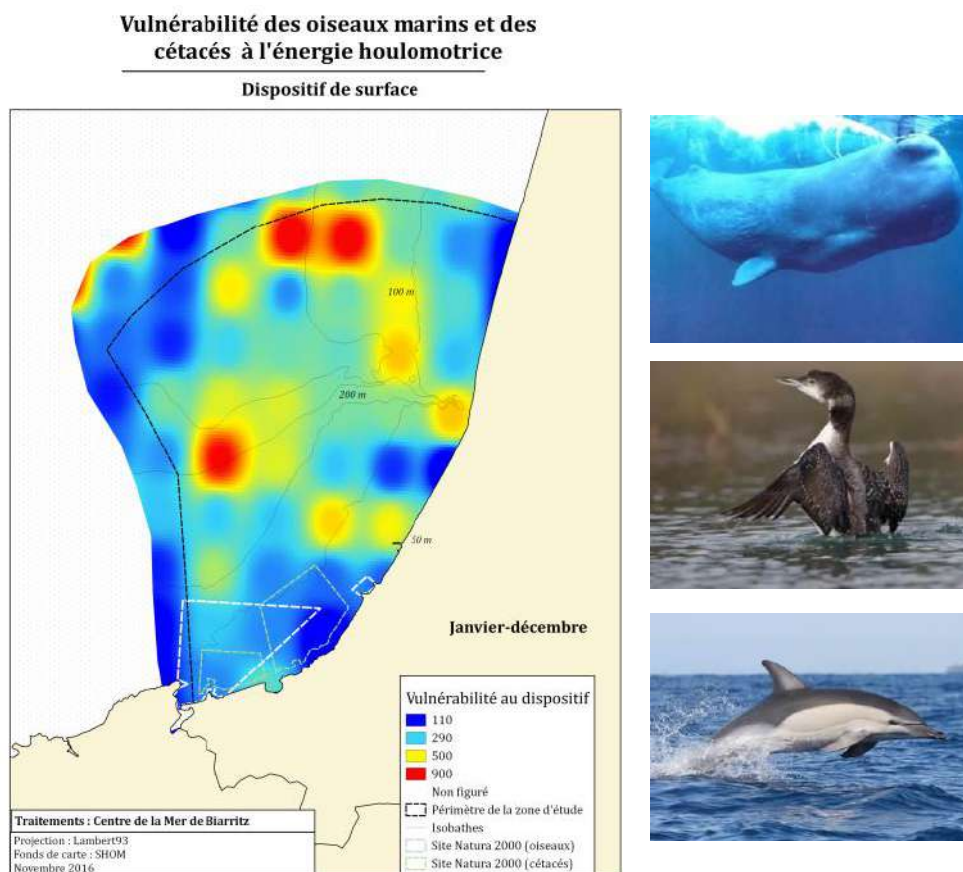


Figure 37 : Carte de vulnérabilité des oiseaux marins et cétacés pour un dispositif houlomoteur de surface et exemple de trois espèces qui présentent une forte vulnérabilité aux dispositifs houlomoteurs. De haut en bas : Cachalot (*Physeter catodon*), Plongeon imbrin (*Gavia immer*) et Dauphin commun (*Delphinus delphis*).

C-4. Implication dans la démarche Natura 2000 en Nouvelle-Aquitaine

Les données du programme ERMMA ont été mises à contribution lors des inventaires biologiques pour les états des lieux des différentes Aires Marines Protégées de Nouvelle-Aquitaine :

- ▲ Plateau de Rochebonne
- ▲ Pertuis charentais
- ▲ Panache de la Gironde
- ▲ Hourtin
- ▲ Rochers de Biarritz
- ▲ Côte basque rocheuse et extension au large

Ces études ont eu lieu en 2012 (projet CARTHAM) et 2013-2016 (DOCOB « Mer et Littoral » qui regroupe 4 sites : « Côte basque rocheuse et extension au large », « Domaine d'Abbadia et corniche basque », « Falaises de Saint-Jean-de-Luz à Biarritz » et « Rochers de Biarritz »), néanmoins, les membres scientifiques du programme ERMMA sont régulièrement conviés aux groupes de travail et

Comités de pilotages (COPIL) des sites Natura 2000 actuellement désignés afin d'apporter leur expertise (Figure 38). Tous ces projets ont été présentés dans les rapports d'activités précédents.

Les principales réunions qui ont eu lieu entre 2016 et 2018 concernaient :

- ▲ La création d'un réseau d'observateurs de la mer visant à l'amélioration de la connaissance des habitats marins, des espèces (Faune et Flore) et de leur état de conservation
- ▲ La contribution à la mise en œuvre d'un dispositif de veille et de gestion des pollutions marines
- ▲ Les COPILs des sites basques « Mer et Littoral »
- ▲ Les COPILs du site d'Hourtin
- ▲ Groupe de travail à l'élaboration du diagnostic écologique du site d'Hourtin

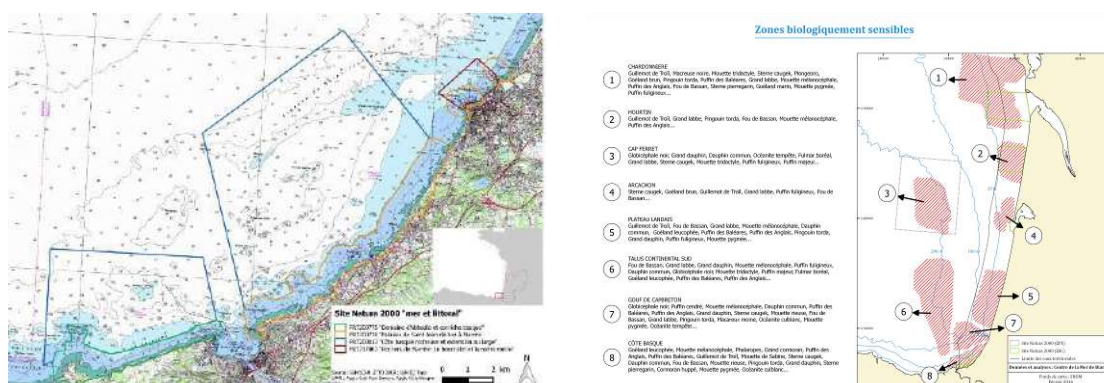


Figure 38 : Les données et expertises de l'ERMMA servent à alimenter les Natura 2000 en mer de Nouvelle-Aquitaine

En marge, les membres de l'ERMMA sont aussi conviés à divers autres comités et assemblées générales, comme celles qui concernent les actions de l'Aquitaine Landes Récifs et le suivi de leurs récifs artificiels le long de la côte landaise ou encore le dragage du lac d'Hossegor.

Les données de l'ERMMA seront également utilisées dans le cadre du Plan National d'Action pour le Puffin des Baléares en collaboration avec le Ministère de la transition écologique et solidaire (MTES/DEB), la DREAL Bretagne et l'Agence Française de la Biodiversité.

C-5. Projet MICROPOLIT

Le programme ERMMA participe depuis 2016 au projet MICROPOLIT dont l'objectif est de définir l'état et l'évolution de la qualité du milieu littoral sud Aquitain. Ce projet rassemble plusieurs partenaires scientifiques : l'Université de Pau et des Pays de l'Adour avec l'appui de la fédération MIRA et de ses laboratoires associés, le Centre de la Mer de Biarritz, l'IFREMER, l'Institut des Milieux Aquatiques, l'INRA, le CNRS ou encore le LAPHY.

Le projet s'articule autour de cinq actions principales au travers de trois sites ateliers que sont le Gouf de Capbreton, la côte basque rocheuse et la zone estuarienne de l'Adour.



ACTION 1 : bilan des connaissances sur la qualité chimique/biodiversité

ACTION 2 : Amélioration des connaissances sur les sources, la réactivité et les impacts des micropolluants

ACTION 3 : Mise en place de systèmes d'observation et lien avec les systèmes déjà existants

ACTION 4 : Modélisation de la dispersion et simulation de l'évolution et des impacts

ACTION 5: Réduction des sources traitement versus épuration naturelle.

Le programme ERMMA, qui intervient principalement dans les actions 2 et 3, s'est intéressé entre 2016 et 2018 à évaluer la bioaccumulation des micropolluants par des organismes bioindicateurs, ainsi que l'impact des micropolluants sur la biodiversité des populations côtières. Le Goéland leucophaée (*Larus michahellis*), déjà suivi dans le cadre de l'ERMMA ([voir section A-2](#)), a été retenu comme espèce indicatrice.

Des plumes ont été récoltées sur les colonies et sur le Centre de Stockage de Déchets Ultimes de « Zaluaga Bi » en vue d'être analysées ([Figure 39](#)). Des pelotes de réjection ont été collectées en parallèle afin de déterminer le régime alimentaire des reproducteurs du littoral biarrot. Les premiers résultats font état d'une alimentation d'origine terrestre (déchet humains) et marine.

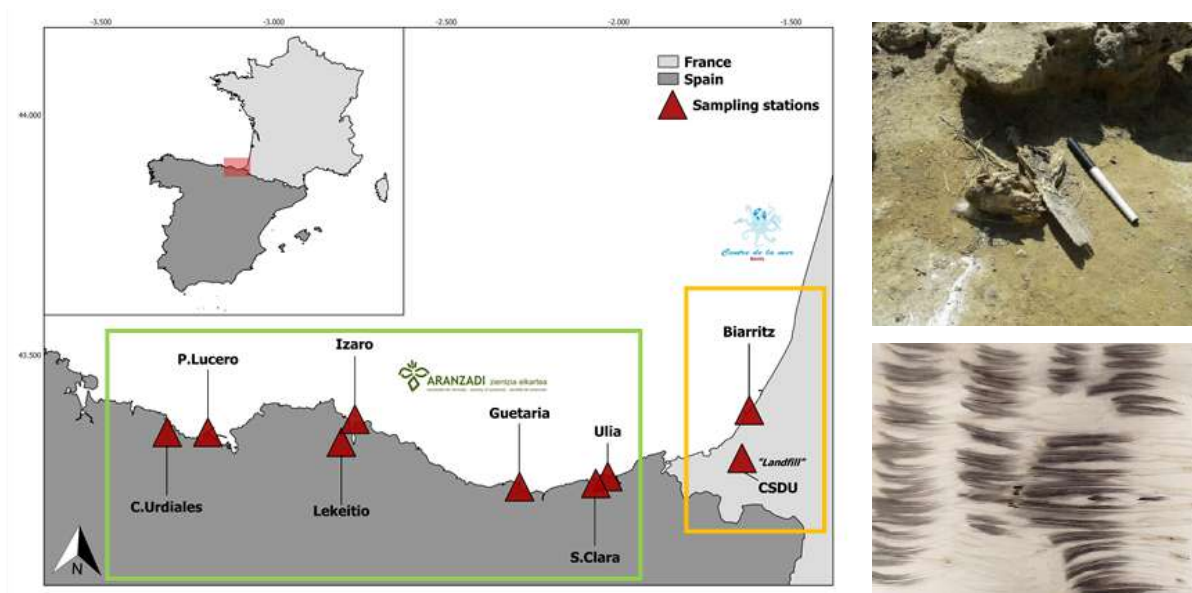


Figure 39 : Dans le cadre du projet MICROPOLIT des plumes ont été collectées sur les colonies françaises et espagnoles et sur le site « Zaluaga Bi » en collaboration avec la Société des Sciences Aranzadi puis analysées avec l'aide de l'UPPA.

Les plumes récoltées en 2017 et 2018 ont été analysées pour déterminer la présence de mercure, un polluant bioaccumulé couramment étudié chez les oiseaux marins, ainsi que celle de micropolluants émergents. En complément, le régime alimentaire au travers d'analyses isotopiques nous a éclairés sur les sources d'alimentation de ces mêmes goélands. Ces analyses ont été effectuées en collaboration étroite avec l'UPPA mais aussi avec des partenaires espagnols de la Société de Science Aranzadi.

Ainsi, les résultats entre les colonies françaises de Goéland leucopnée, le site d'alimentation de « Zaluaga Bi » et les colonies espagnoles ont été mis en commun. Cette collaboration fructueuse a pu mettre en lumière un gradient spatial de contamination. Les résultats indiquent que les goélands nichant sur les colonies proches des ports présentent de plus fortes concentrations en mercure, ce qui serait lié à une alimentation marine plus importante (le mercure étant très présent dans les chaînes trophiques marines). En complément, 45 pharmaceutiques ont été testés : au final 3 ont été retrouvés dans tous les échantillons, dont l'un des principaux est la caféine.

En parallèle, un partenariat avec les centres de soin de la région et la DREAL a été concrétisé afin de prélever des organes sur des oiseaux marins échoués (Figure 40). L'objectif de ce suivi particulier se concentre sur l'état de santé des animaux migrants échoués au cours de l'hiver. Une trentaine d'espèces est ainsi concernée. Ce suivi dépasse le cadre strict du projet MICROPOLIT et entre pleinement dans le cadre du programme ERMMA.



Figure 40 : Exemples d'espèces les plus fréquemment échouées sur les côtes régionales. A gauche : un Fou de bassan (*Morus bassanus*) et à droite un Guillemot de Troïl (*Uria aalge*).

C-6. Implication dans la démarche régionale AcclimaTerra

AcclimaTerra est le Comité Scientifique Régional sur le Changement Climatique de la région Nouvelle-Aquitaine. Il est né du souhait du Conseil Régional de Nouvelle-Aquitaine de doter le territoire régional d'un groupe d'experts scientifiques permanent, indépendant, capable d'apporter aux acteurs du territoire les connaissances nécessaires à leur stratégie d'adaptation au changement climatique.

Comité pluridisciplinaire, il couvre une quinzaine de domaines, incluant par exemple l'agriculture, la biodiversité, la climatologie, l'économie, l'histoire, la pêche et conchyliculture etc.

Plusieurs participants du programme ERMMA sont pleinement impliqués dans cette démarche depuis 2011. Nous avons ainsi participé au premier ouvrage de synthèse publié en 2013 et qui avait mobilisé le savoir collaboratif de 163 experts « Prévoir pour Agir : la région Aquitaine anticipe le changement climatique ». À cet effet, les experts du programme ERMMA ont contribué à l'élaboration de plusieurs chapitres : « Du climat global au climat régional », « Biodiversité Marine », « Ressources exploitées par la pêche et l'ostréiculture ».

Un deuxième rapport synthétique a été publié en 2016 à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine et permet d'ajouter une large quantité d'informations très diverses et de signaler des enjeux territoriaux importants dans le but d'accompagner les prises de décisions des responsables locaux. Cette fois-ci, les spécialistes de l'ERMMA ont surtout contribué au chapitre « Les ressources exploitées par la pêche et la conchyliculture » (Figure 41).



Figure 41 : Le programme ERMMA a participé à l'élaboration des deux ouvrages régionaux d'AcclimaTerra sur l'anticipation des changements climatiques.

Les connaissances des experts du programme ERMMA ont également été valorisées en 2018 lors du Train du Climat, une initiative de la communauté scientifique pour partager avec tous les publics les dernières connaissances sur les enjeux climatiques et les solutions. La région Nouvelle-Aquitaine a accueilli la première cette initiative, ce qui a permis de partager sur les travaux du programme ERMMA, notamment lors de la table ronde « Biarritz, territoire à l'épreuve du climat — Biarritz, territoire entre mer et montagne : comment se manifeste le changement climatique ? » (voir section D-3)

C-7. Étude sur l'adaptation du plan lumière sur le littoral de Biarritz

Le site Natura 2000 « Rochers de Biarritz : le Bouccalot et la Roche Ronde » (FR7212002) s'étend du phare de Biarritz jusqu'aux rochers des Cachaus derrière la Villa Belza, englobant les principaux rochers du littoral biarrot. Ce site a été désigné au titre de la Directive « Oiseaux » et jouit donc d'un statut de Zone de Protection Spéciale (ZPS).

Le littoral de Biarritz est également classé en Natura 2000 au titre de la Directive « Habitats Faune Flore » (site « Falaises de Saint-Jean-de-Luz à Biarritz », FR7200776). L'un des habitats qui justifie cette désignation est le massif d'Hermelles situé sous l'arche du Basta à Biarritz. Ce massif possède un enjeu de conservation très fort au sein du site.

À cet effet, une action destinée à proposer une éventuelle adaptation du plan lumière sur le littoral de Biarritz, en concertation avec la ville, a été validée par le comité de pilotage. Les oiseaux sont très sensibles à tout type de dérangement d'origine anthropique, en particulier pendant la période de reproduction. Quatre espèces se reproduisent sur le site, et potentiellement une cinquième : le Goéland leucophée, l'Océanite tempête, le Martinet pâle, le Faucon pèlerin et le Cormoran huppé (à surveiller). Ces oiseaux nichent sur les falaises et les rochers. À l'heure actuelle, neuf sites sont utilisés par des couples nicheurs.

Biarritz est l'une des seules villes littorales à disposer d'un plan lumière visant à valoriser l'ensemble de son espace littoral. Afin de concilier l'attrait touristique de cette scénographie et les enjeux écologiques du site Natura 2000, une étude sur les interactions potentielles entre éclairage et avifaune nicheuse est nécessaire pour proposer une adaptation durable des aménagements du plan lumière.

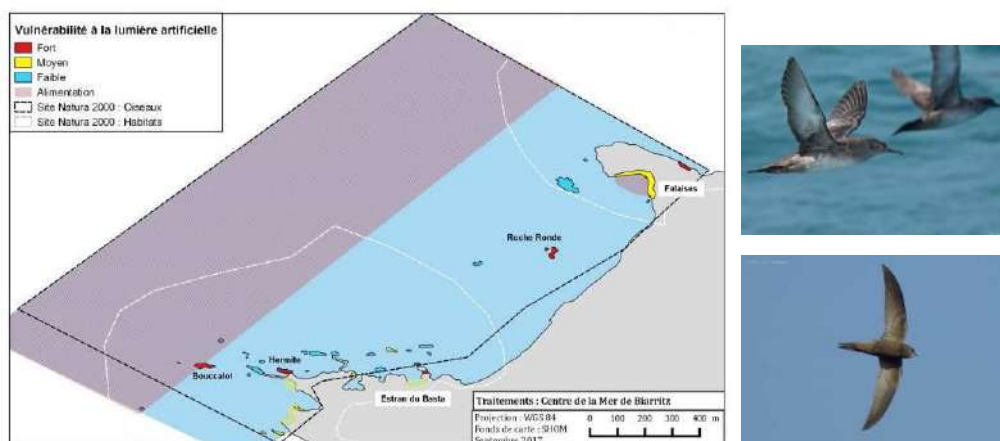


Figure 42 : Carte synthétique de la localisation des zones vulnérables à la lumière artificielle (oiseaux du littoral et massifs d'Hermelles) et exemple d'espèces parmi les plus vulnérables à la lumière artificielle, de haut en bas : Puffin des Baléares (*Puffinus mauretanicus*) et Martinet pâle (*Apus pallidus*).

Ainsi, les données issues du programme ERMMA ont permis de réaliser une étude en 2017 pour caractériser les impacts potentiels de la lumière artificielle sur les oiseaux marins du littoral de Biarritz. Cette étude s'est accompagnée d'une recherche bibliographique importante sur les causes et effets généraux de la lumière artificielle sur la biodiversité avec un focus sur les conséquences positives ou négatives sur les oiseaux marins : attraction, échouages massifs, collision, prédation, amélioration de la recherche de proies, etc.

Afin de mieux appréhender les impacts de l'éclairage des rochers et de la baie de Biarritz, un indice de vulnérabilité adapté localement a été développé sur la base de six critères de conservation ou de vulnérabilité à la lumière artificielle. Cet indice a conduit à la hiérarchisation des espèces en fonction de leur sensibilité à la problématique, ainsi qu'à une cartographie des zones à risque (Figure 42).

C-8. Sciences participatives

Plusieurs animations de sciences participatives ont été réalisées entre 2016 et 2018 dans le cadre du programme ERMMA (Figure 43). Par exemple, le programme intègre désormais au travers du Centre de la Mer de Biarritz le réseau BIOLIT en devenant un relai local pour la démarche. Des ateliers avec les scolaires sont ainsi proposés avec le protocole de science participative « algues brunes et bigorneaux ». En parallèle, l'application d'autres protocoles nationaux est en cours de calibrage pour le littoral de la Nouvelle-Aquitaine (protocole ALAMER du MNHN par exemple).

Le programme ERMMA est aussi engagé dans la démarche des Aires Marines Éducatives (AME). Une AME est une zone maritime littorale de petite taille qui est gérée de manière participative par les élèves d'une école primaire suivant des principes définis par une charte. Elle constitue un projet pédagogique et éco-citoyen de connaissance et de protection du milieu marin par des jeunes publics. Elle s'articule autour d'une collaboration entre une école, un référent scientifique et une municipalité. Le projet national est piloté par l'Agence Française de la Biodiversité.

Les programmes initiés en 2016 ont été poursuivis en 2017 jusqu'à la fin de l'année scolaire, puis ont été reconduits pour l'année scolaire 2018-2019. Les écoles participantes qui le souhaitent ont demandé et obtenu le label AME. Pour l'année 2018-2019 de nouvelles écoles ont rejoint la démarche, en particulier dans les Landes en collaboration avec le CPIE Seignanx et Adour.



Figure 43 : Mise en place de sciences participatives avec les scolaires sur le terrain et dans les classes.

Une dizaine d'écoles de Nouvelle-Aquitaine sont actuellement dans la démarche d'une AME avec comme référent scientifique des participants du programme ERMMA. De ce fait, les données obtenues dans le cadre du programme ERMMA pourront être valorisées auprès des établissements

scolaires concernés. Le suivi de la biodiversité sur site (faune de l'estran, oiseaux marins, etc.) sera essentiel pour mesurer l'impact local du dispositif AME et la concrétisation de l'objectif de préservation du patrimoine naturel dans lequel il s'inscrit.

C-9. Expertises diverses

C-9 a. Atlas nationaux ou régionaux de la biodiversité

À l'issue de la publication de l'Atlas des Oiseaux nicheurs d'Aquitaine aux éditions Delachaux-Niestlé en 2015, un nouveau projet a été initié par la LPO et le collectif Faune-Aquitaine, cette fois sur les oiseaux hivernants. Dans la logique du précédent atlas, le territoire concerné est celui de l'ancienne région Aquitaine.

Les connaissances et compétences des membres du programme ERMMA sont une nouvelle fois requises afin de rédiger des monographies. Les données recueillies dans le cadre du programme vont ainsi être valorisées pour six espèces (Figure 44) :

- Mouette tridactyle (*Rissa tridactyla*)
- Mouette de Sabine (*Xema sabini*)
- Mouette pygmée (*Hydrocoloeus minutus*)
- Mouette mélanocéphale (*Ichthyæetus melanocephalus*)
- Goéland leucopnée (*Larus michahellis*)
- Cormoran huppé (*Phalacrocorax carbo*)

Le travail de rédaction a eu lieu courant 2017, puis de relecture en 2018 avec une date de publication encore inconnue.



Figure 44 : Exemple d'espèces incluses dans l'atlas des oiseaux hivernants d'Aquitaine qui s'appuient sur l'expertise des membres du programme ERMMA. De gauche à droite : Mouette tridactyle (*Rissa tridactyla*), Mouette de Sabine (*Xema sabini*) et Mouette pygmée (*Hydrocoloeus minutus*).

En 2015 et 2016, des experts du programme ERMMA ont participé à la rédaction et la relecture de plusieurs monographies (Grand dauphin, Dauphin commun, Globicéphale noir) pour « l'Atlas des mammifères sauvages de France – volume 1 Les mammifères marins » publié par le Muséum national d'Histoire naturelle en décembre 2016 (voir section D-1b).

C-9 b. Suivi de la macro-faune benthique de substrat meuble

Dans le cadre du suivi annuel de la macro-faune benthique de substrat meuble à proximité de l'émissaire de la Milady de Biarritz, une campagne de prélèvement est réalisée afin de caractériser l'état du milieu (Figure 45). Les peuplements des sédiments meubles (des vases aux sables moyens) sont largement représentés dans la frange côtière. Les biocénoses benthiques sont soumises à diverses pressions anthropiques (aménagements littoraux, eutrophisation, pêche, etc.). De par leur sensibilité à la contamination des sédiments ou à l'excès de matière organique, ils représentent des indicateurs fiables et reconnus de la qualité du sédiment. L'échantillonnage de la macro-faune benthique de substrat meuble répond aux exigences de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) ainsi qu'à un protocole précis.

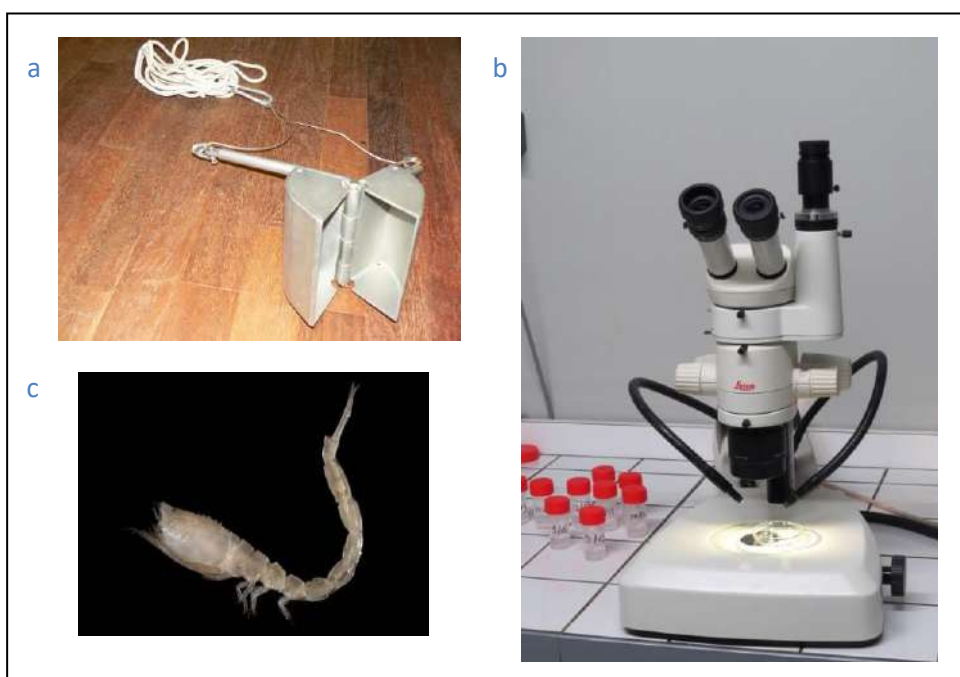


Figure 45 : matériel utilisé pour l'échantillonnage de la macro-faune benthique : **a.** benne Van Veen utilisée pour les prélèvements, **b.** détermination en laboratoire sous une loupe binoculaire ; et **c.** exemple d'espèce présente dans l'échantillonnage (*Iphinoe trispinosa*)

Ce projet a permis de caractériser l'état du milieu sur la base de prélèvements en mer et d'analyse de données, entre autres avec l'indice M-AMBI. Les résultats indiquent un état écologique bon malgré des échantillons relativement pauvres.

C-9 c. Demande de communes littorales sur la problématique « frais de moules »

En 2017, le littoral sud néo-aquitain a fait l'objet de plusieurs échouages conséquents de ce qui est appelé localement « frais de moule ». Cette matière visqueuse, échouée parfois sur plusieurs dizaines de centimètres d'épaisseur devient vite problématique de par son odeur lorsqu'elle se décompose. L'entreprise en charge du nettoyage mécanique est donc régulièrement sollicitée pour des évacuations. Le programme ERMMA a été saisi de ce besoin d'expertise sur la nature du phénomène au travers de son partenariat avec l'OCA.

Des prélèvements et une analyse ont été effectués par le LAPHY, expert planctonique du programme ERMMA.

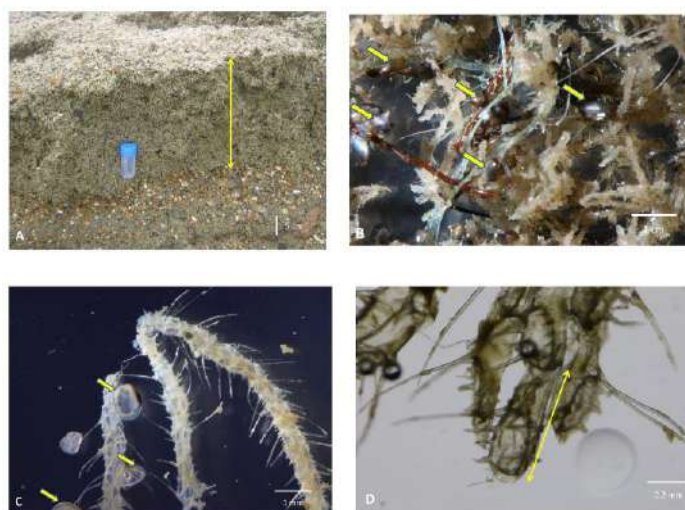


Figure 46 : matériel utilisé pour l'échantillonnage de la macro-faune benthique : **a.** benne Van Veen utilisée pour les prélèvements, **b.** détermination en laboratoire sous une loupe binoculaire ; et **c.** exemple d'espèce présente dans l'échantillonnage (*Iphinoe trispinosa*).

Les résultats des analyses montrent qu'il ne s'agit pas d'un frais de moule mais d'une espèce de bryzoaires, *Electra pilosa*, qui se développe en colonie sur des supports (Figure 46). Après des périodes d'agitations, ces agrégats peuvent dériver et s'accumuler sous forme de laisses de mer sur l'estran comme cela s'observe dans d'autres régions. Ces accumulations sur l'estran peuvent être massives comme observé cette année en Nouvelle-Aquitaine. Cependant, cette espèce de bryzoaire ne pose pas de problème de dangerosité.

Cette expertise a permis aux collectivités de mieux gérer cet évènement en l'absence d'enjeu sanitaire important. Cependant, les prélèvements pourraient être à l'avenir plus systématiques, car l'origine, la composition et la fréquence de ces laisses de mer peut se modifier et évoluer avec le temps ou les conditions océano-climatiques.

C-9 d. Étude des récifs artificiels landais

Les premiers récifs artificiels d'Aquitaine ont été immergés en 1990 par l'association ADREMCA (Association pour la Défense, la Recherche et les Études Marines de la Côte Aquitaine) au large de Mimizan. Le site développé depuis lors porte le nom de récif du Porto. En 2000, Aquitaine Landes Récifs (ALR) place à son tour des concessions à Capbreton, Soustons/Vieux Boucau et Messanges/Azur/Moliets.

Sous l'impulsion du Département des Landes, l'ERMMA a mis en place un protocole de suivi de la faune aquatique présente sur les récifs artificiels en 2009. La méthodologie, élaborée en concertation avec les plongeurs de ces deux associations, a pour but d'acquérir des connaissances standardisées et harmonisées sur l'ensemble des sites. Elle se base sur des comptages visuels par points fixes (méthodologie détaillée dans les précédents rapports d'activité).

Des analyses plus complètes ont été menées en 2014, sachant toutefois que le recul temporaire à cette époque (4 ans) ne permettait que des tests descriptifs essentiellement. Les premiers résultats, inédits sur la façade atlantique française, ont été présentés à la communauté scientifique lors du XIV^{ème} colloque ISOBAY en 2014 puis valorisés sous la forme d'un article scientifique publié en 2016 dans la revue internationale *Estuarine, Coastal and Shelf Science* ([voir section D-1a et annexe IV b](#)).

Malgré le malheureux décès de Gérard Fourneau, Président et fondateur d'Aquitaine Landes Récifs en 2017, les deux associations continuent de collaborer avec le programme ERMMA en fournissant leurs données issues du suivi biologique. Ainsi, de nouvelles analyses seront menées au cours de l'année 2019.

D. Communication des résultats



- 54 > Publications
- 57 > Manifestations
- 60 > Reportages et interview
- 62 > Communication sur internet

D-1. Publications

D-1 a. Articles scientifiques

Les publications scientifiques dans des revues internationales sont, comme chaque année, au cœur de la politique de communication du programme ERMMA. Elles sont accessibles au public par l'intermédiaire du site internet www.ermma.fr.

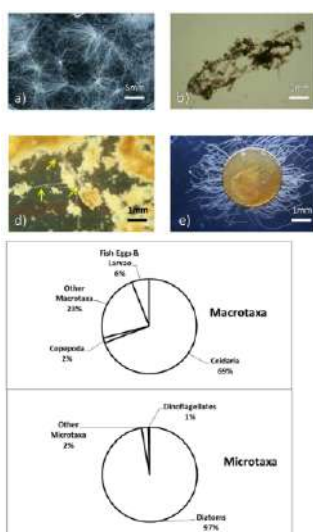
Les résultats des travaux menés sont soumis à validation par un comité d'experts indépendants avant publication. Ce processus, qui peut parfois être long, assure une reconnaissance des études menées. Ainsi, les travaux scientifiques présentés lors des colloques de 2014 ont été valorisés sous forme d'articles scientifiques publiés en 2016 dans la revue internationale *Estuarine, Coastal and Shelf Science*.

Colonisation du Goéland leucopnée sur la côte Basque et mesures de gestion

La population de goéland leucopnée n'a cessé de croître depuis la première nidification observée sur la côte basque en 2005. La présence d'un Centre de Stockage de Déchets Ultimes (CSDU) à proximité ainsi que l'existence de sites favorisant la nidification ont permis cet accroissement de population. Cependant, la présence des goélands perturbe le bon fonctionnement du CSDU. Ainsi différentes méthodes d'effarouchement combinées ont été testées, montrant une efficacité certaine (de 5000 individus à quelques centaines en une année) sans report particulier sur les autres sites de la côte basque habituellement fréquentés. Ainsi nous recommandons une poursuite des actions d'effarouchement, couplées à un suivi biologique, permettant de vérifier qu'il n'y ait pas d'accoutumance ou de changement de comportement.



Caractérisation biologique du liga



Depuis une quinzaine d'années, les filets des pêcheurs de la côte basque sont régulièrement recouverts d'une substance collante et irritante, appelée localement « liga ». Ce mucilage peut limiter leurs prises (rend le filet visible) et conduire à des allergies de contact, d'où l'importance de cette étude pluridisciplinaire.

Cette dernière a mis en évidence la grande diversité d'organismes présents dans le liga (111 taxons, majoritairement planctoniques), associés à des matériaux continentaux (graines, pollen, poils de mammifères).

L'aggrégation de ces organismes et matériaux est notamment facilitée par la présence de certaines espèces, principalement de diatomées, qui excrètent des bio-polymères collants et transparents. Ce mucilage va ensuite se fixer au gré des courants sur les filets des pêcheurs.

Quant aux cnidaires et spicules de spongiaires présents en grand nombre dans les échantillons, ils peuvent expliquer les irritations constatées lors d'une manipulation sans gants des filets.

Structure et dynamique de la faune marine associée aux récifs artificiels des Landes



Le suivi de récifs artificiels landais sur deux sites (récif du Porto à Mimizan et récif Typi à Capbreton) ont permis de mettre en évidence une richesse spécifique en fonction du degré de complexité architecturale des structures. Ainsi barge et Typi comportent la plus grande diversité d'espèces du fait des nombreux espaces offerts par ces deux types de récifs. Les amas bétonnés présentent quant à eux une diversité d'espèces d'autant plus importante qu'ils possèdent de modules, ajoutés au cours du temps.

La colonisation du récif Typi était toujours en cours, trois ans après son installation, avec une modification du cortège d'espèces présentes au cours du temps (les espèces pélagiques ayant laissé place aux espèces benthiques).

D-1 b. Ouvrages scientifiques et atlas faunistiques

Atlas oiseaux marins et cétacés du Sud Gascogne De l'estuaire de la Gironde à la Bidassoa

En fin d'année 2018 a été publié l'Atlas des oiseaux marins et cétacés du Sud Gascogne aux éditions scientifiques du Muséum National d'Histoire Naturelle. Cet ouvrage élaboré par le Centre de la Mer de Biarritz rassemble une vingtaine d'experts scientifiques et plusieurs institutions partenaires du programme ERMMA et illustre la formidable biodiversité des eaux de Nouvelle-Aquitaine.

Les aires marines protégées locales et les évolutions de ces espèces à forts enjeux de conservation en lien avec les changements climatiques sont abordées au travers d'analyses statistiques. Des chapitres généralistes sur ces animaux, les écosystèmes du littoral, les relations avec l'homme et les liens culturels, complètent cet ouvrage richement illustré.

Cet atlas s'adresse aux spécialistes et aux néophytes mais également aux différents acteurs en matière d'environnement marin afin d'aider à l'application des textes nationaux et communautaires (aires



marines protégées, Natura 2000, Directive Cadre Stratégie pour le milieu marin, etc.). Il s'agit donc d'une valorisation très importante du travail réalisé dans le cadre du projet ERMMA et en particulier du suivi en mer des oiseaux marins et cétacés sur les garde-côtes (voir sections A-1 et A-3).

L'ouvrage rassemble des années de travaux et fait la part belle aux organismes qui soutiennent le programme ERMMA avec, en particulier, une préface signée par Nicolas Thierry, Vice-président Environnement et Biodiversité de Nouvelle-Aquitaine. Cet atlas fait suite au précédent, publié en 2009.

Atlas des mammifères sauvages de France – volume 1
Les mammifères marins

Premier volume d'une série consacrée aux mammifères sauvages de France, cet ouvrage synthétise les données d'observation récoltées depuis 2000 par une trentaine de structures. Ainsi le programme ERMMA a apporté son expertise sur plusieurs espèces, notamment le Dauphin commun, le Grand dauphin et le Globicéphale noir.

Cet atlas, édité par le Muséum National d'Histoire Naturelle, décrit les 71 espèces de mammifères marins présentes dans les eaux françaises (métropole et DOM-TOM).



Mémento de planctologie marine



Cet ouvrage, qui rassemble les connaissances actuelles sur l'écosystème planctonique marin, met en valeurs les travaux de suivis de populations zooplanctoniques de Cladocères effectués dans le cadre du programme ERMMA (voir section A-8). En effet, parmi les espèces recensées actuellement, cinq sont étudiées dans le cadre du programme comme indicatrices de changements océano-climatiques.

D-1 c. Autres publications

Une **plaquette promotionnelle** a été élaborée et diffusée en 2016 afin de communiquer davantage autour des actions du Centre de la Mer de Biarritz, dont le programme ERMMA (Figure 47).



Figure 47 : Extrait de la plaquette promotionnelle du Centre de la Mer de Biarritz où le programme ERMMA est largement valorisé.

D-2. Manifestations

Les membres du programme ERMMA participent chaque année à des manifestations à destination de spécialistes, d'étudiants mais aussi du grand public.

D-2 a. Colloques scientifiques et séminaires

La communication auprès des scientifiques est une étape incontournable, favorisant les échanges avec spécialistes et partenaires, et la mise en place de collaborations. Ainsi les membres du programme ERMMA participent chaque année à des colloques scientifiques afin de valoriser les travaux réalisés.

Tous les deux ans, a lieu le symposium international ISOBAY (International Symposium on Oceanography of the Bay of Biscay) qui rassemble des scientifiques travaillant sur le Golfe de Gascogne autour de plusieurs thématiques marines, côtières ou estuariennes (biodiversité, dynamique côtière, biochimie, sédimentologie, pêcheries et aquacultures...). Les résultats du programme ERMMA sont valorisés à chaque édition au travers de posters ou de présentation.

Ainsi, les travaux menés par l'ERMMA sur les impacts des changements climatiques sur les prédateurs supérieurs ont été présentés lors des quinzième (22-24 juin 2016 à Bilbao) et seizième (05-07 juin 2018 à Anglet) éditions (Figure 48).

En plus du colloque ISOBAY, entre 2016 et 2018, le programme ERMMA a été représenté lors de plusieurs événements :

- la convention SEANERGY les 1^{er} et 2 juin 2016 à Biarritz ;
- le colloque « Littoral 2016 » du 25 au 29 octobre 2016 à Biarritz (co-organisé par le Centre de la Mer de Biarritz) ;
- Congrès transfrontalier sur le Changement Climatique et Littoral UHINAK à Irun les 28 et 29 septembre 2016 ;
- la Convention SEANERGY les 22 et 23 mars 2017 au Havre ;
- le congrès SIMNORAT à Irun le 02 octobre 2018 à Irun ;
- le séminaire Life LEMA...

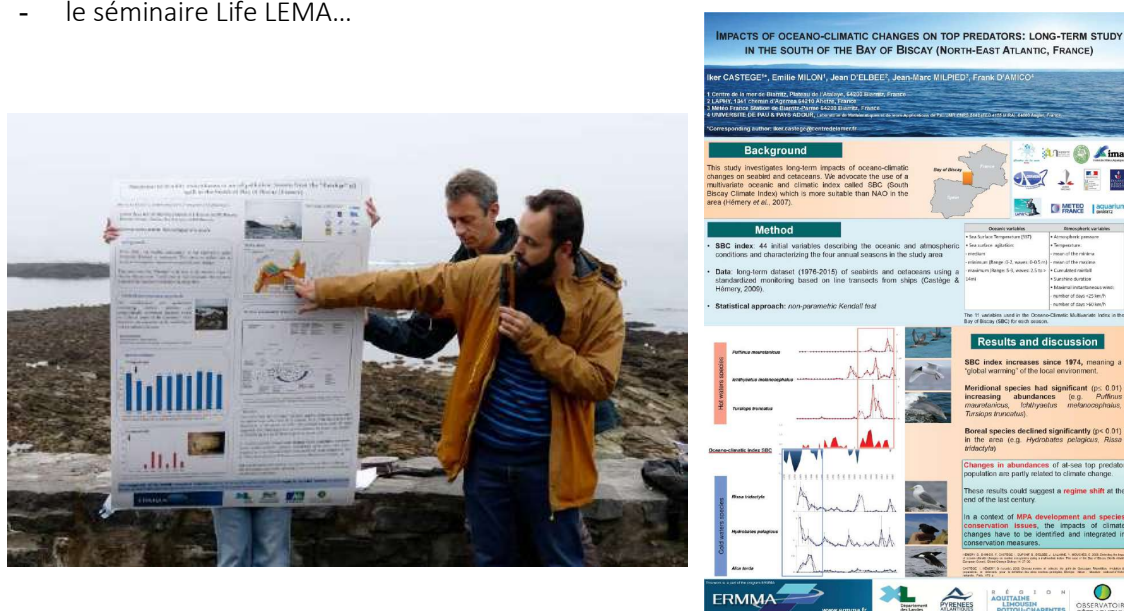


Figure 48 : Les résultats du programme ERMMA sont valorisés auprès de la communauté scientifique : à gauche lors de la sortie terrain du colloque « Littoral 2016 » en 2016 et à droite avec un poster sur les impacts des changements climatiques sur les prédateurs supérieurs présentés lors du symposium ISOBAY en 2016.

D-2 b. Conférences, ateliers et forums

D'autres types de rencontres permettent d'exposer les travaux réalisés dans le cadre du programme ERMMA, notamment au grand public au travers de conférences ouvertes à tous. Entre 2016 et 2018, les membres de l'ERMMA ont ainsi pu présenter les travaux du programme à de multiples reprises, à commencer par l'**atelier de terrain EUCC-France**, co-organisé par le Centre de la Mer de Biarritz « baie de Txingudi, estuaire transfrontalier de la Bidassoa » les 8 et 9 mars 2016. De même, **les rencontres scientifiques du Gouf de Capbreton**, qui se sont tenues le 8 avril 2016, ont été l'occasion pour le grand

public de découvrir les travaux de chercheurs qui travaillent depuis des années sur le littoral sud-aquain, comme ceux du programme ERMMA (Figure 49).



Figure 49 : Exemples de communications pour le grand public réalisées en 2016. À gauche : co-organisation d'un atelier de terrain autour du thème « Baie de Txingudi, estuaire transfrontalier de la Bidassoa » ; à droite : participation aux rencontres scientifiques du Gouf de Capbreton.

Ce sont aussi les résultats de ce programme qui ont permis d'apporter des connaissances sur la thématique « Suivi et évolution de la biodiversité marine aquitaine dans un contexte de changement climatique » lors des **37^{ème} rencontres des Agences d'Urbanisme en Pays Basque et Béarn**, en octobre 2016.

Des **conférences à destination du grand public** sont aussi l'occasion de partager les connaissances acquises au cours des travaux de recherche (Figure 50). Ainsi, le suivi des populations zooplanctoniques ont été mis en valeur lors de la conférence « Plancton, peuple de l'eau » animée par Jean d'Elbée, partenaire actif du programme ERMMA, le 21 février 2017 à la Cité de l'Océan.



Figure 50 : Les travaux de l'ERMMA sont chaque année présentés au grand public au travers de conférences.

De même, l'ensemble des travaux de suivi de populations effectués dans le cadre du programme ERMMA ont été valorisés lors de plusieurs conférences

- « Echouage et biodiversité marine en Aquitaine » en avril 2017 au CPIE Littoral Basque, à Hendaye,
- « La biodiversité marine sur la côte basco-landaise » en novembre 2017 à la Plaine d'Ansot de Bayonne ;
- « L'environnement marin local » le 07 février 2018 pour la Société des Amis du Musée de la Mer à la Cité de l'Océan

- « l'extraordinaire biodiversité du golfe de Gascogne » le 22 mars 2018 pour les Jeudi du Batzoki à Saint-Jean-de-Luz
- « L'environnement marin local » le 19 décembre 2018 pour L'Université du Temps Libre à Saint-Jean-de-Luz...

Des **journées de rencontres** ont aussi été l'occasion de présenter, d'échanger ou d'entretenir des collaborations autour des thématiques traitées dans le cadre du programme ERMMA, comme lors des journées DCSMM (Directive-Cadre Stratégie pour le Milieu Marin), des réunions sur le plan POLMAR (POLLution MARitime), de la journée sur la « Contribution des Sciences Citoyennes et Participatives à la Connaissance et la Gestion de la Biodiversité Marine et Côtière », des journées de rencontre à la Région Nouvelle-Aquitaine, des ateliers de travail avec la Société des Sciences Aranzadi à Saint Sébastien, etc.

La communication à destination des étudiants étant également importante, les membres du programme ont participé comme chaque année à des forums des métiers et à l'encadrement de stagiaires (voir annexes I à III).

D-3. Reportages et interview

Entre 2016 et 2018, plusieurs reportages et interview à destination du grand public ont été réalisés au sujet des activités menées par le programme ERMMA. Ainsi, un article dans le magazine en ligne **C-your Mag**, produit par Cap Sciences et publié en ligne le 22 février 2016, fait référence aux travaux de suivi des populations d'oiseaux marins. Une **interview** des travaux scientifiques menés par le programme ERMMA a également été publiée sur le site internet de l'Agglomération Pays Basque en 2016.

En 2017 le journal **Sud-Ouest** a publié un article pour sensibiliser le public à l'urgence climatique, suite à l'appel des scientifiques français au gouvernement. Les travaux menés par le programme ERMMA sur les changements océano-climatiques ont ainsi été valorisés (Figure 51). Un article a aussi été diffusé pour promouvoir les sciences participatives mises en place en collaboration avec le programme ERMMA afin de transmettre au plus jeune les connaissances acquises dans le cadre des recherches scientifiques.



Figure 51 : Exemple d'articles publiés dans le journal Sud-Ouest en 2017 qui valorisent les travaux de recherche du programme ERMMA ainsi que la transmission aux plus jeunes au travers des sciences participatives.

Au cours de l'année 2017, deux articles ont été publiés dans les journaux **Mediabask** (15/03/2017) et **Sud-Ouest** (16/03/2017) pour la venue de la secrétaire d'État à la biodiversité Barbara Pompili à Biarritz (Figure 52). Les travaux de suivi de la biodiversité menés par le programme ERMMA ont été au cœur de cette rencontre avec pour problématique l'évolution des populations en lien avec les changements océano-climatiques constatés (Annexe VIII). Ce fut également l'occasion de parler du suivi des Hermelles, une espèce de vers marin constructeur de récifs biologiques.



Figure 52 : La venue de la secrétaire d'État à la biodiversité Barbara Pompili pour parler des travaux du programme ERMMA en mars 2017 a été largement diffusé auprès des médias (Sud-Ouest, Mediabask) et des réseaux sociaux.

Dans ce contexte, un reportage a également été réalisé par **France 3 Pays Basque**, diffusé le 15 mars 2017 (Figure 53).



Figure 53 : Extraits du reportage de France 3 Pays Basque réalisé lors de la visite de la secrétaire d'état à la biodiversité Barbara Pompili à Biarritz en mars 2017.

L'Observatoire de la Côte Aquitaine, qui soutient le programme ERMMA depuis de nombreuses années, a fêté ses 20 ans en 2017. À cette occasion, il souhaitait mettre en lumière ses partenaires au cours d'un reportage réalisé le 17 octobre qui est consultable en ligne sur le site de l'OCA (Figure 54).

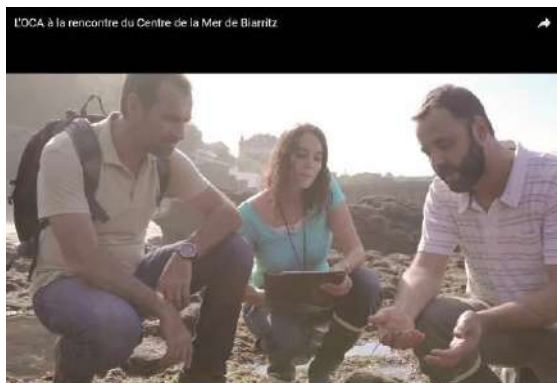


Figure 54 : Extrait du reportage réalisé pour les 20 ans de l'OCA, au cours duquel sont présentés ses différents partenaires, dont fait partie l'ERMMA.

En 2018, les actions de l'ERMMA ont aussi pu être valorisées notamment dans le cadre du **Train du Climat** qui a fait escale à Biarritz les 25 et 26 octobre 2018. Une conférence publique a été organisée sur la thématique : « Biarritz, territoire à l'épreuve du climat — Biarritz, territoire entre mer et montagne : comment se manifeste le changement climatique ? ». En complément, des interviews (**Acteurs Publics TV**) et une émission de radio (**Sud radio**) ont permis de toucher un public encore plus large (Figure 55).



Figure 55 : Exemples de communication auprès du grand public réalisée en 2018 : interview par Acteurs Publics TV lors du Train du Climat et article dans le journal Sud-Ouest au sujet des sciences participatives.



D-4. Communication sur internet

Depuis 2011, le programme ERMMA s'est doté d'une plateforme internet lui offrant la possibilité de communiquer au sujet de ses travaux auprès d'un large public, via le site www.ermma.fr, mais aussi permettant aux participants du programme d'entrer leurs données dans une métabase sécurisée (Figure 56).

Les différents suivis biologiques sont présentés sur le site internet, ainsi que les publications de diverse nature (articles scientifiques, ouvrages, reportages audiovisuels ...). Ce site permet également d'informer le public sur les actualités du programme ERMMA, sous l'impulsion des différents participants et partenaires



Figure 56 : Capture d'écran de la page d'accueil du site www.ermma.fr

Une carte interactive a été mise en place afin de permettre au plus grand nombre (grand public, décideurs publics, gestionnaires ...) de mieux connaître la diversité et la richesse biologiques de son territoire. Ainsi, il est possible de sélectionner à la fois une base de données, la zone et l'espèce souhaitée, et de procéder à une analyse simplifiée de ces données. En 2018, 1 561 439 enregistrements étaient disponibles pour analyse.

Trois types d'analyse sont proposés :

- Description : proportion des espèces par entité géographique.
- Evolution : abondance d'une espèce choisie au fil du temps par entité géographique.
- Carte : répartition de l'abondance d'une espèce sur l'Aquitaine (Figure 57).

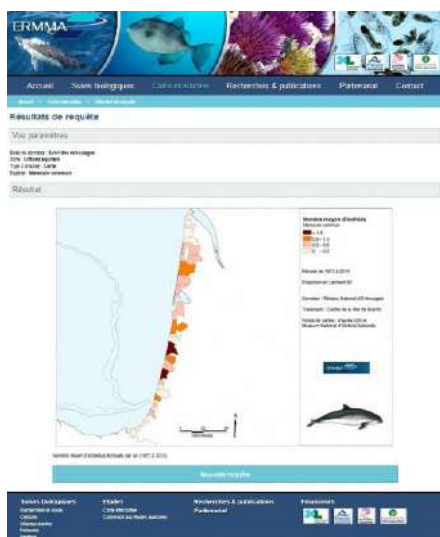


Figure 57 : Exemple de résultat cartographique obtenu suite à une requête sur la carte interactive du site internet www.ermma.fr

Une mise à jour a été faite en 2017, la prochaine aura lieu en 2019 avec notamment les cartes de répartitions en mer, suite à la publication des résultats dans l'ouvrage « Atlas des Oiseaux marins et cétacés du Sud Gascogne » fin 2018. La liste des espèces dans chaque base de données a évolué selon les besoins exprimés par les utilisateurs et les partenaires. Dans tous les cas, le nombre d'espèces proposées à l'analyse est resté volontairement limité pour des raisons de clarté et de pertinence. Cette sélection s'est faite selon plusieurs critères : niveau de protection, importance économique, intérêt patrimonial, sensibilité aux changements océano-climatiques...

Conclusion



Les océans et le milieu marin en général représentent un enjeu majeur pour l'avenir de la planète. Mieux les connaître et les comprendre est indispensable pour œuvrer à leur préservation. Ainsi les suivis standardisés menés ou fédérés sur le littoral néo-aquitain par le programme ERMMA vont en ce sens. Ils permettent aussi de mieux mesurer et gérer les impacts des événements, naturels ou anthropiques, sur les écosystèmes marins.

Les données collectées au cours de suivis dont l'antériorité et la pérennité ne sont plus à démontrer, alimentent une base de données, dont le recul temporel important permet de proposer une analyse de l'évolution des milieux. Les suivis menés entre 2016 et 2018 ont alimenté cette base de données qui, à ce jour, en comporte 1 561 439.

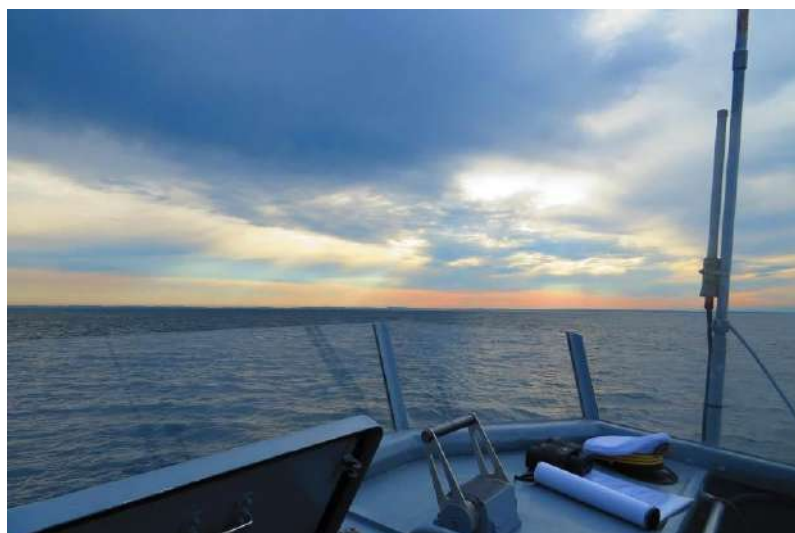
Les actions du programme ERMMA en dehors des suivis biologiques standardisés, se sont matérialisées par des expertises à destination de divers publics afin d'apporter les connaissances nécessaires à la gestion des ressources marines (projet BIGORNO, études dans le cadre d'un projet d'Energies Marines Renouvelables, projet MICROPOLIT, étude sur l'adaptation du plan lumière sur le littoral de Biarritz, etc.).

Suivis comme expertises sont valorisés au travers du volet communication du programme, grâce à des articles scientifiques, colloques, conférences, ouvrages... Ainsi les connaissances acquises dans le cadre du programme sont mises à disposition du grand public et des gestionnaires, et sont notamment accessibles *via* le site internet www.ermma.fr.

L'ensemble des actions du programme ERMMA permet de mieux comprendre les évolutions des écosystèmes marins dans un contexte de changements océano-climatiques, pour participer à une gestion durable de l'environnement. En 2017, ces actions ont pu être valorisées et reconnues par les hautes instances de l'État. En 2018, c'est notamment au travers de la démarche du Train du Climat que les travaux sur les impacts du changement climatique sur la biodiversité ont pu être communiqués au plus grand nombre grâce à une couverture médiatique importante (interviews vidéo et radio).

Enfin, l'année 2018 a été marquée par la publication de l'« Atlas des oiseaux marins et cétacés du Sud Gascogne – de l'estuaire de la Gironde à la Bidassoa » aux éditions scientifiques du Muséum National d'Histoire Naturelle. Il s'agit d'une valorisation importante des suivis en mer menés dans le cadre de l'ERMMA et qui fait suite au précédent atlas publié en 2009. Cette mise à jour (les données couvrent la décennie 2003-2015) était nécessaire afin de mesurer les évolutions des espèces d'oiseaux marins, de cétacés du sud Gascogne en lien avec les changements globaux et de les replacer dans le contexte des Aires Marines Protégées. Le littoral de Nouvelle-Aquitaine apparaît comme une région clé pour mesurer les évolutions de ces espèces grâce aux secteurs d'importance pour les prédateurs supérieurs de son territoire. La prise en compte des changements climatiques dans les pressions qui agissent sur les espèces est devenue essentielle, d'autant plus pour des espèces menacées.

Annexes



ANNEXE I :

Étudiants stagiaires ayant collaboré aux travaux de l'ERMMA en 2016

Au cours de l'année 2016, sept étudiants universitaires ont été encadrés et ont participé aux travaux de l'ERMMA

Annexe I a :

Étude de la macrofaune benthique et du recouvrement algal de l'estran de Guéthary et du Basta à Biarritz.

Rapport réalisé au sein de l'ERMMA par Allison ARRAUD (Licence 3, Biologie des Organismes, Université de Pau et des Pays de l'Adour) et Marie MANDART (Licence 3, Sciences du Vivant, Université de La Rochelle)

Annexe I b :

Étude de la macrofaune benthique du lac d'Hossegor.

Rapport réalisé au sein de l'ERMMA par Louna RIEM-GALLIANO et Jean-Baptiste VALERDI (Licence 3, Biologie des Organismes, Université de Pau et des Pays de l'Adour)

Annexe I c :

Suivi hivernal du Goéland leucopnée (*Larus michahellis*) sur la Côte Basque.

Rapport réalisé au sein de l'ERMMA par Justine COCHARD, Marlène FOULON et Virgil DECOURTEILLE (Licence professionnelle Biologie appliquée aux écosystèmes exploités, Université de Pau et des Pays de l'Adour)

ANNEXE II :

Étudiants stagiaires ayant collaboré aux travaux de l'ERMMA en 2017

Au cours de l'année 2017, sept étudiants universitaires ont été encadrés et ont participé aux travaux de l'ERMMA

Annexe II a :

Étude de la macrofaune benthique sur l'estran de Guéthary et le rocher du Basta à Biarritz et études complémentaires.

Rapport réalisé au sein de l'ERMMA par Justine COCHARD et Marion LLEDO (Licence professionnelle Biologie appliquée aux écosystèmes exploités, Université de Pau et des Pays de l'Adour)

Annexe II b :

Étude de la macrofaune benthique du lac d'Hossegor (40) et de la Réserve Naturelle Nationale des Prés-Salés d'Arès (33).

Rapport réalisé au sein de l'ERMMA par Manon SALERNO et Vincent GOANEC (Licence professionnelle Biologie appliquée aux écosystèmes exploités, Université de Pau et des Pays de l'Adour)

Annexe II c :

Suivi de la colonisation et de la nidification du Goéland leucopnée (*Larus michahellis*) sur la côte basque et détermination de son régime alimentaire

Rapport réalisé au sein de l'ERMMA par Laura DURAN (Master 1 Dynamique des Ecosystèmes Aquatiques, Université de Pau et des Pays de l'Adour)

Annexe II d :

Suivi de la colonisation des Goélands leucopnés (*Larus michahellis*) en hivernage sur la Côte Basque.

Rapport réalisé au sein de l'ERMMA par Kévin DERoyer et Alexis FROSTIN (Licence professionnelle Biologie appliquée aux écosystèmes exploités, Université de Pau et des Pays de l'Adour)

ANNEXE III :

Étudiants stagiaires ayant collaboré aux travaux de l'ERMMA en 2018

Au cours de l'année 2018, neuf étudiants universitaires ont été encadrés et ont participé aux travaux de l'ERMMA

Annexe III a :

Étude de la macrofaune benthique des estrans rocheux de Guéthary et du rocher du Basta à Biarritz, études complémentaires ; sciences participatives et sensibilisation.

Rapport réalisé au sein de l'ERMMA par Baptiste LAJOURNADE-COLIN et Marie PATRY (Licence 3, Biologie des Organismes, Université de Pau et des Pays de l'Adour)

Annexe III b :

Étude de la macrofaune benthique du lac d'Hossegor (40) et de la Réserve Naturelle Nationale des Prés-Salés d'Arès (33).

Rapport réalisé au sein de l'ERMMA par Pierre LABOURGADE (Licence 3, Biologie des Organismes, Université de Pau et des Pays de l'Adour) et Thomas PANAROTTO (Master 1 Dynamique des Ecosystèmes Aquatiques, Université de Pau et des Pays de l'Adour)

Annexe III c :

Yellow-legged gulls (*Larus michahellis*) as regional biomonitor of priority and emerging micropollutants on the basque coast: a first evaluation.

Rapport réalisé au sein de l'ERMMA par Charlie SARRAN (Master 1 Dynamique des Ecosystèmes Aquatiques, Université de Pau et des Pays de l'Adour)

Annexe III d :

Suivi de la colonisation des Goélands leucophées (*Larus michahellis*) en hivernage sur la Côte Basque.

Rapport réalisé au sein de l'ERMMA par Lydie BILLAUD, Zoé HEMSEN, Justine ROUCHON et Nastasia SURAND (Licence professionnelle Biologie appliquée aux écosystèmes exploités, Université de Pau et des Pays de l'Adour)

ANNEXE IV :

Exemples de publications effectuées par le programme ERMMA entre 2016 et 2018 dans des revues scientifiques internationales avec comités de lecture.

Annexe IV a :

Article intitulé « Colonization of the Yellow-legged gull in the southeastern Bay of Biscay and efficacy of deterring systems on landfill site » publié en 2016 dans la **revue internationale ESTUARINE, COASTAL AND SHELF SCIENCE**.

Cet article présente le phénomène de colonisation de la côte basque française par le Goéland leucopnée ainsi que les mesures d'efficacité des actions d'effarouchement mises en place sur le Centre de Stockage de Déchets Ultimes (CSDU) de « Zaluaga Bi » où ces goélands viennent se nourrir ([voir section A-2](#))

Annexe IV b :

Article intitulé « First results of fauna community structure and dynamics on two artificial reefs in the south of the Bay of Biscay (France) » publié en 2016 dans la **revue internationale ESTUARINE, COASTAL AND SHELF SCIENCE**.

Cet article présente les premiers résultats issus du suivi biologique standardisé mis en place sur les récifs artificiels des Landes en collaboration avec les associations qui gèrent ces récifs. En fonction des sites, des analyses spatio-temporelles et le suivi de la colonisation ont été présentés. Ces résultats sont totalement inédits sur la façade atlantique française ([voir section C-9](#))

Annexe IV c :

Article intitulé « Biological characterization of aggregates clogging fishing nets on the Basque coastal waters of France » publié en 2016 dans la **revue internationale ESTUARINE, COASTAL AND SHELF SCIENCE**.

Cet article traite des premiers résultats liés à l'étude du Liga, cette substance collante et irritante retrouvée depuis des années dans les filets des pêcheurs basques.

ANNEXE V :

Exemples de résultats présentés par le programme ERMMA entre 2016 et 2018 lors de colloques scientifiques

Annexe V a :

Exemple de résultats du programme ERMMA présentés au XV^{ème} colloque international d'océanographie du golfe de Gascogne ISOBAY (22 et 24 juin 2016 à Bilbao) : « Impacts of oceanoclimatic changes on top predators : long-term study in the south of the Bay of Biscay »

Ce poster présente les évolutions des populations de prédateurs supérieurs (oiseaux marins et cétacés) dans le sud du golfe de Gascogne en lien avec les changements océano-climatiques.

Annexe V b :

Exemple de résultats du programme ERMMA présentés au XVI^{ème} colloque international d'océanographie du golfe de Gascogne ISOBAY (5-7 juin 2018 à Anglet) : « Climate change impacts on top predators : first evidence of regime shift in the south of the Bay of Biscay »

Ce poster présente les évolutions des populations de prédateurs supérieurs (oiseaux marins et cétacés) dans le sud du golfe de Gascogne en lien avec les changements océano-climatiques et complète le précédent avec des premiers résultats attestant l'existence de changements de régime (*regime-shift*) dans ces populations.

ANNEXE VI

Flyer promotionnel de l'« Atlas des oiseaux marins et cétacés du Sud Gascogne — De l'estuaire de la Gironde à la Bidassoa » publié en 2018 par les éditions scientifiques du Muséum national d'Histoire naturelle.

Cet ouvrage fait suite au précédent publié en 2009 et présente la répartition en mer et l'évolution des abondances d'oiseaux marins, cétacés et d'autres espèces marines dans le Sud de Gascogne d'après les suivis en mer effectués dans le cadre du programme ERMMA (voir [sections A-1 et A-3](#))

ANNEXE VII

Plaquette promotionnelle du Centre de la Mer de Biarritz

Cette plaquette promotionnelle éditée en 2016 présente les activités du Centre de la Mer de Biarritz et en priorité celles du programme ERMMA et de ses partenaires.

ANNEXE VIII

Lettre de la Secrétaire d'État chargée de la Biodiversité en 2017.

Cette lettre fait suite à la venue de la Secrétaire d'État chargée de la Biodiversité en mars 2017 au cours de laquelle les travaux du programme ERMMA lui avaient été présentés.

ANNEXE I :

Étudiants stagiaires ayant collaboré aux travaux de l'ERMMA en 2016

Au cours de l'année 2016, sept étudiants universitaires ont été encadrés et ont participé aux travaux de l'ERMMA

ANNEXE I a :

Étude de la macrofaune benthique et du recouvrement algal de l'estran de Guéthary et du Basta à Biarritz.

Rapport réalisé au sein de l'ERMMA par Allison ARRAUD (Licence 3, Biologie des Organismes, Université de Pau et des Pays de l'Adour) et Marie MANDART (Licence 3, Sciences du Vivant, Université de La Rochelle)



ÉTUDE DE LA MACROFAUNE BENTHIQUE ET DU RECouvreMENT ALGAL DE L'ESTRAN DE GUÉTHARY ET DU BASTA À BIARRITZ



ARRAUD Alison et MANDART Marie

Stage effectué du 11 Avril au 3 Juin 2016 au Centre de la Mer de Biarritz sous la direction scientifique de M. CASTEGE Iker



« Le présent rapport constitue un exercice pédagogique qui ne peut en aucun cas engager la responsabilité de l'Entreprise ou du Laboratoire d'accueil. »

ANNEXE I b :

Étude de la macrofaune benthique du lac d'Hossegor.

Rapport réalisé au sein de l'ERMMA par Louna RIEM-GALLIANO et Jean-Baptiste VALERDI
(Licence 3, Biologie des Organismes, Université de Pau et des Pays de l'Adour)



UFR SCIENCES & TECHNIQUE CÔTE BASQUE
Université de Pau et des Pays de l'Adour

Licence 3^{ème} Biologie des Organismes

Etude de la macrofaune benthique du lac d'Hossegor



Credit photo : RIEM L.

RIEM- -GALLIANO Louna & VALERDI Jean-Baptiste

Stage effectué du 7 mars au 28 avril 2016 à l'Institut des Milieux Aquatiques de Bayonne,
sous la direction scientifique de Mme Pascale FOSSECAVE et de M. Iker CASTEGE

*« Le présent rapport constitue un exercice pédagogique qui ne peut en aucun cas engager la
responsabilité de l'Entreprise ou du Laboratoire d'accueil. »*



ANNEXE I C :

Suivi hivernal du Goéland leucopée (*Larus michahellis*) sur la Côte Basque.

Rapport réalisé au sein de l'ERMMA par Justine COCHARD, Marlène FOULON et Virgil DECOURTEILLE (Licence professionnelle Biologie appliquée aux écosystèmes exploités, Université de Pau et des Pays de l'Adour)



ANNEXE II :

Étudiants stagiaires ayant collaboré aux travaux de l'ERMMA en 2017

Au cours de l'année 2017, sept étudiants universitaires ont été encadrés et ont participé aux travaux de l'ERMMA

ANNEXE II a :

Étude de la macrofaune benthique sur l'estran de Guéthary et le rocher du Basta à Biarritz et études complémentaires.

Rapport réalisé au sein de l'ERMMA par Justine COCHARD et Marion LLEDO (Licence professionnelle Biologie appliquée aux écosystèmes exploités, Université de Pau et des Pays de l'Adour)



UFR SCIENCES & TECHNIQUES COTE BASQUE
UNIVERSITÉ DE PAU ET DES PAYS DE L'ADOUR

LICENCE PROFESSIONNELLE METIERS DE LA PROTECTION ET DE LA GESTION DE L'ENVIRONNEMENT
OPTION BIOLOGIE APPLIQUEE AUX ECOSYSTEMES EXPLOITES

ETUDE DE LA MACROFAUNE BENTHIQUE SUR L'ESTRAN DE GUETHARY ET LE ROCHER DU BASTA A BIARRITZ, ET ETUDES COMPLEMENTAIRES

COCHARD JUSTINE ET LLEDO MARION



Photographie de l'estran de Guéthary

© Marion Lledo

Stage effectué du 6 mars au 30 juin 2017 au Centre de la Mer de Biarritz

Sous la direction scientifique de Mr CASTEGE Iker et Mlle MILON Emilie



« Le présent rapport constitue un exercice pédagogique qui ne peut en aucun cas engager la responsabilité de l'Entreprise ou du Laboratoire d'accueil »

ANNEXE II b :

Étude de la macrofaune benthique du lac d'Hossegor (40) et de la Réserve Naturelle Nationale des Prés-Salés d'Arès (33).

Rapport réalisé au sein de l'ERMMA par Manon SALERNO et Vincent GOANEC (Licence professionnelle Biologie appliquée aux écosystèmes exploités, Université de Pau et des Pays de l'Adour)



UFR SCIENCES & TECHNIQUES CÔTE BASQUE
Université de Pau et des Pays de l'Adour

Licence Professionnelle Métiers de la Protection et de la Gestion de l'Environnement
Option Biologie Appliquée aux Ecosystèmes Exploités

ETUDE DE LA FAUNE BENTHIQUE DU LAC D'HOSSEGOR (40) ET DE LA RESERVE NATURELLE NATIONALE DES PRES-SALES D'ARES (33)

Manon SALERNO & Vincent GOANEC



Stage effectué du 1^{er} mars au 23 juin 2017 à l'Institut des Milieux Aquatiques
sous la co-direction scientifique de Mr Laurent SOULIER et de Mr Iker CASTEGE

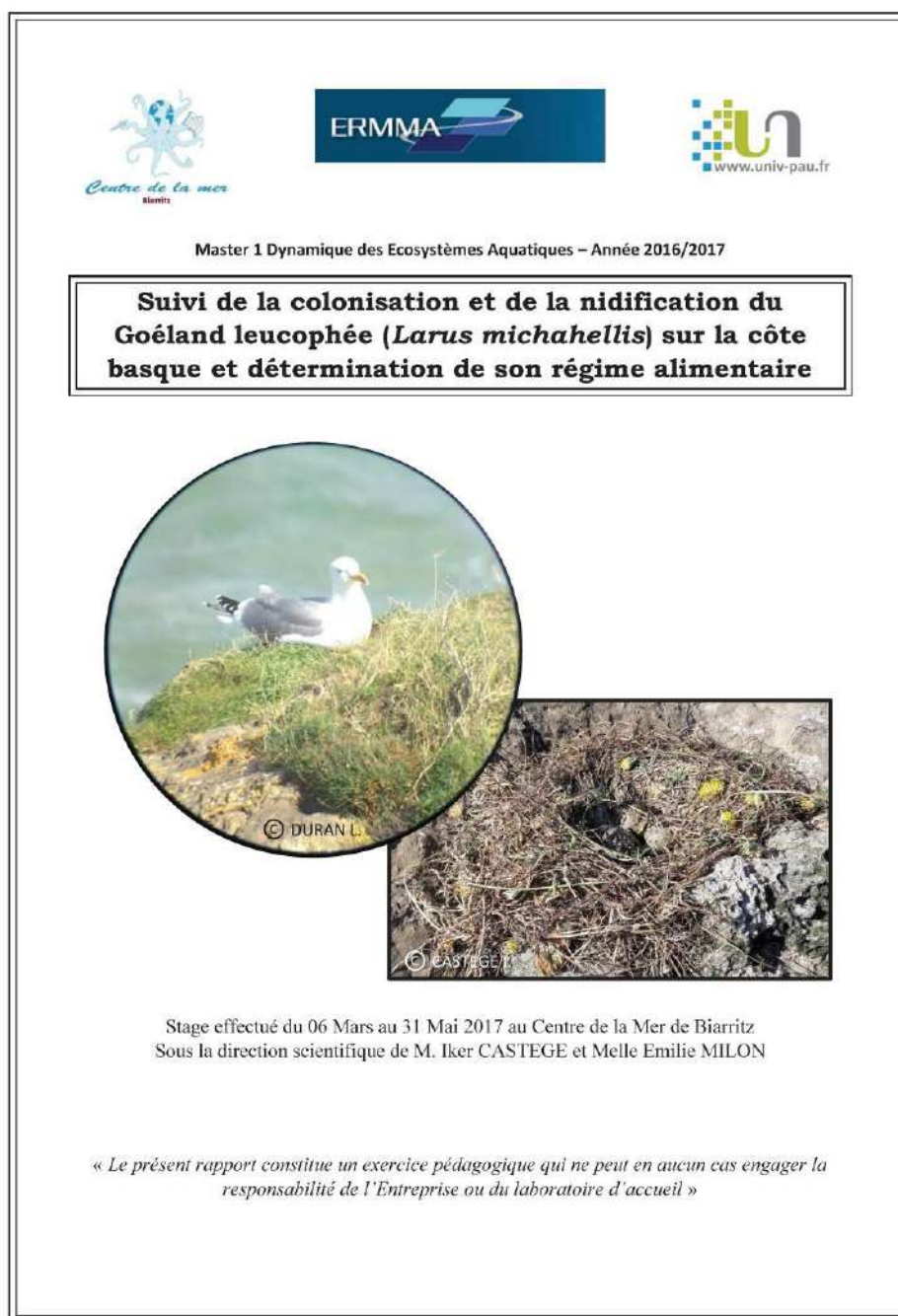
« Le présent rapport constitue un exercice
pédagogique qui ne peut en aucun cas engager la
responsabilité de l'Entreprise ou du Laboratoire »



ANNEXE II c :

Suivi de la colonisation et de la nidification du Goéland leucophée (*Larus michahellis*) sur la côte basque et détermination de son régime alimentaire

Rapport réalisé au sein de l'ERMMA par Laura DURAN (Master 1 Dynamique des Ecosystèmes Aquatiques, Université de Pau et des Pays de l'Adour)



ANNEXE II d :

Suivi de la colonisation des Goélands leucophées (*Larus michahellis*) en hivernage sur la Côte Basque.

Rapport réalisé au sein de l'ERMMA par Kévin DEROYER et Alexis FROSTIN (Licence professionnelle Biologie appliquée aux écosystèmes exploités, Université de Pau et des Pays de l'Adour)

Réalisé par: Kévin Deroyer et Alexis Frostin

Suivi de la colonisation des Goélands leucophées (*Larus michahellis*) en hivernage sur la Côte Basque.

RAPPORT DE PROJET TUTEURÉ LICENCE PROFESSIONNELLE MGPE BAE ENCADRÉ
PAR IKER CASTEGE ET EMILIE MILON.



ANNEXE III :

Étudiants stagiaires ayant collaboré aux travaux de l'ERMMA en 2018

Au cours de l'année 2018, neuf étudiants universitaires ont été encadrés et ont participé aux travaux de l'ERMMA

ANNEXE III a :

Étude de la macrofaune benthique des estrans rocheux de Guéthary et du rocher du Basta à Biarritz, études complémentaires ; sciences participatives et sensibilisation.

Rapport réalisé au sein de l'ERMMA par Baptiste LAJOURNADE-COLIN et Marie PATRY
(Licence 3, Biologie des Organismes, Université de Pau et des Pays de l'Adour)



UFR SCIENCES ET TECHNIQUES DE LA CÔTE BASQUE
UNIVERSITÉ DE PAU ET DES PAYS DE L'ADOUR

LICENCE 3 BIOLOGIE DES ORGANISMES

ÉTUDE DE LA MACROFAUNE BENTHIQUE DES ESTRANS ROCHEUX DE GUETHARY ET DU ROCHER DU BASTA À BIARRITZ, ÉTUDES COMPLÉMENTAIRES ; SCIENCES PARTICIPATIVES ET SENSIBILISATION

LAJOURNADE-COLIN Baptiste et PATRY Marie



Photographie de l'estran de Guéthary

© Marie Patry

Stage effectué du 13 Mars au 11 Mai 2018 au Centre de la Mer de Biarritz
Sous la direction scientifique de Monsieur CASTEGE Iker et Madame MILON Émilie



« Le présent rapport constitue un exercice pédagogique qui ne peut en aucun cas engager la responsabilité de l'Entreprise ou du Laboratoire d'accueil ».

ANNEXE III b :

Étude de la macrofaune benthique du lac d'Hossegor (40) et de la Réserve Naturelle Nationale des Prés-Salés d'Arès (33).

Rapport réalisé au sein de l'ERMMA par Pierre LABOURGADE (Licence 3, Biologie des Organismes, Université de Pau et des Pays de l'Adour) et Thomas PANAROTTO (Master 1 Dynamique des Ecosystèmes Aquatiques, Université de Pau et des Pays de l'Adour)



UFR Sciences et Techniques de la Côte Basque
Université de Pau et des Pays de l'Adour

LABOURGADE Pierre Licence 3 Biologie des Organismes
PANAROTTO Thomas Master 1 Dynamique des Ecosystèmes Aquatiques

Etude de la faune benthique du lac d'Hossegor (40) et de la Réserve Naturelle Nationale des Prés salés d'Arès (33)



Stage effectué du 12 mars au 22 juin 2018 à l'Institut des Milieux Aquatiques sous la co-direction scientifique de Mr Laurent SOULIER et de Mr Iker CASTEGE



« Le présent rapport constitue un exercice pédagogique qui ne peut en aucun cas engager la responsabilité de l'Entreprise ou du Laboratoire d'accueil »



ANNEXE III c :

Yellow-legged gulls (*Larus michahellis*) as regional biomonitor of priority and emerging micropollutants on the basque coast: a first evaluation.

Rapport réalisé au sein de l'ERMMA par Charlie SARRAN (Master 1 Dynamique des Ecosystèmes Aquatiques, Université de Pau et des Pays de l'Adour)



Yellow-legged gulls (*Larus michahellis*) as regional biomonitor of priority and emerging micropollutants on the basque coast: a first evaluation.



La Nouvelle-Aquitaine et l'Europe
agissent ensemble pour votre territoire

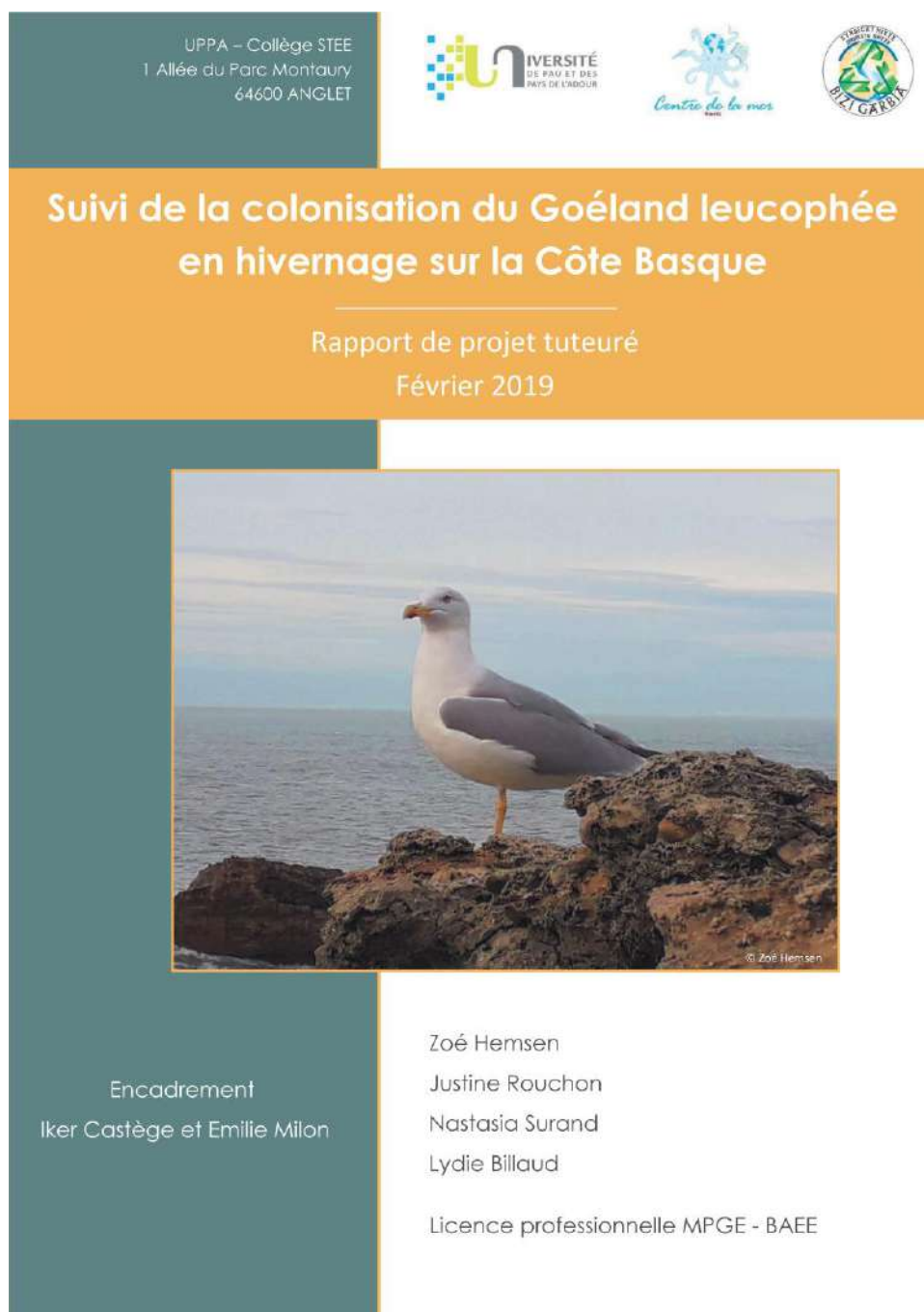


The Micropolit research program "State and evolution of the quality of the South Atlantic coastal environment" is co-financed by the European Union and the Adour Garonne Water Agency. Europe is committed to New Aquitaine with the European Regional Development Fund.

ANNEXE III d :

Suivi de la colonisation des Goélands leucophées (*Larus michahellis*) en hivernage sur la Côte Basque.

Rapport réalisé au sein de l'ERMMA par Lydie BILLAUD, Zoé HEMSEN, Justine ROUCHON et Nastasia SURAND (Licence professionnelle Biologie appliquée aux écosystèmes exploités, Université de Pau et des Pays de l'Adour)



ANNEXE IV :

Exemples de publications effectuées par le programme ERMMA entre 2016 et 2018 dans des revues scientifiques internationales avec comités de lecture.

ANNEXE IV a :

Article intitulé « Colonization of the Yellow-legged gull in the southeastern Bay of Biscay and efficacy of deterring systems on landfill site » publié en 2016 dans la **revue internationale ESTUARINE, COASTAL AND SHELF SCIENCE**.

Cet article présente le phénomène de colonisation de la côte basque française par le Goéland leucophée ainsi que les mesures d'efficacité des actions d'effarouchement mises en place sur le Centre de Stockage de Déchets Ultimes (CSDU) de « Zaluaga Bi » où ces goélands viennent se nourrir ([voir section A-2](#))

Estuarine, Coastal and Shelf Science 179 (2016) 207–214



Contents lists available at ScienceDirect

Estuarine, Coastal and Shelf Science

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecss



Colonization of the Yellow-legged gull in the southeastern Bay of Biscay and efficacy of deterring systems on landfill site



I. Castège^{a,*}, E. Milon^a, Y. Lalanne^b, J. d'Elbée^c

^a Centre de la mer de Biarritz, Plateau de l'Atakaye, 64200 Biarritz, France

^b UPPA, Department of Ecology, UFR Sciences and Techniques, 1 allée du Parc Montauray, F-64600 Anglet, France

^c LAPHY, 1341 chemin d'Agervea F-64210 Ahetze, France

ARTICLE INFO

Article history:

Received 9 January 2015

Received in revised form

26 October 2015

Accepted 11 November 2015

Available online 18 November 2015

Keywords:

Yellow-legged gull

Colonization

Deterring systems

Anthropogenic factors

Breeding sites

Environment management

ABSTRACT

On the French Basque Coast (southwest of France), the Yellow-legged gull *Larus michaëlis* has undergone a widespread demographic and geographical increase in the last decade, originally by population breeding in northern Iberia. The demographic increase seems to be due to a combination of several factors: the establishment of a landfill close to the coast and the availability of nesting sites.

Birds foraging on landfill sites affect day-to-day site operation. In recent years, thousands of gulls were present daily on the landfill site and have used waste as another feeding opportunity. Management methods were used to limit access of birds to the landfill site and to control the population to a natural dynamic. Distress calls and pyrotechnic means were used on the landfill site for 11 months. Abundance, behavior, efficacy of the deterring systems and distribution along the whole coast were studied.

Initial results showed a significant decrease in the abundance of gulls on the landfill site. A change in their behavior was also noted with a reduction in resting and feeding birds. This, combined with the uninterrupted, random, deterring system at the landfill site showed an efficient measure to control gulls population. Monitoring along the coast did not show any significant impact on common resting sites.

Despite these promising results, we cannot exclude a new opportunistic response from the gulls. In addition, the proximity of Spanish colonies requires cross-border management for effective control of the population. Long-term monitoring is needed both at the landfill site to measure possible habituation and at the nesting sites to assess breeding success after one year of deterring actions.

© 2015 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

Gulls are often found to be superabundant due to their adaptable, opportunistic and gregarious nature which makes them highly adapted to living in man-modified habitats (Blokpoel and Spaans, 1991). In France, the Yellow-legged gull *Larus michaëlis* has also undergone a population explosion over the past 30 years, notably on the northern shores of the Mediterranean Sea (Yésou and Beaubrun, 1995; Thibault et al., 1996). This gull, whose breeding range extends from the Azores to the Aral sea, is the most common and wide-spread larid of the Mediterranean basin and includes at least 120,000 nesting pairs in the western Mediterranean (Pérennou et al., 1996). On the Atlantic coast, the geographical distribution of gulls during breeding and non-breeding season has

also been extended. The global population of Yellow-legged gulls was estimated to be 235,000 pairs in the late 1990s (Heath et al., 2000) including 42,000 in France and less than 200 pairs on the Atlantic coast until 2000 (Vidal et al., 2004).

The demographic increase is due to a combination of three main factors (Oro et al., 1995; Oro, 1999; Duhem et al., 2008): the establishment of a number of peri-urban open-air landfills; the development of industrial fisheries; and the protection of several areas where the species breed, in particular certain islets. Landfills provide an abundant food supply, particularly during the non-breeding period, but they generate impacts at both individual and population levels, with consequences translated to ecosystem functioning (Oro et al., 2013).

Some control programmes have already been implemented around the world. Various methods are used: destroying eggs (Engeman et al., 2012); culling adults (Bosch et al., 2000); use of distress calls, pyrotechnics, blank ammunition, hawks, wailers and helium-filled bird-scaring kites (Baxter, 2000; Cook et al., 2008;

* Corresponding author.

E-mail address: iker.castège@centredelamer.fr (I. Castège).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2015.11.011>

0272-7714/© 2015 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Soldatini et al., 2008; Thiérot et al., 2012).

The Basque coast and northwest Iberian coast (Cantabrian; Bay of Biscay) have also been heavily colonized by the Yellow-legged gull since the second half of the 20th century, with nearly 100,000 pairs breeding in Iberia (Arizaga et al., 2009). Currently, two sub-species are recognized as breeding in Iberia (Pons et al., 2004): *L. m. michahellis*, present around the Mediterranean basin, and *L. m. lusitanicus*, on the Atlantic coast from the southeastern Bay of Biscay to central Portugal. Previous studies have shown movements of Mediterranean Yellow-legged gulls to the Bay of Biscay, related to their foraging behavior during the non-breeding season, whereas *L. m. lusitanicus* appears to be resident (Munilla, 1997; Martínez-Abraín et al., 2002; Arizaga et al., 2009; Galarza et al., 2012).

The French Basque Yellow-legged gulls colonies (Bay of Biscay; south-west of France) have been established since 1996 and underwent a sharp population increase between 1996 and 2013 (Castège et al., 2013). This population explosion, also observed along the Spanish Basque coast where large new colonies appeared during the same period, is partly linked to the high availability of food in three landfills: Urteta and San Marcos in Spain (Arizaga et al., 2009) and Zaluaga Bi in France (CSDU - Centre de Stockage des Déchets Ultime - Ultimate Waste Storage Center). The San Marcos landfill closed in 2008, so gulls began to use the Urteta landfill where falconry is implemented since 2010 (Arizaga et al., 2013a). Some studies had already proven that geographic variation in diet is correlated with the distance of colonies to important feeding locations, such as harbors, fishing areas, refuse tips or crops (Moreno et al., 2009; Ramos et al., 2009).

Birds foraging on landfill sites affect day-to-day site operation. Via predation, the Yellow-legged gull has also played a role in the attrition of a small population of European Storm petrels *Hydrobates pelagicus*, already decreasing in relation with the climate change (Hémery et al., 1995; Castège and Hémery, 2009; Castège et al., 2009). This kind of threat is often due to particular individuals which specialize in killing European Storm petrels (Sanz-Aguilar et al., 2009).

For 11 months, deterring systems were used at the CSDU landfill site to reduce the nuisance and damage caused by the increasing population of gulls. The present work describes the colonization of the Yellow-legged gull in the southeastern Bay of Biscay and presents the results of the deterring actions, their efficacy and potential effect on the Yellow-legged gull population in the area.

2. Materials and methods

2.1. Study area and survey

The study area is located along the French Basque coast (southwest of France) in the southern half of the Bay of Biscay. Three different surveys were conducted: (1) colonization by breeding gulls since 2001, (2) spatial distribution of gulls on the French Basque coast during breeding and wintering periods since 2006 and (3) response to deterring systems on the landfill site since 2013. Data on ringed birds are opportunistic as we recorded their presence regardless monitoring or period. Sometimes age classes could not be distinguished because gulls were too numerous on the landfill. Therefore, these data are not used in this study.

2.1.1. Breeding gulls monitoring

Two colonies are established in this area, at a distance of 20 km: Biarritz and Hendaye (Fig. 1). First observation of breeding pairs has been referenced in Hendaye in 1996 (Milon and Castège, 2015) but, then, data were not available until 2001. Between 2001 and 2013, all nests (breeding pairs) were counted in Biarritz and Hendaye, in

April and July, by which time almost all clutches have been completed, directly on colonies or by using a telescope from the coast. The breeding population is expressed in numbers of nests.

2.1.2. Whole population monitoring

The second survey was conducted during the breeding and wintering periods at six stations (Fig. 1): Biarritz, Saint-Jean-de-Luz, the Cliff, Hendaye, Txingudi bay and the CSDU, the only landfill site where constant, highly predictable and significant food sources are available (St Pée sur Nivelle, ca. 6 km inland). Research effort was equal in all stations in terms of time and people sampling.

Data were collected since 2006 on randomly selected days and time periods, from sunrise to the end of the day. Several samples were recorded each month, according to observers' availability. Exceptionally and beyond our control, there was no monitoring in winter 2006 on the landfill site. The abundance of Yellow-legged gulls in the study area was weighted by the sampling effort and expressed as mean numbers of individuals per count. Daily and annual mean abundances were used to carry out descriptive analyses.

2.2. Detering systems at the landfill

The CSDU was created and has been in operation since 2003. It has a storage capacity of one million tons and aims to eliminate 50,000 tons of waste per year from the surrounding communities. It is located almost 6 km inland and has attracted gulls since its creation. Wastes were dumped and compacted in an area covering approximately 2500 m². Birds used this area from the first hour of daylight to the end of the day. Additional observations of Yellow-legged gull behavior were made (resting, feeding, in site flight and out site flight).

For 11 months (from April 2013 to March 2014), deterring actions were used on the CSDU site to limit the access of birds to the landfill and to control the population dynamics. The deterring actions combined pyrotechnics and distress calls (natural or man-made calls) from the trash compactor or a static point. There was a break every day between 1 p.m. and 2 p.m. First sights of habituation were observed in October 2013. Therefore management was adapted through uninterrupted deterring actions. In addition, pyrotechnic shots outside the landfill were performed to deter huge groups of gulls resting on nearby fields.

Gulls experienced two different deterring treatments during the study period: "simple deterring systems", implemented in April 2013 until September 2013 and "uninterrupted deterring systems", from October 2013 to March 2014. A break of two months in the visual counts was made (January and February 2014). A control period, from March 2013 to April 2013 (6 weeks) was applied before the implementation of the deterring systems.

2.3. Statistical analysis

Efficacy of the deterring systems was assessed by the E index (established by Soldatini et al., 2008) using the following formula:

$$E = [(N - nFD) - (nFD - nR)]/N$$

With:

- initial number of birds (N): the total number of birds counted prior to the treatment;
- number of departures (nFD): total number of birds that took off in response to the signal;

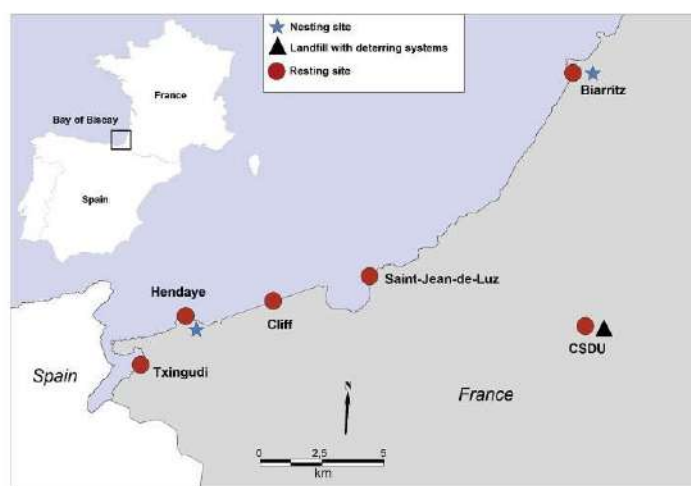


Fig. 1. Location of the sampling points including colonies (blue star), resting sites (red circle) and landfill (black triangle). (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

- number of returned birds (nR): number of birds back in the area after the trial; birds were counted when the flock of landed birds was almost stable and the birds started looking for food

The interpretation of E index can be summarized as follows:

$E \geq 1$ no reaction (in the case of $E > 1$: more gulls arrived in the study area than were present at the start of the stimulus);

$0 \leq E < 1$ weak reaction (the whole flock or a small part of it takes off and comes back again. Total numbers are unchanged);

$E < 0$ strong reaction (the whole flock flies away and no birds, or only some, come back).

Analyses were performed with a daily mean index. Possible changes in E index and behavioral patterns of gulls during deterring actions were analyzed with a χ^2 test. The non-parametric Kruskal–Wallis H test (one-way ANOVA on ranks) and Wilcoxon Mann–Whitney U test (post-hoc test) were used to compare median abundance before and after deterring actions at the landfill site or over the whole survey area. To take into account seasonality in Yellow-legged gulls ecology (Castège and Hémery, 2009), we compared the abundance of 6 weeks between March 2013 and April 2013 (before the deterring systems were installed) with the same 6 weeks between March 2014 and April 2014 (during the deterring period).

To assess the significant breaks and changes in level of abundance studied over time, a segmentation procedure (Hubert et al., 1989) was used. It is an iterative procedure with successive cutting of the sample based on the statistical tests of comparison of means. This procedure was used to test fluctuations in the mean level of the abundance data set. The calculations were carried out using Chronostat software, available at: <http://www.hydrosciences.org/spip.php?article239>.

The graphs and statistical analyses of the data were undertaken using Excel v7, and R software. Sampling fluctuations around the mean abundance were described by their standard error ($SE=SD/\sqrt{n}$ with SD : standard deviation and n : sample size).

3. Results

3.1. Colonization by breeding Yellow-legged gulls

The local population of breeding Yellow-legged gulls rose sharply (6450%) between 1996 and 2013 (Fig. 2). The first proof of successful nesting of this species in the area began in Hendaye in 1996 and in Biarritz in 2002. The number of breeding pairs increased at both sites to reach a total of 135 in 2013. The reproductive population was more abundant in Hendaye. The colonization pattern in Biarritz began slowly before reaching a peak in 2006 (number of breeding pairs was threefold).

The origin of the gulls can be tracked through the ringing process. Among the ringed gulls observed, 337 were identified (Fig. 3). Immature birds represented 64.1% of the ringed gulls (Table 1). In our case, gulls were from the Spanish Basque coast, mainly (89%) from the colonies in San Sebastian, located within 50 km. These ringed gulls were mostly recorded at the landfill site (82%).

3.2. Efficacy of the deterring actions at the landfill

The deterring actions have been conducted since April 2013 and up to the present, but analyses presented in this paper were stopped in March 2014. Hubert's segmentation procedure revealed two significant breaks in measures from landfill observations (Fig. 4). The first break coincided perfectly with the start of deterring operations. In the first weeks (1–6) gulls' abundances decreased from a daily mean of about 1261.3 (± 404.8) to 148.9 (± 52.4) and gulls were not trying to rest or feed on the site. They began to feed again after 7 weeks of deterring actions but only when the trash compactor was stopped. Around 20 weeks later, gulls began using the fields nearby to rest, instead of the landfill, and waited for the employee break to feed.

The "uninterrupted deterring actions" were applied 27 weeks after the beginning of the deterring systems. The number of gulls immediately dropped (25.6 ± 10 gulls per count) and birds no longer tried to feed at the landfill. Gulls avoided the site during 3

210

I. Casiego et al. / *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 179 (2016) 207–214

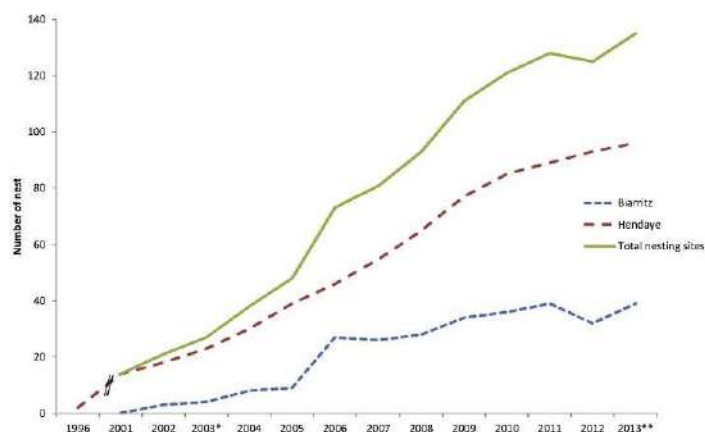


Fig. 2. Changes in Yellow-legged gull reproductive population (breeding pairs) at the two nesting sites of the French Basque coast from 1996 to 2013. The single * indicates the opening of the landfill and the double ** indicates when the deterring systems were installed. (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

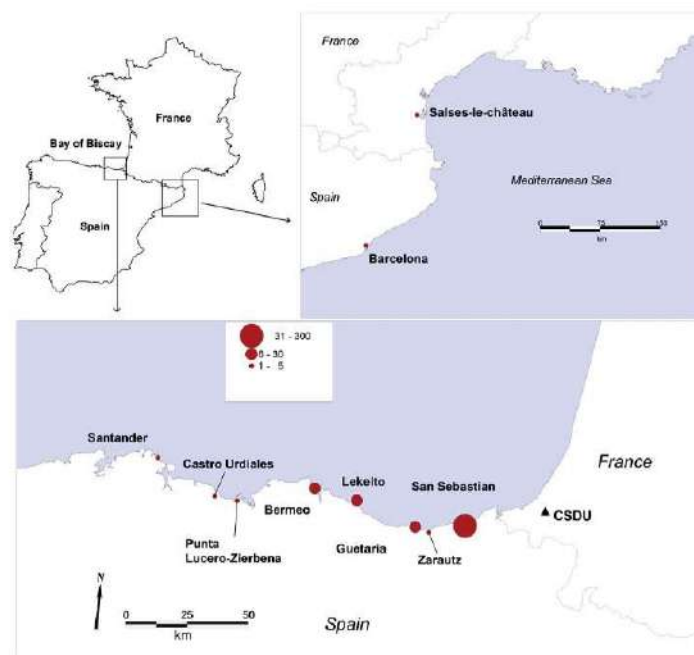


Fig. 3. Origin and total number of the ringed Yellow-legged gulls recorded on the French Basque coast from 2006 to 2013. (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

weeks. Despite these visual results, no significant break was measured. A second break appeared more than a month and a half after the start of uninterrupted operations when the number of gulls increased again. This break coincided with the beginning of the wintering season and the return of migratory gulls.

The first weeks of control (*i.e.* March 2013) showed a higher abundance ($p < 0.01$) compared to the same period (*i.e.* March 2014) during "uninterrupted deterring actions". Fluctuations in abundance were quite irregular from the start of deterring actions but there were no significant changes in the median values

Table 1

Distribution of adults and immatures, origin, total number and percentage of the ringed Yellow-legged gulls recorded on the French Basque coast from 2006 to 2013 (the age of the gull from Punta Lucero-Zierbena is unknown).

Colony	No. Gulls	% Adults	% Immatures
San Sebastian	300	35.3%	64.7%
Guetaria	13	53.9%	46.1%
Lekeitio	8	37.5%	62.5%
Bermeo	7	28.6%	71.4%
Casuro Urdiales	2	0%	100%
Santander	2	0%	100%
Zarauz	2	50%	50%
Punta Lucero-Zierbena	1	/	/
Barcelona (Mediterranean Sea)	1	100%	0%
Salses le chateau (Mediterranean Sea)	1	0%	100%
Total	337	35.6%	64.1%

between the two management periods ("simple deterring actions" and "uninterrupted deterring actions") ($p = 0.42$).

The efficacy of the deterring systems regarding the E index did not show a trend over time (Fig. 5). Overall, the deterring actions gave quite good results. They varied between weak and strong reaction. A single measurement indicated "no reaction". Although statistically non-significant (Chi2 test, $p = 0.09$), the "uninterrupted deterring actions" showed stronger reactions (70%) than the "simple deterring actions" (40%).

The behavior of gulls changed in response to deterring actions (Chi2 test, $p < 0.01$). Resting was the dominant behavior before the survey (56.6%) ahead of feeding (33.4%). During the "uninterrupted deterring actions", gulls were clearly stressed out (64% were flying) and they rested off-site (18.1%). Only 6% of them were trying to feed (Table 2).

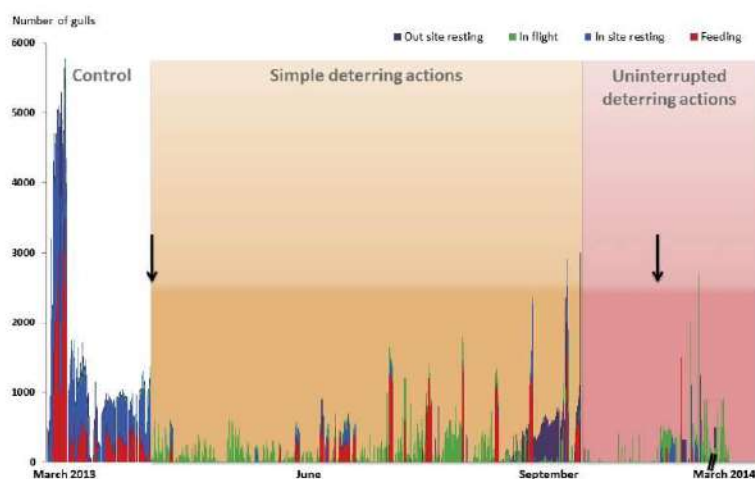


Fig. 4. Changes in the number of Yellow-legged gulls and behavioral response per count during the study on the CSDU ("Simple deterring actions" present a daily break compared to "uninterrupted deterring actions" implemented in October 2013). The black arrows represent the significant breaks revealed by Hubert's segmentation procedure. (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)



Fig. 5. Mean daily index (Soldatini et al., 2008) over the time summarizing the effects of deterring actions on Yellow-legged gull movement and approach to the CSDU site. (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

Table 2

Distribution of mean abundance (mean numbers of individuals per count) ± standard error (SE) and percentage of Yellow-legged gulls based on their behavior at the CSDU site before the deterring actions (control) and during the deterring experiments ("Simple deterring actions" presented a daily break unlike "uninterrupted deterring actions" implemented in October 2013).

Behavior	Control period	SE	%	Simple deterring actions	SE	%	Uninterrupted deterring actions	SE	%
Feeding	525.3	69.5	33.4%	90.5	11.2	28.1%	13.7	8.2	6.5%
Resting	888.4	66.3	56.6%	42.2	6.4	13.1%	24.3	7.4	11.4%
Flying	27.5	4.7	1.8%	132.6	7.3	41.2%	136.5	22.1	64%
Outside resting	129.5	31.1	8.2%	56.6	7.5	17.6%	38.5	17.9	18.1%

3.3. Impacts of the deterring systems on the French Basque coast

Temporal variation in mean abundance of wintering Yellow-legged gulls at the landfill site increased from 2006 to 2011. A significant decrease ($p = 0.01$) was noted after the deterring systems establishment between winter 2012 (i.e. September 2012 to January 2013) and winter 2013 (i.e. September 2013 to January 2014) (Fig. 6b) unlike the breeding period (Fig. 6a) during which no statistical change was found. Abundance has not fluctuated at the other locations along the French Basque Coast (i.e. Biarritz, Saint Jean de Luz, Cliff, Hendaye, Txingudi) in response to the deterring actions, neither in wintering nor in breeding period.

4. Discussion

On the French Basque coast, the Yellow-legged gulls breeding population has undergone a sharp increase since 1996. This population comes from the colonies in Spain which have also grown rapidly for 20 years (Arizaga et al., 2009). Indeed, we controlled 335 ringed gulls from the Spanish Basque coast colonies (Fig. 3, Table 1). Since 1996, the installation of colonies indicated a northward expansion of these populations. This colonization by gulls from Spain was most probably facilitated by the abundant, stable feeding source available at the CSDU landfill site. The important role of landfills in increasing the number of gulls' colonies or the influence

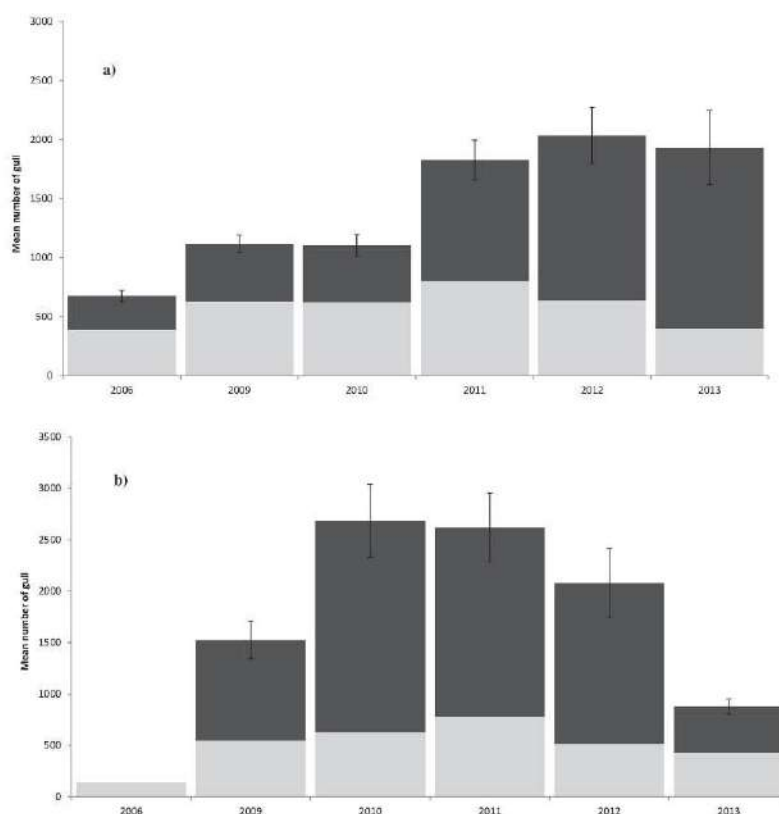


Fig. 6. Mean number (mean number of individuals per count, ± SE) of Yellow-legged gull during breeding (a) and following wintering (b) periods at the CSDU landfill site in black, and the coastal sites (Biarritz, Saint-Jean-de-Luz, Hendaye, Txingudi) in grey from 2006 to 2013. There was no monitoring in winter 2006 at the landfill site.

of the location of colonies has already been studied in Spain (Arizaga et al., 2013a, b) and on the Mediterranean coast (Bosch et al., 1994; Sol et al., 1995; Rock, 2005; Soldatini et al., 2005; Duhem et al., 2008; Ramos et al., 2009).

Our study has measured the impacts of deterring systems on the gull's abundances on two scales: at the landfill and on the whole French Basque coast. At the landfill site, a significant decrease was noted after the deterring actions between the same weeks of the breeding season (March 2013 (control) and March 2014). This result indicated the success of the deterring systems on gulls which used to forage or rest at the landfill. At a greater scale, abundance of gulls during the breeding period did not change along the whole coast between 2012 and 2013. However, it significantly decreased at the landfill site between winter 2013 and the winter following the establishment of deterring systems (2013). Our results suggested that the decrease in abundance at the landfill was not transferred to other coastal sites (Biarritz, Saint-Jean-de-Luz, the Cliff, Hendaye, Txingudi bay).

Overall, these results showed that the loss of attraction of the landfill for wintering gulls was probably due to the deterring actions. Indeed, as a gregarious species (Blokpoel and Spaans, 1991) the decrease in abundances of gulls at the landfill site could discourage use by new migratory birds. Moreover, Arizaga et al. (2013a) showed that gulls have moved to more distant regions during the winter when access to main landfills was limited. We cannot exclude a new extension of the foraging distances of these wintering populations. This would also explain the decline of abundance in the winter period on the landfill (Fig. 4), while coastal sites are still occupied by more sedentary populations.

As demonstrated by several studies, the Yellow-legged gull is an opportunistic feeder and is highly adaptable in response to changes in landfill accessibility (Duhem et al., 2003; Arizaga et al., 2013a). Hence, we considered that gulls used an alternative foraging habitat, mainly the marine environment since the diet of some gull colonies from the area is reported to also depend on fish (Arizaga et al., 2011, 2013b). By the way, the Bay of Biscay already provided an important supply of food during the non-breeding season for Mediterranean Yellow-legged gulls (Galarza et al., 2012; Arizaga et al., 2010, 2013a). This hypothesis of an alternative foraging habitat might be supported with diet analyses.

Other studies concluded that deterring systems work for a limited period due to the effects of habituation (Woronecki, 1988; Belant and Ickes, 1997; Baxter, 2000; Baxter and Allan, 2006; Gagliardi et al., 2006; Ronconi and St. Clair, 2006; Cook et al., 2008; Soldatini et al., 2008; Thiérot et al., 2012). Considering simple and uninterrupted deterring actions, our results indicated an acceptable efficacy for almost one year (Fig. 5). In addition, methodological tests in previous studies were often carried out over a short period (i.e. a few weeks to a few months), while our experiment lasted over a year. The noted efficacy in our study can be explained by our combined method based on acoustic and pyrotechnic methods, minimizing the habituation of gulls, as predicted by Cook et al. (2008).

Results from the landfill site showed a significant decrease in the abundance but also a change in the behavior of gulls. The role of landfills in terms of social interaction, resting and feeding (Belant et al., 1993) was here reduced by the deterring actions. Gulls were more stressed out (in flight) and they had to change their resting and feeding habits. A slight habituation during the employee break was recorded around 7 weeks after the beginning of the "simple deterring action". Since "uninterrupted deterring actions" have been carried out, this problem has disappeared and abundance in feeding and resting gulls remained far below the usual numbers of gulls during the wintering period (more than 5000 ind.). This new type of management led to a decrease in the

abundance of gulls and to almost no longer feeding behavior.

Arizaga et al. (2013a) demonstrated that management of landfills on a local scale had direct implications on the movement patterns of local gulls. According to previous studies (Pons, 1992; Pons and Migot, 1995; Oro et al., 2013) we can expect future impacts on breeding parameters (clutch size, number of breeding pairs, hatching success, etc.) and population dynamics.

The proximity of Spanish colonies (<50 km for the biggest one) should lead to cross-border management. The Yellow-legged gulls that feed and nest along the French Basque coast came mainly from these Spanish colonies and had probably used the CSDU because of the closing of Spanish landfills. Our study highlighted the need to manage gull populations beyond the local scale in order to guarantee that the biological pattern and population dynamic of the species did not influenced by anthropogenic food. To our knowledge, Yellow-legged gulls can still access to three landfills in Spain (Jordi et al., 2014). Two European Union Action Plans are currently under development and seek to decrease the availability of food derived from human activities to gulls, such as landfills (Landfill Waste Council Directive) and fishery discards (Common Fisheries Policy Reform).

The Common Fisheries Policy Reform is currently planning a decrease in discarded fish that will probably impact the breeding performance of the Yellow-legged gull (Oro et al., 1995; Bicknell et al., 2013) in the coming years. Some gulls species are able to switch to alternative prey or move into novel habitat such as inland and urban environment in response to discard declines (Oro et al., 1997, 2013 and references therein). However, this switching of prey by a facultative scavenger presents a potentially serious threat to some seabird communities (e.g. Furness, 2003; Votier et al., 2004). The overall situation might eventually lead to a decrease of the gull population until stability around a new dynamic equilibrium occurs, as predicted by Oro et al. (2013).

These management decisions should be taken into account when forecasting changes in gull population dynamics. In this regard, presumed drastic reductions are expected in most Yellow-legged Gull colonies. Some Spanish Basque colonies have already been impacted by previous closing landfills (Arizaga et al., 2014) then we expect the same consequences to the French Basque coast colonies.

In conclusion, we recommend deterring actions on landfill sites with (1) biological monitoring to eventually adapt the actions (2) a combined and random technique to limit gull habituation and, (3) uninterrupted actions with no break during the day-to-day operations of the landfill. Overall, a true assessment of the impact of management on gull populations (demographic parameters, possible habituation, behavior changes, etc.) needs further monitoring on a long-term basis. Consequently, coordinated cross-border management must be considered in the future.

Acknowledgments

This study is part of the regional ERMMA research program (Environnement et Ressources des Milieux Marins Aquitains). Various organizations have contributed significantly: the Centre de la Mer de Biarritz and the University of Pau and the Pays de l'Adour. The authors wish to greatly thank the members of the CSDU site, in particular Michel Soulé, Genevieve Larzabal, Patricia Martinez Stouls, Jean-Charles Gérard, Aurélie De La Iglesia and Théo Huguet. The authors also thank the biologists working on this study, unfortunately too numerous to be cited individually in this paper (Frédéric Cazaban, Florent Candelier, Aurélie Chatelain, Fabien Dubessy, Pierre Dupeyras, Claudia Etecheopar Etchart, Margot Gomez, Ganix Grabière, Aurore Laborde, Anne-Francine Latrace, Stéphanie Mariaccia, Alexandra Masse, Karsten Schmale ...). We

thank Alfredo Herrero for his help with ringing data, Mikael Vezinet and Pascal Dusnoyer for their helpful advices regarding the manuscript and Patrice Lecannelié for his knowledge of deterring devices. Finally, we thank the reviewers for their comments. This work was funded in part by the General Council of the Landes, the General Council of the Pyrénées-Atlantiques, the Aquitaine Coastal Observatory and the Aquitaine Regional Council.

References

- Arizaga, J., Aldalur, A., Herrero, A., 2014. Population trend at three yellow-legged gull *Larus michahellis* Naumann, 1840 colonies in Gipuzkoa: 2000–2013. *Munibe* 62, 103–115.
- Arizaga, J., Aldalur, A., Herrero, A., Cuadrado, J.F., Díez, E., Crespo, A., 2013a. Foraging distances of a resident Yellow-legged gull (*Larus michahellis*) population in relation to refuse management on a local scale. *Eur. J. Wildl. Res.* 60, 171–175.
- Arizaga, J., Aldalur, A., Herrero, A., Cuadrado, J.F., Mendiburu, A., Sanpera, C., 2011. High importance of fish prey in diet of Yellow-legged *Larus michahellis* chicks from the southeast Bay of Biscay. *Seabird* 23, 1–6.
- Arizaga, J., Galarza, A., Herrero, A., Hidalgo, J., Aldalur, A., 2009. Distribución y tamaño de la población de la Gaviota Patiamarilla *Larus michahellis lusitanus* en el País Vasco: tres décadas de estudio. *Rev. Catalana d'Ornitologia* 25, 32–42.
- Arizaga, J., Herrero, A., Galarza, A., Hidalgo, J., Aldalur, A., Cuadrado, J.F., Ocho, G., 2010. First-year movements of yellow-legged gull (*Larus michahellis lusitanus*) from the Southeastern Bay of Biscay. *Waterbirds* 33, 444–450.
- Arizaga, J., Jover, L., Aldalur, A., Cuadrado, J.F., Herrero, A., 2013b. Trophic ecology of a resident Yellow-legged Gull (*Larus michahellis*) population in the Bay of Biscay. *Mar. Environ. Res.* 87–88, 19–25.
- Baxter, A., 2000. Use of Distress Calls To Deter Birds From Landfill Sites near Airports. International Bird Strike Committee, Amsterdam, pp. 17–18. April.
- Baxter, A., Allan, J.R., 2006. Use of raptors to reduce scavenging bird numbers at landfill sites. *Wildl. Soc. Bull.* 34, 1162–1168.
- Belant, J.L., Ickes, S.K., 1997. Mylar flags as gull deterrents. In: Lee, C.D., Hygnstrom, S.E. (Eds.), Proceedings of the Thirteenth Great Plains Wildlife Damage Control Workshop. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, USA, pp. 73–80.
- Belant, J.L., Seamans, T.W., Gabrey, S.W., Ickes, S.K., 1993. Importance of landfills to nesting Herring Gulls. *Condor* 95, 817–830.
- Bicknell, A.W.J., Oro, D., Camphuysen, K.C.J., Votier, S.C., 2013. Potential consequences of discard reform for seabird communities. *J. Appl. Ecol.* 50, 649–658.
- Blokpoel, H., Spaans, A.L., 1991. Superabundance in gull, causes, problems and solutions. *Acta XX congressus internationalis ornithologici*. N. Z. Ornithol. Congr. Trust Board 2361–2364.
- Bosch, M., Oro, D., Santos, F.J., Zabala, M., 2000. Short-term effects of culling on the ecology and population dynamics of the Yellow-legged gull. *J. Appl. Ecol.* 37, 369–385.
- Bosch, M., Oro, D., Ruiz, X., 1994. Dependence of Yellow-legged gulls (*Larus cachinnans*) on food from human activity in two Western Mediterranean colonies. *Avocetta* 18, 135–139.
- Castège, J., Hémery, G., (coords), 2009. Oiseaux marins et cétacés du golfe de Gascogne. Répartition, évolution des populations et éléments pour la définition des aires marines protégées. Biotope, Méze : Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, p. 176.
- Castège, J., Hémery, G., Pautrizel, F., D'Elhée, J., 2009. Programme Régional Environnement et Ressources des Milieux Marins Aquitains (ERMMA). Rapport d'activités. Centre de la Mer de Biarritz, pp. 30–32.
- Castège, J., Pautrizel, F., Milon, E., 2013. Programme Régional Environnement et Ressources des Milieux Marins Aquitains (ERMMA). Rapport d'activités. Centre de la Mer de Biarritz, pp. 17–20.
- Cook, A., Rushton, S., Allan, J., Baxter, A., 2008. An Evaluation of techniques to control problem bird species on landfill sites. *Environ. Manag.* 41, 834–843.
- Duhem, C., Roche, P., Vidal, E., Taton, T., 2008. Effects of anthropogenic food resources on Yellow-legged gull colony size on Mediterranean islands. *Popul. Ecol.* 50, 91–100.
- Duhem, C., Vidal, E., Legrand, J., Taton, T., 2003. Opportunistic feeding responses of the Yellow-legged gull *Larus michahellis* to accessibility of refuse dumps. *Bird Study* 50, 61–67.
- Engeman, R.M., Hartmann, J.W., Beckerman, S.F., Seamans, T.W., Abu-Abdi, S., 2012. Egg Oiling to reduce Hatch-Year Ring-Billed gull numbers on Chicago's Beaches during Swim season and Water Quality test results. *EcoHealth* 9, 195–204.
- Furness, R., 2003. Impacts of fisheries on seabird communities. *Sci. Mar.* 67, 33–45.
- Gagliardi, A., Martinoli, A., Prettoni, D., Wauters, L.A., Tosi, G., 2006. Behavioral responses of wintering Great Crested Grebes to dissuasion experiments: implications for management. *Waterbirds* 29, 105–114.
- Galarza, A., Herrero, A., Domínguez, J.M., Aldalur, A., Arizaga, J., 2012. Movements of mediterranean yellow-legged gulls *Larus michahellis* to the Bay of Biscay. *Ring. Migr.* 27, 26–31.
- Heath, M., Borggreve, C., Peet, N., 2000. European bird population: estimates and trends. *Birdlife International European Bird Census Council*, Cambridge, p. 160.
- Hémery, G., Bargain, B., Bioret, F., Cuillandre, J.-P., Guernier, Y., Hamon, J., Henry, J., Monnat, J.-Y., Thomas, A., Vansteewegen, C., 1995. Effet de la prédation et du dérangement par les Goélands (*Larus* sp.) sur la dynamique de populations de pétrels-tempête (*Hydrobiae pelagicus*) dans le Golfe de Gascogne. Influence sur la végétation. L'île de Banneg (archipel de Molène, Bretagne). Rapport SRETIE/CROEM, pp. 50–62.
- Hubert, P., Carboneil, J.-P., Chaouche, A., 1989. Segmentation des séries hydro-météorologiques : applications à des séries de précipitations et débits de l'Afrique de l'ouest. *J. Hydrology* 110, 349–367.
- Jordi, O., Herrero, A., Aldalur, A., Cuadrado, J.F., Arizaga, J., 2014. The impact of non-local birds on Yellow-legged gulls (*Larus michahellis*) in the Bay of Biscay: a dump-based assessment. *Animal Biodivers. Conservation* 372, 183–190.
- Martínez-Abraín, A., Oro, D., Gada, J., Del Señor, X., 2002. Movements of Yellow-legged gulls *Larus (cachinnans) michahellis* from two small western Mediterranean colonies. *Atl. Seabirds* 4, 101–108.
- Milon, E., Castège, J., 2015. Goéland leucophaée (*Larus michahellis*). In: Theillout, A. (Ed.), Colloquium faune-Aquitaine.org. Atlas des oiseaux nicheurs d'Aquitaine. LPO Aquitaine, Delachaux et Niestlé, pp. 170–171.
- Moreno, R., Jover, L., Munilla, I., Velando, A., Sanpera, C., 2009. A three-isotope approach to disentangling the diet of a generalist consumer: the yellow-legged gull in northwest Spain. *Marine Biol.* 157, 545–553.
- Munilla, I., 1997. Desplazamientos de la Gaviota Patiamarilla (*Larus cachinnans*) en poblaciones del norte de la Península Ibérica. *Ardeola* 44, 19–26.
- Oro, D., 1999. Trawler discards, a threat or a resource for opportunistic seabirds? In: Adams, N.J., Slotow, R.H. (Eds.), Proceedings of the 22nd International Ornithology Congress. Birdlife South Africa. Durban, South Africa, pp. 717–730.
- Oro, D., Bosch, M., Ruiz, X., 1995. Effects of a trawling moratorium on the breeding success of the Yellow-legged Gull *Larus cachinnans*. *Ibis* 137, 547–549.
- Oro, D., Genovart, M., Tavecchia, G., Fowler, M.S., Martínez-Abraín, A., 2013. Ecological and evolutionary implications of food subsidies from humans. *Ecol. Lett.* 6 (12), 1501–1514.
- Oro, D., Ruiz, X., Jover, L., Pedrocchi, V., Gonzalez-Solis, J., 1997. Diet and adult time budgets of Audouin's Gull *Larus audouinii* in response to changes in commercial fisheries. *Ibis* 139, 631–637.
- Pérennou, C., Sadoul, N., Pineau, O., Johnson, A., Hafner, H., 1996. Gestion des sites de nidification des oiseaux d'eaux coloniales. Tour du Valat, Arles.
- Pons, J.-M., 1992. Effects of changes in the availability of human refuse on breeding parameters in a herring gull *Larus argentatus* population in Brittany, France. *Ardea* 80, 143–150.
- Pons, J.-M., Crochet, P.-A., Thery, M., Bermejo, A., 2004. Geographical variation in the Yellow-legged gull: introgression or convergence from the herring gull? *J. Zoological Syst. Evol. Res.* 42, 245–256.
- Pons, J.-M., Migot, P., 1995. Life-history strategy of the herring gull: changes in survival and fecundity in a population subjected to various feeding conditions. *J. Animal Ecol.* 64, 592–598.
- Ramos, R., Ramírez, F., Sanpera, C., Jover, L., Ruiz, X., 2009. Diet of Yellow-legged Gull (*Larus michahellis*) chicks along the Spanish Western Mediterranean coast: the relevance of refuse dumps. *J. Ornithol.* 150, 265–272.
- Rock, P., 2005. Urban gulls: problems and solutions. *Br. Birds* 98, 338–335.
- Remoni, R.A., St. Clair, C.C., 2006. Efficacy of a radar-activated on-demand system for deterring waterfowl from oil sands tailings ponds. *J. Appl. Ecol.* 43, 111–119.
- Sanz-Aguilar, A., Martínez-Abraín, A., Tavecchia, G., Minguéz, E., Oro, D., 2009. Evidence-based culling of a facultative predator: efficacy components. *Biol. Conserv.* 142, 424–431.
- Sol, D., Arcos, J.M., Senar, J.C., 1995. The influence of refuse tips on the winter distribution of Yellow-legged Gulls *Larus cachinnans*. *Bird Study* 42, 216–221.
- Soldatini, C., Albores-Barajas, Y.V., Torricelli, P., Mainardi, D., 2008. Testing the efficacy of deterring systems in two gull species. *Appl. Animal Behav. Sci.* 110, 330–340.
- Soldatini, C., Riccato, F., Torricelli, P., Mainardi, D., 2005. Yellow-legged gulls' diet and foraging locations. In: 15th Meeting of the Italian Society of Ecology. Torino.
- Thibault, J.C., Zouier, R., Guyot, L., Bretagnolle, V., 1996. Recent trends in breeding marine birds of the Mediterranean Region with a special reference to Corsica. *Colon. Waterbirds* 19, 31–40.
- Thiériot, E., Molina, P., Giroux, J.-F., 2012. Rubber shots not as effective as selective culling in deterring gulls from landfill sites. *Appl. Animal Behav. Sci.* 142, 109–115.
- Vidal, E., Duhem, C., Beaubrun, P.-C., Yésou, P., 2004. Goéland leucophaée (*Larus michahellis*). In: Cadiou, B., Pons, J.-M., Yésou, P. (Coords.) (Eds.), Oiseaux marins nicheurs de France métropolitaine (1960–2000). Editions Biotope, Méze, pp. 128–133.
- Votier, S.C., Furness, R.W., Crane, J.E., Caldow, R.W.G., Cury, P., Ensor, K., Hauer, K.C., Hudson, A.V., Kalmbach, E., Klomp, N.J., Pflieger, S., Phillips, R.A., Prieto, I., Thompson, D.R., 2004. Changes in fisheries discard rates and seabird communities. *Nature* 427, 727–730.
- Woronecki, P.P., 1988. Effect of ultrasonic, visual, and sonic devices on pigeon numbers in a vacant building. In: Proceedings of the Vertebrate Pest Conference, vol. 13, pp. 266–272.
- Yésou, P., Beaubrun, P.-C., 1995. Le Goéland Leucophaée *Larus Cachinnans*. In: Yotman-Berthelot, D., Jarry, G. (Eds.), Nouvel atlas des oiseaux nicheurs de France 1985–1989. France, Paris, pp. 328–329.

ANNEXE IV b :

Article intitulé « First results of fauna community structure and dynamics on two artificial reefs in the south of the Bay of Biscay (France) » publié en 2016 dans la **revue internationale ESTUARINE, COASTAL AND SHELF SCIENCE**.

Cet article présente les premiers résultats issus du suivi biologique standardisé mis en place sur les récifs artificiels des Landes en collaboration avec les associations qui gèrent ces récifs. En fonction des sites, des analyses spatio-temporelles et le suivi de la colonisation ont été présentés. Ces résultats sont totalement inédits sur la façade atlantique française ([voir section C-9](#))



Contents lists available at ScienceDirect

Estuarine, Coastal and Shelf Science

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecss



First results of fauna community structure and dynamics on two artificial reefs in the south of the Bay of Biscay (France)



Iker Castège^{a,*}, Emilie Milon^a, Gérard Fourneau^b, Alain Tautia^c

^a Centre de la mer de Biarritz, Plateau de l'Atalaye, 64200 Biarritz, France

^b Aquitaine Landes Récifs (ALR), 501 Route de Lestrilles, 40990 Saint Paul Lès Dax, France

^c Association pour la Défense, la Recherche et les Etudes Marines de la Côte d'Aquitaine (ADREMCA), 57 rue du pignada, 40200 Mimizan, France

ARTICLE INFO

Article history:

Received 9 January 2015

Received in revised form

10 February 2016

Accepted 20 February 2016

Available online 23 February 2016

Keywords:

Artificial reefs

Ichthyofauna

Species diversity

Composition

Colonization

Bay of Biscay

ABSTRACT

The French experiments of artificial reefs started in the 60's, mainly on the Mediterranean coast. This study focused on two main sites along the Atlantic coast (Aquitaine): the Porto artificial reef, located at Mimizan (1989) and the artificial reefs of Capbreton (1999). Both have been placed off the sandy coast at depths of 12–25 m.

A standardized monitoring by visual censuses has been performed since 2009–2010 with 4 sampling points placed on different substrates (barge and concrete pipes) to cover the whole Porto site and 2 sampling points on concrete pipes and Typi unit at Capbreton.

Twenty-two taxa were recorded on the Porto artificial reef, dominated by benthic fishes. First results indicated differences in taxa richness between the sampling points: the barge had a more important diversity than the assemblage of concrete modules. Hence, a gradient of habitat complexity is discussed in light of results on taxa richness and biomass assessments.

Visual censuses revealed a specific richness of 36 taxa on artificial reefs of Capbreton with a significant difference between concrete pipes and Typi unit. Five taxa were counted every year on both sites and could be considered as more representative of these artificial reefs: *Trachurus trachurus*, *Umbra* sp., *Trisopterus luscus*, *Conger conger*, Blenniidae. Despite sharing common species, each site had its own species showing their complementarity.

Different temporal variations were found on both sites, in particular at Capbreton where pelagic fishes in 2010 have been replaced in 2013 by benthic fauna.

These pioneering analyses on the Aquitaine coast require further research, particularly on the temporal evolution of abundances and biomass.

© 2016 Published by Elsevier Ltd.

1. Introduction

Artificial reefs (ARs) have been used for a variety of purposes: ecosystems conservation and restoration, fish stock enhancement, fishery management and improvement, aquaculture, research and recreation (Jensen, 2002). Recently, the use of ARs is also encouraged as part of Marine Protected Areas (MPA), for instance to sustain artisanal coastal fisheries, or prevent illegal trawling, so protecting seagrass beds (Barnabé et al., 2000; Claudet and Pelletier, 2004).

Many studies showed an increase of the diversity and/or the

abundance of fish after the deployment of ARs (Bohnsack and Sutherland, 1985; Alevizon and Gorham, 1989; Walker et al., 2002) especially when sites are located far from natural hard substrates (Bombace et al., 1994) or surrounded by barren expanses of sand (Walsh, 1985). Deployment of ARs can also lead to several effects such as increasing the number of local resident reef fishes (Alevizon and Gorham, 1989), altering the composition of meiofaunal assemblages (Danovaro et al., 2002), affecting the soft-bottom community (Davis et al., 1982; Fabi et al., 2002), increasing secondary biomass production (Cresson et al., 2014b).

France was the first European country to carry out experiments on artificial reefs, starting in 1968 with some pilot reefs made of waste materials on the Mediterranean coast. Most of the French ARs are now located along the Mediterranean coast, 19 sites versus 8 along the Atlantic coast (Tessier et al., 2015). This difference in the

* Corresponding author.

E-mail address: iker.castège@univ-pau.fr (I. Castège).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2016.02.015>

0272-7714/© 2016 Published by Elsevier Ltd.

amount of constructions between the two coasts reflects the relatively instable benthic condition of the Atlantic coast (Barnabé et al., 2000). Tessier et al. (2015) also assumed a lesser demand among Atlantic stakeholders or differences of local artisanal fishing practices.

The French Mediterranean ARs received much more attention (e.g. Ody and Harmelin, 1994; Barnabé et al., 2000; Charbonnel et al., 2002; Cresson et al., 2014a) than the French Atlantic ARs, which might be explained by their lower number, the action of swell and the difficulties associated with observation by SCUBA divers in the Atlantic.

The recreational divers' association ADREMCA (Mimizan, Aquitaine coast in the southern part of the Bay of Biscay) deployed the Porto artificial reef in 1989. Several materials were used over time: tyres, concrete modules, barge ... Ten years later, another association (ALR) placed 800 m³ of concrete pipes at Capbreton (60 km south of Mimizan). In 2010 it deployed its new concrete module called "Typi".

All these ARs were placed to restore and enhance the marine fauna of this sandy area. Anchoring, diving and all types of fishing are prohibited by a prefectural decree from juridical authority.

The main purpose of this work is to study the composition of the fish community associated to these ARs. We present here the first results of our 4-years survey related to 1/community structure, 2/ spatial variations and 3/temporal variations.

2. Materials and methods

2.1. Study area and artificial reefs

The study was conducted along the Landes coast, in the south of the Bay of Biscay (Fig. 1). This area is a subtropical/boreal transition subprovince. The fauna in this area is mixed with groups of boreal and subtropical origin and many fish species reach the southern or northern limit of their distribution in the Bay of Biscay (OSPARE Commission, 2000).

The first site (Porto AR), managed by the association ADREMCA, is located ~ 18 km off Mimizan at of 12–25 m water depth on a sandy substrate. A barge (18 × 3.5 m) has been placed in 1994, then a central chaotic structure of concrete modules in 2003 (with modules added each year) and an isolated cluster in 2003 and 2004 formed by 100 t of concrete modules. The nearest rocky shore is 84 km away to the south and extends to the Spanish border.

The second site (Capbreton AR) is established on a sandy bottom, at 18 m depth near the Capbreton Canyon, a unique feature in Europe where the shelf break (isobaths 200 m) is only 2 km from the coast. We focused on two structures: a single module "Typi" of 70 m³ (13 t, diameter 4.64 m, height 2.60 m) deployed in 2010, and 800 m³ of concrete pipes (diameter 0.9 m, length 1 m) deployed individually and randomly in 1999. The site is 20 km away of the rocky shore.

2.2. Sampling design

According to Bortone (2006), researchers were often tempted to answer many reef fish assemblage questions in a single study. Thereby we focused our survey on the development of a consistent sampling method which will track relative changes in fish abundance.

The census technique was elaborated taking into account some difficulties: oceanic conditions (low visibility, high swell, low temperatures), materials and time constraint. We chose a stationary visual census adapted from Bohnsack and Bannerot (1986) rather than a linear transect method because this technique does not require materials or preplacement of reference line and it can

also be conducted in a limited area (Bortone et al., 1989). The stationary method is logistically simple to implement and also allows an extended period of observation of given individuals (Colvocoresses and Acosta, 2007).

Two divers counted fishes in a cylindrical space of 2 m radius during 3 min. The size of the radius was adapted to the poor visibility in the area. As recommended by Bohnsack and Bannerot (1986), sampling radius can be small if all stations are sampled in the same condition. The duration (3 min) was determined by the SCUBA divers, considering all stations to monitor and their time limitation underwater. Data on species composition, abundance and size (only on the Porto AR) were collected simultaneously.

Four stations have been chosen for the Porto AR to cover the whole site and its different substrates (Fig. 1): the barge (station 1), the central chaotic structures of concrete modules (stations 2 and 3) and the isolate cluster of concrete modules (station 4). The survey was conducted from 2009 to 2012, during the months of July, August and September. A total of 15 underwater visual censuses were carried out under standardized conditions (meaning with >2 m visibility), involving 3 to 5 replicates on all stations each year (Table 1).

Two stations were sampled on the Capbreton AR: the Typi, which data have been collected since its deployment in 2010, and the concrete pipes, already deployed since 1999. The survey was conducted from 2010 to 2013, mostly between June and September. A total of 14 underwater visual censuses were carried out, meaning 2 to 5 replicates on both stations each year (Table 1).

Intra-annual variations, mostly due to seasonality and reported in many studies (Bohnsack and Sutherland, 1985; Kelini et al., 1994; Santos et al., 2005), were not included since all dives were conducted each year at the same period for both sites (i.e. between June and September).

2.3. Data treatment

ARs on both sites were deployed in different years, they also differed in terms of substrates and number of modules. Hence some data could not be compared.

Community structure parameters, including mean abundance (mean number of individuals/dive/m²), mean taxa richness (mean number of taxa/dive) and mean biomass (mean weight (g)/dive/m²), were calculated for each stationary point and then compared among stations using non-parametric test (Wilcoxon–Mann–Mann–Whitney test) and through years (Kendall test). A frequency of appearance (FA) was assessed according to Rilov and Benayahu (2000): FA = (number of censuses in which the species *i* was counted/total number of censuses) × 100. The frequency of appearance of each species was then transformed into four categories: 0 < FA ≤ 25, 25 < FA ≤ 50, 50 < FA ≤ 75, 75 < FA ≤ 100.

Fish size was only recorded on the Porto AR (not on the Capbreton AR), allowing biomass assessment. The fish weight was calculated using the power function $W = aL^b$, where *W* is the weight (g), *L* is the estimate length (cm), and *a* and *b* are parameters estimated by linear regression of logarithmically transformed length–weight data. We used the parameters *a* and *b* reported previously in the literature (Bauchot and Bauchot, 1978; Latrouite et al., 1981; Dorel, 1986; Coull et al., 1989; Morato et al., 2001; Santos et al., 2002; Borges et al., 2003; Mahé et al., 2006; Robinson et al., 2010; Torres et al., 2012).

We also performed a multivariate analysis for comparing the community structure of the two sites through time, using a correspondence analysis based on the presence/absence of taxa with the Statbox software (6.4 version). Species were assigned to three functional groups adapted from Bombace et al. (1994) and

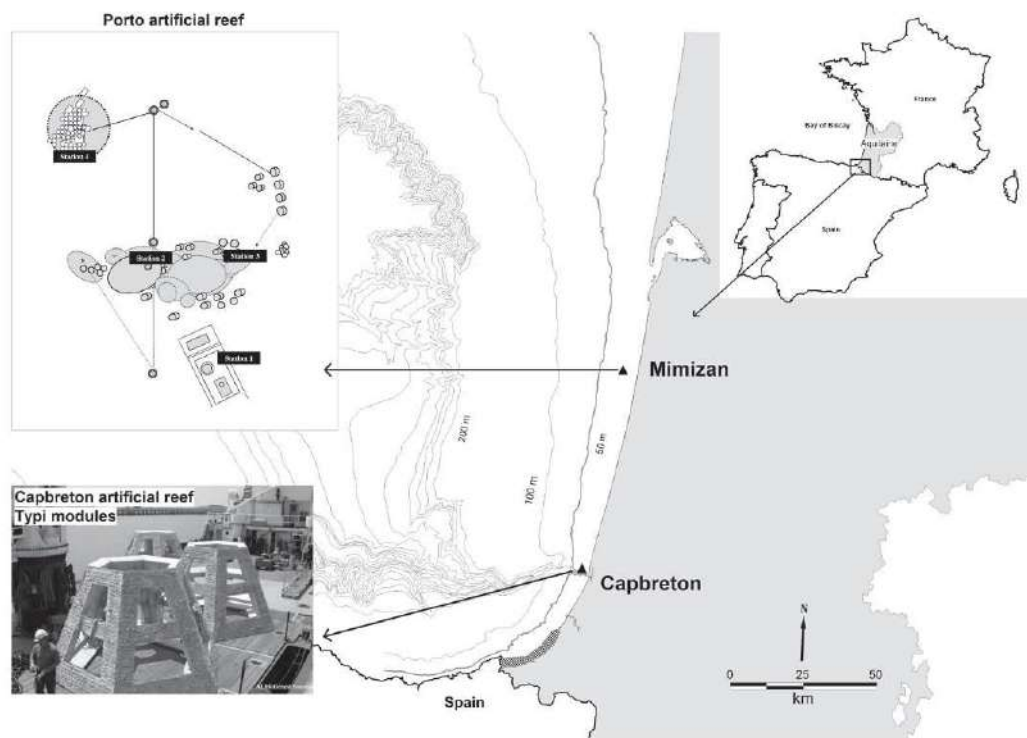


Fig. 1. Map of the study area. Reef organization on the Porto artificial reef (at Mimizan) is detailed with location of the 4 visual censuses stations. The photography illustrates Typi modules before their deployment at Capbreton. Hatching area represents the natural rocky shore that extends to the Spanish border.

Table 1
Number of dives performed each year on the two artificial reefs: Porto and Capbreton. All stations were sampled during each dive. (NA: no data available).

Artificial reef	Station	Year				
		2009	2010	2011	2012	2013
Porto	Station 1	3 dives	5 dives	4 dives	3 dives	NA
	Station 2					
	Station 3					
	Station 4					
Capbreton	Concrete pipes Typi	NA	4 dives	2 dives	3 dives	5 dives

according to their habitat: Pelagic (P), Benthic-demersal (BD) and Benthic (B).

All analyses were conducted after homogenizing data to a mixed taxonomic level (see Table 2).

3. Results

3.1. Fish assemblage

Marine fauna monitored in the two study sites was listed in Table 2 according to the frequency of appearance (FA). A total of 22 taxa (50% benthic) was counted on the Porto AR.

Most common species ($75 < FA \leq 100$) were combtooth blennies, European conger (*Conger conger*), pouting (*Trisopterus luscus*), velvet crab (*Necora puber*), striped red mullet (*Mullus surmuletus*), Atlantic horse mackerel (*Trachurus trachurus*), edible crab (*Cancer pagurus*) and drums (*Umbrina* sp.). Among them, Atlantic horse mackerel and pouting represented more than 80% of total abundance.

Thirty-six taxa were recorded on the Capbreton AR. Sparidae was the most representative family with 5 species. Most common species ($75 < FA \leq 100$) were combtooth blennies, European conger, pouting, Atlantic horse mackerel, octopus (*Octopus vulgaris*) and drums. The most abundant species were: Atlantic horse mackerel, pouting, drums and striped red mullet.

Some species were specific to one or the other AR. For instance, 5 species were counted only on the Porto AR, e.g. bogue (*Boops boops*) or meagre (*Argyrosomus regius*). In the same way, 19 taxa have been seen only on the Capbreton AR, especially Sparidae (such as *Diplodus vulgaris* or *Spondyliotoma cantharus*).

Table 2

Frequency of appearance (FA) of all taxa that occurred in the censuses on the two study sites. [The number of asterisks represents the taxa frequency as follows: * = 0 < FA < 25, ** = 25 < FA < 50, *** = 50 < FA < 75, **** = 75 < FA < 100]. Species were assigned to three functional groups adapted from Bombace et al. (1994) and according to their habitat: Pelagic (P), Benthic-demersal (BD) and Benthic (B).

Family	Species	Common name	Habitat	Porto AR FA	Capbreton AR FA
Balistidae	<i>Balistes capricornis</i>	Grey triggerfish	BD	*	***
Blenniidae	Blenniidae	Combtooth blennies	B	****	****
Canceridae	<i>Cancer pagurus</i>	Edible crab	B	****	*
Carangidae	<i>Trachurus trachurus</i>	Atlantic horse mackerel	P	****	****
Clupeidae	<i>Sardina pilchardus</i>	European sardines	P	*	*
Congridae	<i>Conger conger</i>	European conger	B	****	****
Engraulidae	<i>Engraulis encrasicolus</i>	Anchovy	P		*
Gadidae	<i>Pollachius pollachius</i>	Atlantic pollock	BD		*
	<i>Trisopterus luscus</i>	Pouting	BD	****	****
Gobiidae	<i>Gobius niger</i>	Black goby	B		*
Labridae	<i>Ctenolabrus rupestris</i>	Goldsinny wrasse	BD	*	*
	<i>Labrus bergytta</i>	Ballan wrasse	BD	*	*
	<i>Symphodus</i> sp.	Wrasse	BD		***
Majidae	<i>Maja brachydactyla</i>	European spider crab	B	*	*
Molidae	<i>Mola mola</i>	Ocean sunfish	P	*	*
Moronidae	<i>Dicentrarchus labrax</i>	European seabass	BD	****	*
Mullidae	<i>Mullus surmuletus</i>	Striped red mullet	B	****	***
Nephropidae	<i>Homarus gammarus</i>	Common lobster	B	**	
Octopodidae	<i>Octopus vulgaris</i>	Octopus	B	**	****
Osmenidae	<i>Mallotus villosus</i>	Capelin	P		**
Paguridae	<i>Pagurus bernhardus</i>	Hermit crab	B		**
Palaeomonidae	<i>Palaeomon serratus</i>	Common prawn	B		***
Polydoridae	<i>Necora puber</i>	Velvet crab	B	****	***
Sciaenidae	<i>Argyrosomus regius</i>	Meagre	BD	*	
	<i>Umbra</i> sp.	Drum	BD	****	****
Scombridae	<i>Sarda</i> sp.	Bonito	P		*
Scophthalmidae	<i>Scophthalmus rhombus</i>	Brill	B		*
	<i>Zeugopterus punctatus</i>	Topknot	B	**	
Scorpaenidae	<i>Scorpaena</i> sp.	Scorpionfish	B	*	***
Sepiidae	<i>Sepia officinalis</i>	Common cuttlefish	B		*
Serranidae	<i>Serranus cabrilla</i>	Comber	BD		**
Soleidae	<i>Solea solea</i>	Common sole	B		*
Spardae	<i>Boops boops</i>	Bogue	BD	*	
	<i>Diplodus puntazzo</i>	Sharpshout seabream	BD		*
	<i>Diplodus sargus</i>	White seabream	BD		****
	<i>Diplodus vulgaris</i>	Common two-banded seabream	BD		***
	<i>Sparus aurata</i>	Gilthead seabream	BD		**
	<i>Spondylusoma cantharus</i>	Black seabream	BD		**
Trachinidae	Trachinidae	Weevers	B	**	**
Triglidae	Triglidae	Gurnards	B		*
Zeidae	<i>Zeus faber</i>	John Dory	BD	**	**

Both sites had 17 taxa in common, including 5 taxa that were counted every year: combtooth blennies, Atlantic horse mackerel, European conger, drums and pouting. Almost all these taxa were among the 10 most abundant at both sites (Table 3).

Table 3

Ranking of the ten most abundant taxa at each study site [* : species present, but with lower abundances (i.e. rank > 10)].

Species	Porto AR	Capbreton AR
<i>Trisopterus luscus</i>	1	2
<i>Trachurus trachurus</i>	2	1
<i>Sardina pilchardus</i>	3	6
<i>Mullus surmuletus</i>	4	4
<i>Umbra</i> sp.	5	3
<i>Necora puber</i>	6	*
<i>Boops boops</i>	7	
<i>Conger conger</i>	8	*
Blenniidae	9	9
<i>Cancer pagurus</i>	10	*
<i>Mallotus villosus</i>		5
<i>Diplodus sargus</i>		7
<i>Engraulis encrasicolus</i>		8
<i>Diplodus vulgaris</i>		10

3.2. Spatial variations

3.2.1. Taxa richness

Station 1 (barge) of the Porto AR (Fig. 2) showed a higher mean taxa richness than stations 3 ($p = 0.02$) and 4 ($p = 0.02$), as well as station 2 compared to station 4 ($p = 0.03$). Taxa richness of the other stations was similar. A decreasing richness gradient can be observed from station 2 to station 4.

At the scale of the two sites, the mean taxa richness is higher on the Capbreton AR, especially around the concrete pipes (see Table 4 for all p-values).

3.2.2. Abundances and biomass of marine fauna

The mean biomass (mean weight (g)/dive/m³) was assessed on the Porto AR where fish sizes were reported (Fig. 3a). Station 1 had a higher biomass than the other stations ($p < 0.01$). Station 1 had a mean biomass higher than station 2 ($p = 0.02$) and station 3 ($p = 0.02$). Most of the biomass differences between the stations on the Porto AR were explained by the reef-dwelled congeners.

Abundances were the same on all stations on the Porto AR (Fig. 3b; $p > 0.05$ for all of them) and did not differ with the Typi. The highest abundance (mean number of individuals/dive/m³) was

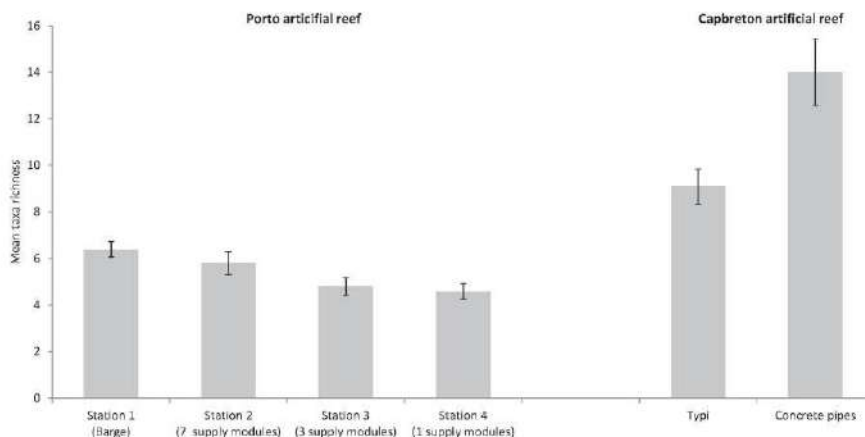


Fig. 2. Mean taxa richness (mean number of taxa/dive + S.D.) on the Porto AR (2009–2012) and on the Capbreton AR (2010–2013). Number of added modules on the Porto AR is also indicated.

Table 4
Comparison of taxa richness between stations. Analyses were performed using a Wilcoxon–Mann–Whitney test. Significant values are in bold type.

Porto artificial reef			Capbreton artificial reef		
	Station 2	Station 3	Station 4	Typi	Concrete pipes
Station 1	0.90	0.02	0.02	0.16	0.01
Station 2		0.06	0.03	0.2	0.01
Station 3			0.33	<0.01	<0.01
Station 4				<0.01	<0.01
Typi					0.03

found around concrete pipes (Fig. 3c). These latter dominated all the stations ($p \leq 0.01$) because of the greater abundances of Atlantic horse mackerel, pouting and drums. The seabreams, only recorded on the Capbreton AR, also were abundant and had a part in the differences between stations.

3.3. Temporal variations

The mean taxa richness did not show a temporal trend on both sites (Fig. 4; $p > 0.05$).

However a closer look to the temporal variations of the community structure on the Porto site (Fig. 5a) indicated a divide between the first year (2009) and the others. A pool of 8 taxa was common each year, in the middle of the correspondence analysis (combtooth blennies, *C. pagurus*, etc.).

A temporal pattern has been highlighted on the Capbreton AR (Fig. 5b) where pelagic species reported in 2010 (ocean sunfish *Mola mola*, sardines) were replaced by benthic species in 2013 (edible crab, gumards or common sole *Solea solea*).

4. Discussion

4.1. Porto AR

The fish responses to reefs are often affected by site-specific factors related to the design, size and complexity of the reefs, features of the area, proximity to other reefs, and biological factors such as competition and density-dependent mortality (Chandler et al., 1985; Bohnsack et al., 1994; Charbonnel et al., 2002;

Moreno, 2002; Strelcheck et al., 2005; Hunter and Sayer, 2009; Campbell et al., 2011).

The Porto AR fish assemblage showed a spatial pattern related to habitat complexity. The highest taxa richness was found on the barge, established in 1994. We assume that the barge may be more complex than the other modules, providing more available space resources for fishes, or a vertical relief (Chandler et al., 1985; Rilov and Benayahu, 2000). Baynes and Szmant (1989) also showed the importance of the current flow around a wreck AR for sessile benthic community. To our knowledge, no artificial reef study has yet compared the fish assemblage between a barge and concrete modules. However, papers had already showed the prominent role of habitat complexity in relation to artificial reef design on diversity and abundance of the fish assemblage (e.g. Charbonnel et al., 2002).

Every year since 2003, new modules were randomly sunk in the central part of the site, increasing reef size and complexity. These additions created a chaotic and heterogeneous arrangement that provided various sizes of shelters and benefits for many fish species (Charbonnel, 2005). Despite no significant results, the richness gradient observed between stations 2 and 3 could be linked to a difference in modules added; with seven additions of concrete modules through years, station 2 could have a more complex structure than station 3 (3 modules added). In the same way, the isolate cluster (station 4), where no module has been added since its deployment (2004–2005), could be considered as simple design.

Nevertheless, this complexity gradient was not reflected in the biomass analysis. Indeed, station 4 had the highest biomass due to the presence of big European congers (greater allometric growth parameter b among species). One explanation could be that the addition of modules each year on stations 2 and 3 could disturb resident species as conger. Therefore we could assume that a single deployment was better for this species than a successive deployment. A second hypothesis is that the random assemblage of modules at station 4 could also provide a more suitable shelter for congers.

Station 1 had the second highest mean biomass, still due to the congers. If this result reinforced our hypothesis of a more complex design of the barge and could be relevant with previous

J. Castège et al. / *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 179 (2016) 172–180

177

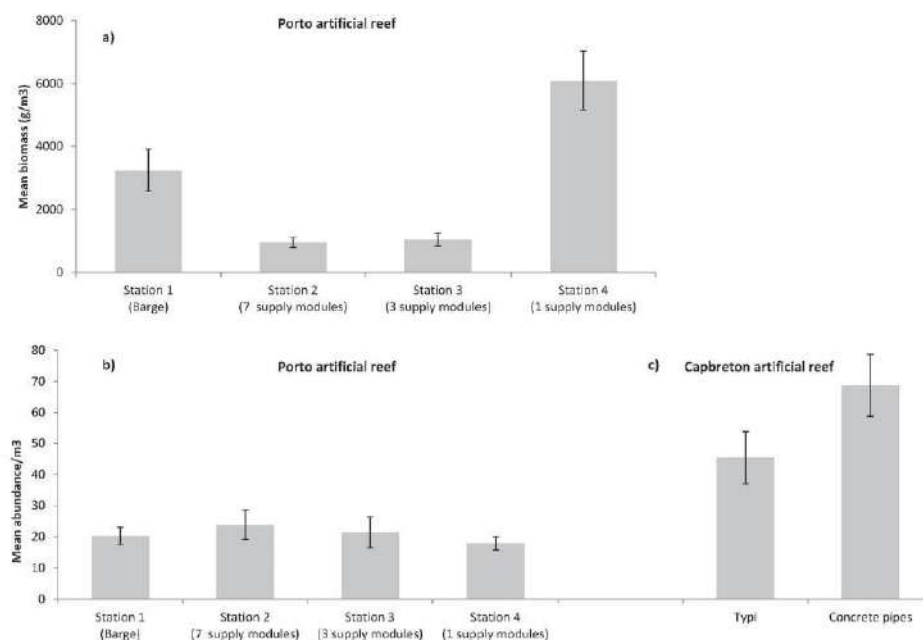


Fig. 3. Mean biomass (mean weight(g)/diver/m³ ± S.D.) on the Porto AR (a), mean abundance (mean number of individuals/diver/m² ± S.D.) on the Porto AR (b) from 2009 to 2012 and on the Capbreton AR (c) from 2010 to 2013. Number of added modules on the Porto AR is also indicated.

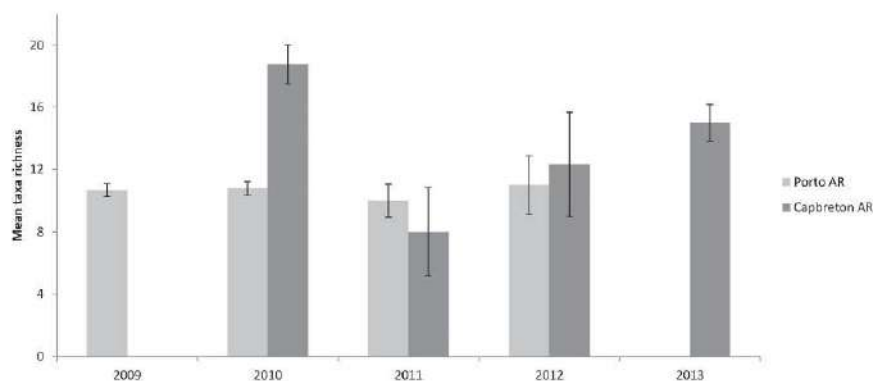


Fig. 4. Variation of the mean taxa richness on the Porto artificial reef from 2009 to 2012, and on the Capbreton artificial reefs from 2010 to 2013 (±S.D.).

studies (Charbonnel et al., 2002; Hunter and Sayer, 2009; Le Direach et al., 2015), it did not match with our last assumption about the less complex design of station 4. This observation emphasizes the need to consider several factors to define the degree of complexity of an AR. More investigations *in situ* would be necessary to better determine the modules assemblage on the Porto AR and lead to further conclusions.

The Porto reef gathered resident taxa such as European conger,

combtotooth blennies and striped red mullet counted every year. Besides, pouting and Atlantic horse mackerel represent more than 80% of the total abundance. These two species are known to be attracted by artificial hard substrates (Fabi et al., 2004; Santos et al., 2005; Reubens et al., 2011, 2013a, 2013b). The Atlantic horse mackerel is one of the most important species caught off the south of the Bay of Biscay in the 22 km boundary (Augris et al., 2009). Recent studies evidenced the important role played by artificial reefs, directly or indirectly, for fish

178

I. Caillède et al. / Estuarine, Coastal and Shelf Science 179 (2016) 172–180

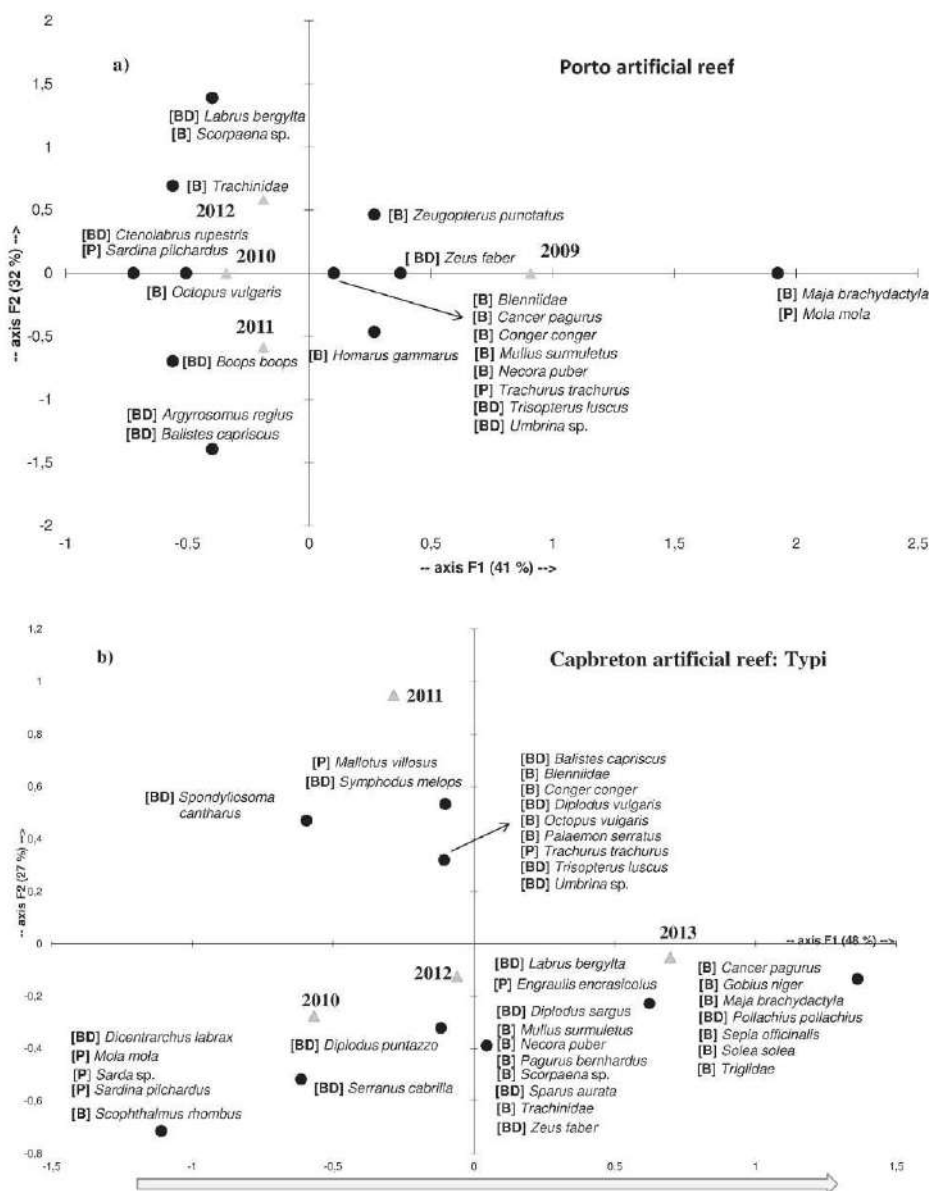


Fig. 5. a) Correspondence analysis, projection of the years (2009–2012) and taxa recorded on the Porto artificial reef in the principal plane (first and second axes plane). b) Correspondence analysis, projection of the years (2010–2013) and taxa recorded on the Capbreton artificial reef in the principal plane (first and second axes plane). Habitat of each taxa is showed [B = Benthic; BD = Benthic-demersal; P = Pelagic].

foraging (Relini et al., 2002; Fabi et al., 2006; Leitão, 2013 and references therein; Leitão et al., 2007; Claisse et al., 2014; Cresson et al., 2014a, 2014b), thus a new attention should be paid to better understand the use of Porto AR by these species.

4.2. Capbreton AR

The Typi module was monitored since its deployment, near concrete pipes sunk in 1999. One month after its settlement, only 7

taxa were counted among the 17 found on concrete pipes. Three years later, a total diversity of 28 taxa has been observed on the Typi and the species richness per dive had increased (sometimes doubled). We assumed the Typi would benefit of the population already established on the old concrete pipes (~10–15 m away) as demonstrated elsewhere (Leitão et al., 2008). This hypothesis was also reinforced by the abundances. According to the review of Bohnsack and Sutherland (1985), equilibrium community structure is usually achieved within one year to a maximum of 5 years, depending on seasonal variations. However, species richness can continue to increase even more than 10 years after deployment (Tessier et al., 2015 and references therein).

A temporal change in marine fauna community has been highlighted on the Typi since its deployment. Some of the species observed only the first year were not related to the Typi settlement because they usually are not attracted by artificial reefs (e.g. ocean sunfish). However a change in the community structure was revealed, especially in 2013 with a lot of new benthic species as gurnards.

The Typi had a more complex structure than concrete pipes through its architecture with voids, shelter, vertical relief and heterogeneity. Hence we suggest that Typi could have attracted new site-specific species, e.g. gurnards and sharpnose seabream *Diplodus puntazzo*, only recorded on this reef. Habitat limitation is the primary factor determining the specific composition of the artificial reef fish assemblages through availability of food or shelter (Bohnsack, 1989). As old reefs are limited in extension, the provision of the Typi could bring new habitats for the population already established, and attract new species.

The Capbreton AR was created to enhance fish stock and to sustain artisanal coastal fisheries. Four pelagic and demersal species among the most important in the Bay of Biscay in terms of abundance and commercial interest were recorded on this AR: sardine, anchovy, Atlantic horse mackerel and pouting (OSPAR Commission, 2000). Ten benthic-demersal or benthic taxa with a more moderate commercial interest were also recorded on the Capbreton AR, such as seabreams, bogue or scorpionfish, Leitão et al. (2009) remind us the important role played by AR as a tool for the management of fish stocks in the case of artisanal fisheries. Coastal fisheries are very important along the Aquitaine coast since 80% of the local fleet operate within 22 km (Caill-Milly and Prouzet, 2013). Several ARs worldwide failed to contribute to fisheries enhancement, as usually no guidelines for artificial reef sustainable exploitation are enforced (Leitão et al., 2009). These authors recommended a fishery management based on knowledge of the reef fish assemblages.

4.3. Both sites

The study was not intended to compare the management or efficiency of each site, managed by different associations. Even if the monitoring was created for both sites, unfortunately its application differed in time and some comparisons were not possible, in particular regarding the biomass. Nevertheless, our results highlighted some valuable points.

First of all, we observed the effect of habitat complexity on taxa richness. Our preliminary work can sort the stations according to a decreasing effect of architectural complexity on diversity: concrete pipes > Typi = Barge = 7 supply > 3 supply = 1 supply.

This relation was not so obvious for the abundances even if concrete pipes had the greatest abundances. The biomass, only recorded on the Porto AR, was largely dominated by congers and did not match with the previous relationship about complexity. As a result, we recommend investigating the size and the modules' assemblage to better define the complexity of these ARs. The study

of the biomass is also needed on the Capbreton AR.

The location of the two sites could also explain some differences among the taxa recorded, particularly the distance between them (60 km away). Moreover, Capbreton AR is closer to the rocky shore (20 km) than the Porto AR (84 km). These coastal influences may have served as donor area and facilitated the colonization, or the adult emigration.

5. Conclusions

Artificial reefs of the French Atlantic coast have been rarely studied compared to the man-made structures located in Mediterranean. Hence the present study is the first to integrate a long-term standardized monitoring on two main ARs at Minizan (Porto AR) and Capbreton. The preliminary results had described for the first time the fish assemblage of these French Atlantic ARs. The analyses showed a spatial distribution of taxa richness that could be linked to a gradient of architectural complexity. The monitoring of Capbreton site indicated that, three years after its deployment, colonization of the Typi is still ongoing with changes in the population structure (e.g. appearance of more benthic species).

Despite sharing common species, each site had its own species linked to its particularities. In any case, it is important to guarantee long-term monitoring of the ARs fish assemblage, especially because these sites are unique in the Bay of Biscay.

Acknowledgements:

This study is part of the regional research program ERMMA «Environnement et Ressources des Milieux Marins Aquitains». Different organisations contributed significantly: the ADREMCA «Association pour la Défense, la Recherche et les Etudes Marines de la Côte Aquitaine» association, the ALR «Aquitaine Landes Récifs» association and the «Centre de la Mer de Biarritz». Authors wish to thank the divers and some members of the associations: Georges Robin, Didier Fontana, JJ Thomas, Gilles Cuadrado, Robert Gachet, Claude Fabre, D. Tastet, D. Piazza, Marie-Noëlle de Casamajor, Elodie Zaccari, Jean Célestino, Thierry Avaro, A Philippe Dupouy, Anne-Catherine Roch, Pierre Pourret, Marine Duchassin, Gilbert Sicart and Antoine Desbordes. We also thank Mikael Vezinet for his helpful advices on the manuscript and the reviewers and Guy Bachelet the Guest Editor for their comments. This work was funded in part by the «Département des Landes», the «Département des Pyrénées-Atlantiques», the «Observatoire de la Côte Aquitaine» and the «Conseil Régional d'Aquitaine».

References

- Alevizon, W.S., Gorham, J.C., 1989. Effects of artificial reef deployment on nearby resident fishes. *Bull. Mar. Sci.* 44, 646–661.
- Augris, C., Caill-Milly, N., De Casamajor, M.N., 2009. Atlas thématique de l'environnement marin du Pays basque et du sud des Landes. coords. Edition Quae, France, 127pp.
- Bamabé, G., Charbonnel, E., Marinaro, J.-Y., Ody, D., Francour, P., 2000. Artificial reefs in France: analysis, assessments and prospects. In: Jensen, A.C., Collins, K.J., Lockwood, A.P.M. (Eds.), *Artificial Reefs in European Seas*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 167–184.
- Bauchot, R., Bauchot, M.L., 1978. Coefficient de condition et indice pondéral chez les téléostéens. *Cybiu* 3 (4), 3–16.
- Baynes, T.W., Szman, A.M., 1989. Effect of current on the sessile benthic community structure of an artificial reef. *Bull. Mar. Sci.* 44, 545–556.
- Bohnsack, J.A., 1989. Are high densities of fishes at artificial reefs the result of habitat limitation or behavioral preference? *Bull. Mar. Sci.* 44, 631–645.
- Bohnsack, J.A., Bannerot, S.P., 1988. A stationary visual census technique for quantitatively assessing community structure of coral reef fishes. *Natl. Ocean. Atmos. Adm. Tech. Rep. Natl. Mar. Fish. Serv.* 41, 1–24.
- Bohnsack, J.A., Harper, D.E., McClellan, D.B., Hulsbeck, M., 1994. Effects of reef size on colonization and assemblage structure of fishes at artificial reefs off Southeastern Florida, U.S.A. *Bull. Mar. Sci.* 55, 796–823.

- Behnack, J.A., Sutherland, D.L., 1985. Artificial reef research: a review with recommendations for future priorities. *Bull. Mar. Sci.* 37, 11–39.
- Bombace, G., Fabi, G., Fiorentini, L., Speranza, S., 1994. Analysis of the efficacy of artificial reefs located in five different areas of the Adriatic sea. *Bull. Mar. Sci.* 55, 559–580.
- Borges, T.C., Olm, S., Erzini, K., 2003. Weight–length relationships for fish species discarded in commercial fisheries of the Algarve (southern Portugal). *J. Appl. Ichthyol.* 19, 394–396.
- Bortone, S.A., 2006. A perspective of artificial reef research: the past, present and future. *Bull. Mar. Sci.* 78, 1–8.
- Bortone, S.A., Kimmel, J.J., Bundrick, C.M., 1989. A comparison of three methods for visually assessing reef fish communities: time and area compensated. *Northeast Gulf Sci.* 10, 85–96.
- Caill-Milly, N., Prouzet, P., 2013. Ressources exploitées par la pêche et l'aquaculture. *coords. In: Le Treut, H. (Ed.), Impacts du changement climatique en Aquitaine. Presses Universitaires de Bordeaux, France*, pp. 189–209.
- Campbell, M.D., Rose, K., Boswell, K., Cowan, J., 2011. Individual-based modeling of an artificial reef fish community: effects of habitat quantity and degree of refuge. *Ecol. Model.* 222, 3895–3909.
- Chandler, C.R., Sanders Jr., R.M., Landry Jr., A.M., 1985. Effects of three substrate variables on two artificial reef fish communities. *Bull. Mar. Sci.* 37, 129–142.
- Charbonnel, E., 2005. Les récifs artificiels comme outils de gestion des ressources littorales. Éléments de synthèse et de réflexion. In: Compte-rendu du séminaire international d'échanges d'expériences, pp. 1–10, 15–16 juin 2004, Nantes, AGLIA/SMIDAF/Région Pays de Loire, France.
- Charbonnel, E., Serre, C., Ruitton, S., Harmelin, J.-G., Jensen, A., 2002. Effects of increased habitat complexity on fish assemblages associated with large artificial reef units (Trench Mediterranean coast). *ICES J. Mar. Sci.* 59, S208–S213.
- Claisse, J.T., Pondella II, D.J., Love, M., Zahn, L.A., Williams, C.M., Williams, J.P., Bull, A.S., 2014. Oil platforms off California are among the most productive marine fish habitats globally. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 111 (43), 15462–15467.
- Claudet, D., Pellerin, D., 2004. Marine protected areas and artificial reefs: a review of the interactions between management and scientific studies. *Aquat. Living Resour.* 17, 129–138.
- Colvocoresses, J., Acosta, A., 2007. A large-scale field comparison of strip transect and stationary point count methods for conducting length-based underwater visual surveys of reef fish populations. *Fish. Res.* 85, 130–141.
- Coull, K.A., Jerny, A.S., Newton, A.W., Henderson, G.I., Hall, W.B., 1989. Length/weight relationships for 88 species of fish encountered in the north east Atlantic. *Scott. Fish. Res. Rep.* 43, 1–81.
- Cresson, P., Ruitton, S., Ourgaud, M., Harmelin-Vivien, M., 2014a. Contrasting perception of fish trophic level from stomach content and stable isotope analyses: a mediterranean artificial reef experience. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 452, 54–62.
- Cresson, P., Ruitton, S., Harmelin-Vivien, M., 2014b. Artificial reefs do increase secondary biomass production: mechanisms evidenced by stable isotopes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 509, 15–26.
- Danovaro, R., Gambi, C., Mazzola, A., Mirto, S., 2002. Influence of artificial reefs on the surrounding infauna: analysis of meiofauna. *ICES J. Mar. Sci.* 59, S356–S362.
- Davis, N., VanBlaricom, G.R., Dayton, P.K., 1982. Man-made structures on marine sediments: effects on adjacent benthic communities. *Mar. Biol.* 70, 295–303.
- Dorel, D., 1986. Poissons de l'Atlantique nord-est, relations taille-poids. Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer, Nantes, France, 165pp.
- Fabi, G., Grai, F., Puletti, M., Scarcella, G., 2004. Effects on fish community induced by installation of two gas platforms in the Adriatic Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 273, 187–197.
- Fabi, G., Luccarini, F., Panfili, M., Solustri, C., Spagnolo, A., 2002. Effects of an artificial reef on the surrounding soft-bottom community (central Adriatic Sea). *ICES J. Mar. Sci.* 59, S343–S349.
- Fabi, G., Manoukian, S., Spagnolo, A., 2006. Feeding behavior of three common fishes at an artificial reef in the northern Adriatic Sea. *Bull. Mar. Sci.* 78 (1), 39–56.
- Hunter, W.R., Sayer, M.D.J., 2009. The comparative effects of habitat complexity on faunal assemblages of northern temperate artificial and natural reefs. *ICES J. Mar. Sci.* 66, 691–698.
- Jensen, A., 2002. Artificial reefs of Europe: perspective and future. *ICES J. Mar. Sci.* 59, S3–S13.
- Jatrouite, D., Légrise, M., Raguénès, G., 1981. Données sur la reproduction et la taille de première maturité du homard *Homarus gammarus* d'Iroise et du Golfe de Gascogne. Conseil international pour l'Exploitation de la Mer, Comité des Mollusques et Crustacés. C.M. 1981/K:28.
- Le Diréach, L., Astruch, P., Bonhomme, D., Bonhomme, P., Fourt, M., Rouanet, E., Goujard, A., Ruitton, S., 2015. Comparative assessment of the deployment of 6 artificial reef types in Marseille Prado Bay (France) from a five-year seasonal survey of the fish fauna. In: Boutoul, M., Le Boulanger, S. (Eds.), *Proceedings of the RECIES Conference on Artificial Reefs: from Materials to Ecosystems*, pp. 27–29, Caen, France.
- Leitão, F., 2013. Artificial reefs: from ecological processes to fishing enhancement tools. *Braz. J. Oceanogr.* 61 (1), 77–81.
- Leitão, F., Santos, M.N., Erzini, K., Monteiro, C.C., 2008. Fish assemblages and rapid colonization after enlargement of an artificial reef off the Algarve coast (Southern Portugal). *Mar. Ecol.* 29, 435–448.
- Leitão, F., Santos, M.N., Erzini, K., Monteiro, C.C., 2009. *Diplodus* spp. assemblages on artificial reefs: importance for near shore fisheries. *Fish. Manag. Ecol.* 16, 88–99.
- Leitão, F., Santos, M.N., Monteiro, C.C., 2007. Contribution of artificial reefs to the diet of the white sea bream (*Diplodus sargus*). *ICES J. Mar. Sci.* 64, 473–478.
- Mahé, K., Delpech, J.-P., Carpentier, A., 2006. Synthèse bibliographique des principales espèces de Manche orientale et du golfe de Gascogne. *Conv. Ifremer-Ministère Industrie* 1–111.
- Morato, T., Afonso, P., Lourinho, P., Barreiros, J.P., Santos, R.S., Nash, R.D.M., 2001. Length–weight relationships for 21 coastal fish species of the Azores, north-eastern Atlantic. *Fish. Res.* 50, 297–302.
- Moreno, I., 2002. Effects of substrate on the artificial reef fish assemblage in Santa Eulalia bay (Ibiza, western Mediterranean). *ICES J. Mar. Sci.* 59, S144–S149.
- Ody, D., Harmelin, J.-G., 1994. Influence de l'architecture et de la localisation de récifs artificiels sur leurs peuplements de poissons en Méditerranée. *Cybium* 18, 57–70.
- OSPAR Commission, 2000. Quality Status Report 2000: Region IV Bay of Biscay and Iberian. OSPAR commission, London, p. 134.
- Relini, M., Torchia, G., Relini, G., 1994. Seasonal variation of fish assemblages in the Loano artificial reef (Ligurian sea Northwestern-Mediterranean). *Bull. Mar. Sci.* 55, 401–417.
- Relini, G., Relini, M., Torchia, G., De Angelis, G., 2002. Trophic relationships between fishes and an artificial reef. *ICES J. Mar. Sci.* 59, S36–S42.
- Reubens, J.T., Braeckman, U., Vanaverbeke, J., Van Colen, C., Degraer, S., Vinck, M., 2013a. Aggregation at windmill artificial reefs: CPUE of Atlantic cod (*Gadus morhua*) and pouting (*Trisopterus luscus*) at different habitats in the Belgian part of the North Sea. *Fish. Res.* 139, 28–34.
- Reubens, J.T., Degraer, S., Vinck, M., 2011. Aggregation and feeding behaviour of pouting (*Trisopterus luscus*) at wind turbines in the Belgian part of the North Sea. *Fish. Res.* 108, 223–227.
- Reubens, J.T., Vandendriessche, S., Zenner, A.N., Degraer, S., Vinck, M., 2013b. Offshore wind farms as productive sites or ecological traps for gadoid fishes? Impact on growth, condition index and diet composition. *Mar. Environ. Res.* 90, 66–74.
- Rilov, G., Benayahu, Y., 2000. Fish assemblage on natural versus vertical artificial reefs: the rehabilitation perspective. *Mar. Biol.* 136, 931–942.
- Robinson, L.A., Greenstreet, S.P.R., Reiss, H., Callaway, R., Graeymeersch, J., de Boois, L., Degraer, S., Ehrlich, S., Fraser, H.M., Goffin, A., Kröncke, I., Lodal Jorgenson, L., Robertson, M.R., Lancaster, J., 2010. Length–weight relationships of 216 North Sea benthic invertebrates and fish. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 90 (1), 95–104.
- Santos, M.N., Gaspar, M.B., Vasconcelos, P., Monteiro, C.C., 2002. Weight–length relationships for 50 selected fish species of the Algarve coast (southern Portugal). *Fish. Res.* 59, 289–295.
- Santos, M.N., Monteiro, C.C., Lasserre, G., 2005. Observations and trends on the intra-annual variation of the fish assemblages on two artificial reefs in Algarve coastal waters (southern Portugal). *Sci. Mar.* 69, 415–426.
- Strelcheck, A.J., Cowan, J.H., Shah, A., 2005. Influence of reef location on artificial-reef fish assemblages in the northcentral Gulf of Mexico. *Bull. Mar. Sci.* 77, 425–440.
- Tessier, A., Francour, P., Charbonnel, E., Dahas, N., Roditis, P., Seaman, W., Lenfant, P., 2015. Assessment of French artificial reefs: due to limitations of research, trends may be misleading. *Hydrobiologia* 753, 1–29.
- Torres, M.A., Ramos, F., Sobrino, I., 2012. Length–weight relationships of 76 fish species from the Gulf of Cadiz (SW Spain). *Fish. Res.* 127–128, 171–175.
- Walker, B.K., Henderson, B., Spieler, R.E., 2002. Fish assemblages associated with artificial reefs of concrete aggregates or quarry stone offshore Miami Beach, Florida, USA. *Aquat. Living Resour.* 15, 95–105.
- Walsh, W.J., 1985. Reef fish community dynamics on small artificial reefs: the influence of isolation, habitat structure, and biogeography. *Bull. Mar. Sci.* 36, 357–376.

ANNEXE IV c :

Article intitulé « Biological characterization of aggregates clogging fishing nets on the Basque coastal waters of France » publié en 2016 dans la **revue internationale ESTUARINE, COASTAL AND SHELF SCIENCE**.

Cet article traite des premiers résultats liés à l'étude du Liga, cette substance collante et irritante retrouvée depuis des années dans les filets des pêcheurs basques.

Estuarine, Coastal and Shelf Science 179 (2016) 215–225



Contents lists available at ScienceDirect

Estuarine, Coastal and Shelf Science

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecss



Biological characterization of aggregates clogging fishing nets on the Basque coastal waters of France



J. d'Elbée^{a,*}, Y. Lalanne^b, N. Susperregui^c, L. Soulier^c, I. Castège^d, F. D'Amico^e

^a Laboratoire d'Analyses de Prélèvements Hydrobiologiques LAPHY, 1341 chemin d'Agerrea, 64210 Ahetze, France

^b Université de Pau et des Pays de l'Adour, UFR Sciences & Techniques Côte Basque, Département d'Ecologie, Parc Montmarry, 64600 Anglet, France

^c Institut des milieux aquatiques, 1 Rue Donzac, 64100 Bayonne, France

^d Centre de la Mer de Biarritz, Plateau de l'Atalaye, 64200 Biarritz, France

^e Laboratoire de Mathématiques et de leurs Applications, UMR CNRS 5142, Université de Pau et des Pays de l'Adour, 64000 Pau, France

ARTICLE INFO

Article history:

Received 5 December 2014

Received in revised form

8 January 2016

Accepted 15 January 2016

Available online 19 January 2016

Key words:

Pelagic mucilages

Coastal fisheries

Plankton

Basque coastal waters

ABSTRACT

Over the past fifteen years, gillnets used by fishermen of the Basque coast of France have been seasonally covered with aggregates. By making the nets more visible, this disrupts the coastal fishing activity and sometimes causes skin allergies. In 2010, we deployed for the first time a fine mesh device which was immersed permanently and attached to the bottom off the Bay of Saint-Jean-de-Luz in order to collect samples of these aggregates throughout the summer period.

The first results reported in this work deal with the origin and biology of organisms forming these aggregates, excluding biochemical and bacteriological aspects. A remarkable feature is the wide variety of both planktonic and benthic components in the collected matter. More than 111 taxonomic units have been so far identified. In addition to these elements of marine origin, these aggregates deposited on fishing nets also contain exogenous matter of continental origin, mainly Grey Willow *Salix atrocinerea* silk's seeds, mammals' hairs and pollen. In this work, particular attention is also given to the potentially irritating and stinging organisms present in the aggregates. Finally, hypotheses are developed about the aggregation process of these living organisms and their pelagic sedimentation induced by the presence of fishnets in the water column.

© 2016 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

The marine pelagic environment, particularly in coastal areas, includes a wide variety of particles of any size and composition forming the sestonic compartment. Planktonic organisms live surrounded by a large number of mineral and organic abiotic particles they produce or consume. Complex interactions between living and inert fractions sometimes produce aggregation phenomena forming mucilaginous clouds or ribbons in the water.

Many species of phytoplankton and bacterioplankton and even benthic organisms exude colloidal substances that contribute to the development of these aggregates. They exude dissolved polysaccharide molecules, precursors to the formation of transparent exopolymer particles (TEP) or directly produce TEP into the water (Malpezzì, 2010). These sticky and biogenic TEP make up mainly

microaggregates that sometimes further develop to form much larger macroaggregates (Giani et al., 2005a, b, c).

These aggregates can remain dispersed and settle slowly in the water column as "marine snow" (Kiørboe, 2001) or form much larger clouds: in the Adriatic Sea, they can reach several kilometres long (Precali et al., 2005). Most of them grow and persist in the water column above the pycnocline or thermocline which prevents their sedimentation (Malpezzì, 2010), but some are located more deeply and cover sediments or benthic fauna (Giuliani et al., 2005; Lorenti et al., 2005; Aktan and Topaloglu, 2011). Regardless of their location in the oceanic environment, these aggregates have a fundamental and often overlooked role in determining the biogeochemical pathways of food and energy necessary for the functioning of the ecosystem.

For thirty years many studies have investigated the determinism, composition and frequency of these pelagic mucilaginous aggregates. In Europe, the Mediterranean seems to be particularly affected by these phenomena especially in the Adriatic and Tyrrhenian seas (Giani et al., 2005a, b; 2012). Most of these studies

* Corresponding author.

E-mail address: laphy@wanadoo.fr (J. d'Elbée).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2016.01.023>

0272-7714/© 2016 Elsevier Ltd. All rights reserved.

concern the non-living fraction and there is little data concerning the French Atlantic coast. Off the Seine estuary (English Channel), Dupont and Lafite (1986) have shown the importance and the contribution of autotrophic and heterotrophic micro- and mesozooplankton populations in the formation of aggregates from inert particulate fraction.

The rapid development of these aggregates in coastal areas induces serious disturbances affecting human activities such as the quality of bathing water, the development of aquaculture or local fisheries (Giani et al., 2005; Aktan and Topaloglu, 2011).

Over the past fifteen years, gillnets used by fishermen on the French Basque coast have been regularly covered with a sticky and irritant aggregate locally called « liga ». The occurrence of this phenomenon has not been studied so far, and is based on the increasingly numerous testimonies and complaints from coastal fishermen collected by the local fisheries committee in Saint-Jean-de-Luz. At present, these complaints are almost yearly. By making the nets more visible, these aggregates disrupt the coastal fishing activity and sometimes cause skin allergies. At the request of the local committee of marine fisheries and considering the limited number of studies on these aggregation phenomena on the French Atlantic coast, a first research program was set up in 2010 in order to establish the origin and composition of these aggregates. The latter's collection has required the design and realization of a specific sampler similar to that used by fishermen to catch fish.

The results presented here concern the species composition, abundance and diversity of microplankton (20–200 µm) and mesoplankton (0.2–20 mm) and those of benthic organisms within the same size range. Other inert and exogenous elements of continental origin are added to this endogenous fraction and also participate in the aggregation of particulate organic matter constituting these sticky aggregates clogging fishing nets on the Basque coast.

2. Material & methods

2.1. Study area and aggregate matter sampling

The single station (43°37'N; 1°43'W; depth ≈ 30 m) for

aggregate sampling was located off the Bay of Saint-Jean-de-Luz in the southern French Atlantic (Fig. 1). A special fine mesh device similar to the nets used by the fishermen was built to sample the aggregated matter (Fig. 2). Two floats and two anchors attached to the frame of the device maintained the three nets vertically at various depths in the water column. In order to capture a maximum amount of aggregates, a mesh size of 750 µm similar to those used for fishing *leptocephalus* eel larvae was selected. For taxonomic, biodiversity and abundance purposes, aggregate sampling was

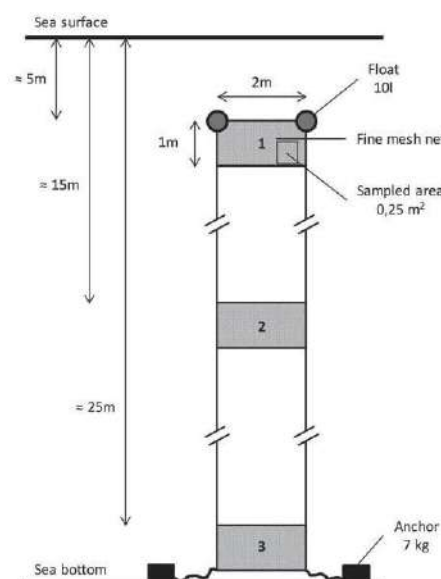


Fig. 2. Diagram of the device to collect the pelagic aggregates.

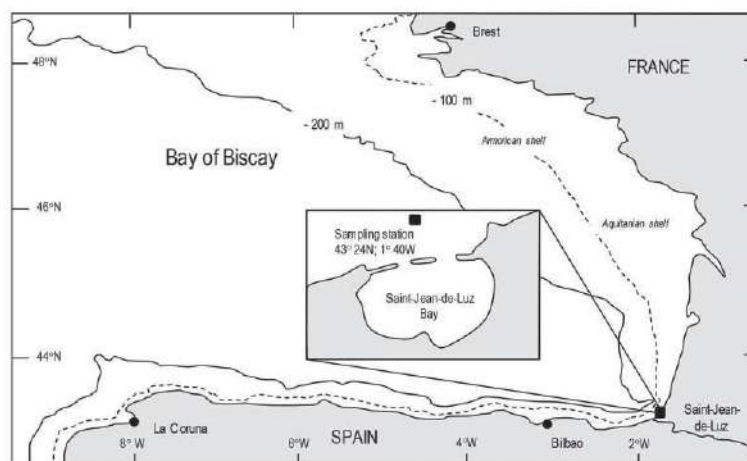


Fig. 1. Location of the sampling station near the Bay of Saint-Jean-de-Luz (France).

performed on an area of 0.25 m², i.e. 1/8 of the total surface of each net. The amount of aggregates collected was more than sufficient for the analyses of the present study. The remaining collected matter will serve in the future for further biochemical and bacteriological analysis. This preliminary phase of our research program

focused only on samples from the upper net (Fig. 2, net n° 1) whose depth of immersion was identical to gillnets and driftnets. A total of 24 samples were collected on a weekly basis from the upper net with this device immersed permanently throughout the summer season during a 6 month period running from April to September

Table 1

List of 111 taxonomic units identified on 24 aggregate samples. (B: benthic components; C: continental components; Blanks: planktonic components).

Macrotaxa (52)			Microtaxa (59)		
Onidaria (3)	Hydrozoa medusae	B	<i>Amphora laevis</i>	B	
	Hydrozoa polyps		<i>Amphora ostrearia</i>		
	Siphonophorae Ephyrae		<i>Asterionella glacialis</i>		
Copepoda (13)	<i>Acartia clausi</i>	B	<i>Chaetoceros</i> sp.	B	
	Benthic Harpacticoida		<i>Cocconeis</i> sp.		
	<i>Calanus helgolandicus</i>		<i>Cylindrotheca closterium</i>		
	<i>Callinus</i> sp.	B	<i>Guanardia floccida</i>	B	
	<i>Candacia armata</i>		<i>Gyrodinium</i> sp.		
	<i>Centropages chierchiae</i>		<i>Hantzschia</i> sp.		
	<i>Centropages hamatus</i>	B	<i>Hastea ostrearia</i>	B	
	<i>Centropages typicus</i>		<i>Leptocylindrus danicus</i>		
	<i>Euterpina acutifrons</i>		<i>Licmophora abbreviata</i>		
	<i>Oithona</i> sp.	B	<i>Licmophora flabellata</i>		B
	<i>Oncaea</i> sp.		<i>Maestoglossa</i> sp.		
	<i>Paracalanus parvus</i>		<i>Nitzschia longissima</i>	B	
	<i>Temora stylifera</i>		<i>Nitzschia punctata</i>		
Other Macrotaxa (18)	Amphipoda	B	<i>Nitzschia seriata</i>	B	
	<i>Amphipoda Caprella</i> sp.		Other diatoms		
	Appendicularia		<i>Pleurosigma</i> sp.	B	
	Black filaments	B	<i>Podocystis adriatica</i>		
	<i>Chaetognatha</i>		<i>Proboscis alata</i>		
	Dololida	B	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>	B	
	<i>Evadne nordmanni</i>		<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>		
	Fish scales		<i>Pyrocystis</i> sp.		
	<i>Globigerina</i> sp.	B	<i>Rhizosolenia delicatula</i>	B	
	Isopoda Cirrhitidae		<i>Rhizosolenia imbricata</i>		
	Isopoda Gnathiidae		<i>Rhizosolenia styliformis</i>	B	
	Mammals hairs	C	<i>Skeletonema costatum</i>		
	Nematoda		<i>Striatella unipunctata</i>		
	Oligochaeta		<i>Thalassionema nitzschioides</i>	B	
	Ostracoda	C	<i>Thalassiosira hyalina</i>		
	<i>Penilia avirostris</i>		<i>Acantharia</i>	C	
	<i>Podon intermedius</i>		<i>Oliata</i>		
	<i>Salix atrocinerea</i> seed's silks		<i>Cyanophyta</i>		
Eggs & Larvae (18)	Annellida larvae	B	<i>Falken Finus</i> sp.	C	
	<i>Belone belone</i> eggs		Fecal pellets		
	<i>Bivalvia veligers</i>		<i>Phaeocystis</i> sp.	B	
	<i>Brachyura megalopa</i>	B	<i>Silicoflagellata Dityochia</i> sp.		
	<i>Brachyura zoeae</i>		<i>Sponge spicula</i>		
	Cirripedia cypris stages		<i>Tintinnida Acanthostomella</i> sp.	B	
	Cirripedia nauplii stages	B	<i>Tintinnida Favella</i> sp.		
	Copepoda nauplii		<i>Tintinnida Parundella</i> sp.		
	Copepodite stages	B	<i>Tintinnida Salpingocantha</i> sp.	B	
	Cyphonotus larvae		<i>Ceratium furca</i>		
	Echinodermata larvae		<i>Ceratium fusus</i>	B	
	Fish eggs	B	<i>Ceratium tripos</i>		
	Fish larvae		<i>Dinophysis acuminata</i>		
	Gastropoda veligers		<i>Dinophysis rotundata</i>	B	
	Natantia larvae	B	<i>Dinophysis tripos</i>		
	Other larvae		<i>Diplopsalis</i> sp.		
	Phyllosoma larvae	B	<i>Gymnodinium</i> sp.	B	
	Porcellanidae larvae		<i>Gyrodinium</i> sp.		
			<i>Heterocapsa triquetra</i>		

2010. The aggregate matter deposited between each sampling period was collected using a fine brush across the surface of the net, and preserved in 4% sea water formalin. In addition, we used a YSI 556 MPS multiparametric probe to measure hydrological variables: temperature, salinity, dissolved oxygen and turbidity at the immersion level of net n°1 (–5 m depth).

2.2. Laboratory work

In the laboratory, because the size range of organisms collected was very wide, two methods of identification and counting were taken. All organisms larger than 200 µm size (hereafter referred to as "Macrotaxa") were identified and counted under a Nikon SMZ 18 stereo microscope on the entire sample. When concentrations were high, subsamples of 5 ml were taken with a 1–10 ml Eppendorf Research pipette after sample homogenization. The taxa less than 200 µm size (hereafter referred to as "Microtaxa") were analysed under an inverted Leitz microscope. A subsample of 40 µl was taken with a 10–100 µl Eppendorf Research pipette after sample homogenization. This subsample was deposited between slide and cover slip for identification and counting. In all cases, the ratio between the volume of the analysed sub-sample and the total volume of sample was known, and the abundance values referred to the whole aggregate matter collected on the sampled area of 0.25 m². The aggregate matter biovolume was measured after 48 h of sedimentation.

3. Results

3.1. The hydrological situation during the aggregate sampling period

Throughout the sampling period, minimal temperatures, in April (12.7 °C) gradually increased to a peak in August (22.6 °C) (Cf. Supplementary material). Conversely, the dissolved oxygen concentrations after reaching their maximum value in April (8.6 mg l⁻¹), were reduced to reach minimal values in July (6.6 mg l⁻¹) and then remained stable at about 7 mg l⁻¹. Water salinity was highly variable and ranged from 33.2 to 36.2. Finally, water turbidity values remained stable (0.5 mg l⁻¹) throughout the sampling period except a peak in May (1.6 mg l⁻¹).

3.2. Taxonomic composition of the aggregate matter

One hundred and eleven taxonomic units were identified in this study (Table 1). Among them, some have a planktonic origin (38 macrotaxa + 51 microtaxa), and were respectively the mesoplanktonic (size range: 200 µm – 20 mm) and microplanktonic (size range: 20–200 µm) components of the aggregates. Pelagic copepods and a number of benthic organisms larvae were highly diversified. Other organisms which are benthic and therefore normally missing from the water column, such as Harpacticoid crustaceans, isopods and amphipods, nematoda or oligochaetes make up the aggregates. The number of these benthic elements represents approximately 20% of all taxonomic units (12 macrotaxa + 7 microtaxa). Finally organic particles of continental origin were found to include very large amounts of Goat Willow *Salix atrocinerea* seed's silks, *Pinus* sp. pollen and mammal hairs. To facilitate graphical analysis, all these taxa were grouped into four macrotaxa (Cnidaria, Copepoda, Eggs & larvae and Others), and three microtaxa categories (Diatoms, Dinoflagellates and Others). Cnidarians represented 69% of the macrotaxa abundance and diatoms make up 97% of microtaxa abundance, so they were both highly dominant organisms (Fig. 3).

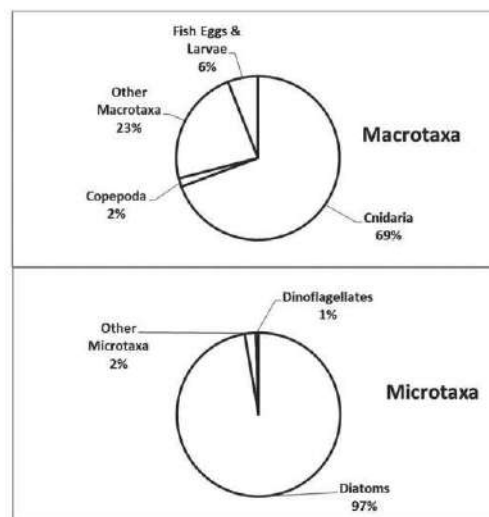


Fig. 3. Composition of the aggregates, breakdown by percentage of total abundances.

3.3. Comparative analysis of the abundances

Comparing the abundances of the various components of aggregates revealed significant quantitative differences: they were several orders of magnitude in the four categories of benthic and planktonic microtaxa and macrotaxa (Fig. 4). The smaller components were much more abundant than the larger components.

Microplanktonic components of the aggregates were dominated by diatoms, particularly *Cylindrotheca closterium* as well as a number of heterotrophic protozoa (*Acantharia*, *Tintinnida*) and dinoflagellates. Among them were some toxin producers (*Pseudo-nitzschia delicatissima*, *Dinophysis acuminata*, *D. rotundata*, *D. tripos*) typical of French coastal waters (Trainer et al., 2012; Suresh et al., 2014). Fecal pellets, an abiotic component, were also common and abundant in the samples.

Benthic microtaxa were mainly diatoms and sponge spicules. Pelagic copepods, eggs and fish larvae (ichthyoplankton), cladocera (*Evdane* sp., *Penilia* sp., *Podon* sp.) and a wide variety of invertebrate larvae, particularly of crustaceans, annelids and molluscs make up the mesoplanktonic fraction of the aggregates. Benthic macrotaxa consisted mainly of hydrozoan polyps together with other organisms including crustaceans (harpacticoid copepods, isopods and amphipods) and worms (nematoda, oligochaeta). Fish scales were also found in some samples. Finally, some particles of continental origin carried by wind or rivers into the sea were also included in the aggregates. This is basically pollen of *Pinus* sp., *Salix atrocinerea*'s seeds silks and mammalian hairs.

3.4. Temporal variability of taxonomic richness and abundances

Total taxonomic richness of the samples, i.e. the number of taxonomic units of all benthic and planktonic micro- and macrotaxa, varied between 15 and 40 per sample (Fig. 5). It was always higher for the planktonic fraction, especially for the smallest particles ("Planktonic microtaxa"). Taxonomic richness of benthic living organisms did not exceed 10 taxa per sample. The highest abundances were found amongst the smallest living organisms that

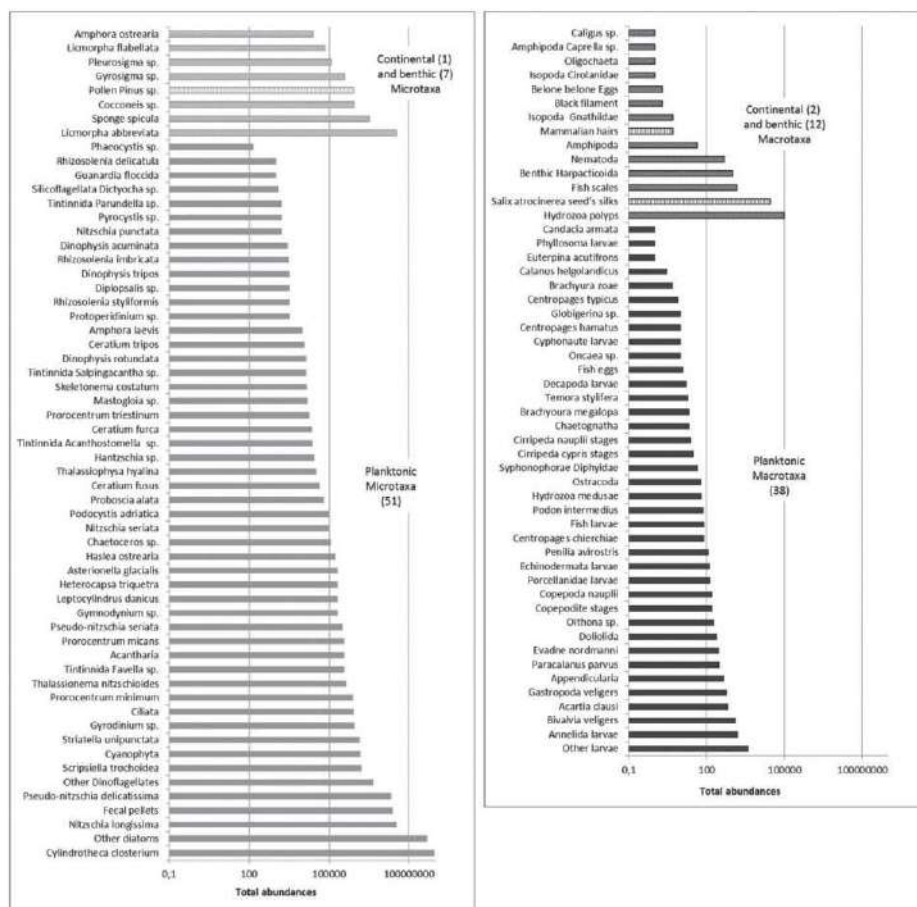


Fig. 4. Total abundances cumulated over the 24 samples of the various components of aggregate collected in 0.25 m² net sampled area and sorted in ascending order.

make up the aggregate, i.e. benthic microtaxa and especially planktonic microtaxa. Throughout the study period they varied between 10^5 and 10^9 individuals/0.25 m². They exceeded four to five orders of magnitude those of macrotaxa whose values were between 10^2 and 10^4 individuals. Finally, there was no correspondence between the volume of collected aggregate and abundance of living organisms therein (Fig. 5).

3.5. Potentially stinging and irritating organisms entrapped in the aggregates

Potentially stinging and irritating taxa were found in the aggregate samples (Fig. 6). Among them, sponge spicula were siliceous or calcareous particles often fitted with sharp spikes which gives them potentially irritating character despite their small size. Their high levels of abundances (10^3 – 10^6 individuals) observed throughout the study period might favour this character when handling fishing nets.

Stinging living organisms were represented mainly by the cnidarians, which all have stinging cells, the cnidoblasts, particularly abundant on their tentacles. The fixed forms (polyp forms) of the hydrozoa, present from April to August, were replaced at the end of summer by free hydrozoa forms (medusae forms) and siphonophorae Diphyidae.

Other organisms such as annelid larvae provided with abundant setae on their parapodia, or juvenile sea urchin larvae fitted with sharp arms were also potentially stinging and irritating, but their levels of abundances remained low.

3.6. Presence of organisms which could enhance the aggregation processes

Some other abiotic particles or living organisms can facilitate the aggregation process of particulate organic matter (POM), phytoplankton and even small zooplankton (Fig. 7). The Grey Willow *Salix atrocinerea* seeds with a length of about 1 mm were

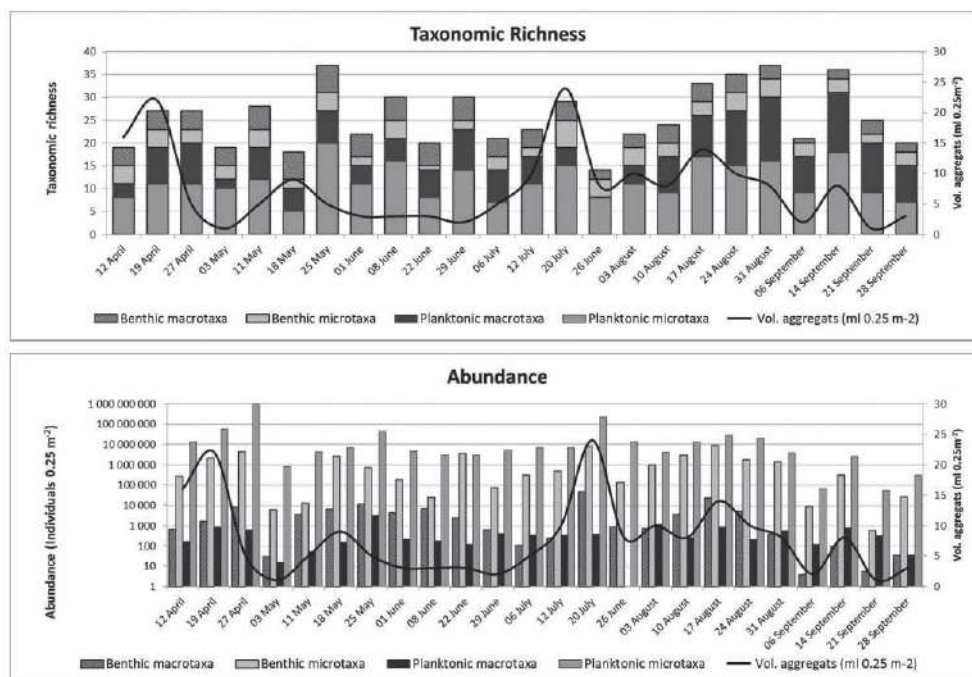


Fig. 5. Temporal variation of species richness (above) and abundance (below) of the four major components of aggregates throughout the study period (April–September 2010).

surrounded by a ring of ~50–100 trid bristles angled on their base, which remain together despite their removal by the air or by the flow of inland waters to the sea through estuaries. They were particularly abundant in spring between April and July, and formed a trap by retaining and aggregating particulate organic matter between their bristles. Some big eggs (diameter: 3 mm) of Garfish *Belone belone* carrying at their surface many long filaments were also occasionally identified and have the same agglomerative properties of particulate organic matter (Aizpuru et al., 2007). The retention of POM was also provided by the fine network of hydrozoan polyps unfolding throughout the summer period or by mucous colonies of the Primmiesophyta *Phaeocystis* sp. in autumn (Fig. 7). In some samples, retention of organic matter was also provided by a tight network of benthic filamentous algae that have not been identified and accounted for, due to their low abundance.

4. Discussion

4.1. The planktonic components of the aggregates

The results of our study show that the aggregates formed on the Basque coast are mainly composed of planktonic organisms whose size range is particularly wide.

The smallest phytoplanktonic organisms, especially diatoms and dinoflagellates are the most abundant. The lack of relationship between the volume of aggregates collected on the sampler and the abundances of taxa can be explained firstly by the wide size range of organisms identified, and secondly by the preponderance of the small taxa forming these aggregates. All other larger planktonic

organisms (mesoplankton); whether holoplanktonic organisms living throughout their life cycle in the water column or meroplankton are also incorporated in the aggregates. Despite significant swimming abilities, these organisms remain near the mucilaginous deposits which gradually accumulate on the sample set in the water column.

Mesozooplankton is involved in different ways in the use or formation of mucilaginous aggregates. Some copepods (*Candacia* sp., *Oncaea* sp., *Oithona* sp.) found in our samples prefer to colonize the pelagic aggregates which they feed on (Green and Dagg, 1997). In the northern Adriatic, polychaete annelid larvae can be dominant in marine snow they use as a food source (Bochdansky and Herndl, 1992) and we also denote widely this dominance in our samples.

4.2. The benthic components of the aggregates

Although their diversity and abundances are low, the presence of benthic elements in the aggregates may seem surprising, but two considerations need to be taken into account here.

Firstly, the withholding sampling stations are located near the coast, in shallow waters, where long shore currents generated by waves are large and permanent. They induce resuspension of a part of the benthic biological matter which ends up temporarily in the pelagic compartment (D'Elbée and Castel, 1982; Dupont and Lafite, 1986; D'Elbée and Castel, 1991; Giani et al., 2005c). Taxa affected by this resuspension in the water column are living organisms (some benthic harpacticoids or diatoms, nematodes, oligochaetes, *Belone belone* eggs) or abiotic components such as sponge spicula and fish scales. All these particles are gradually deposited on the sampler.

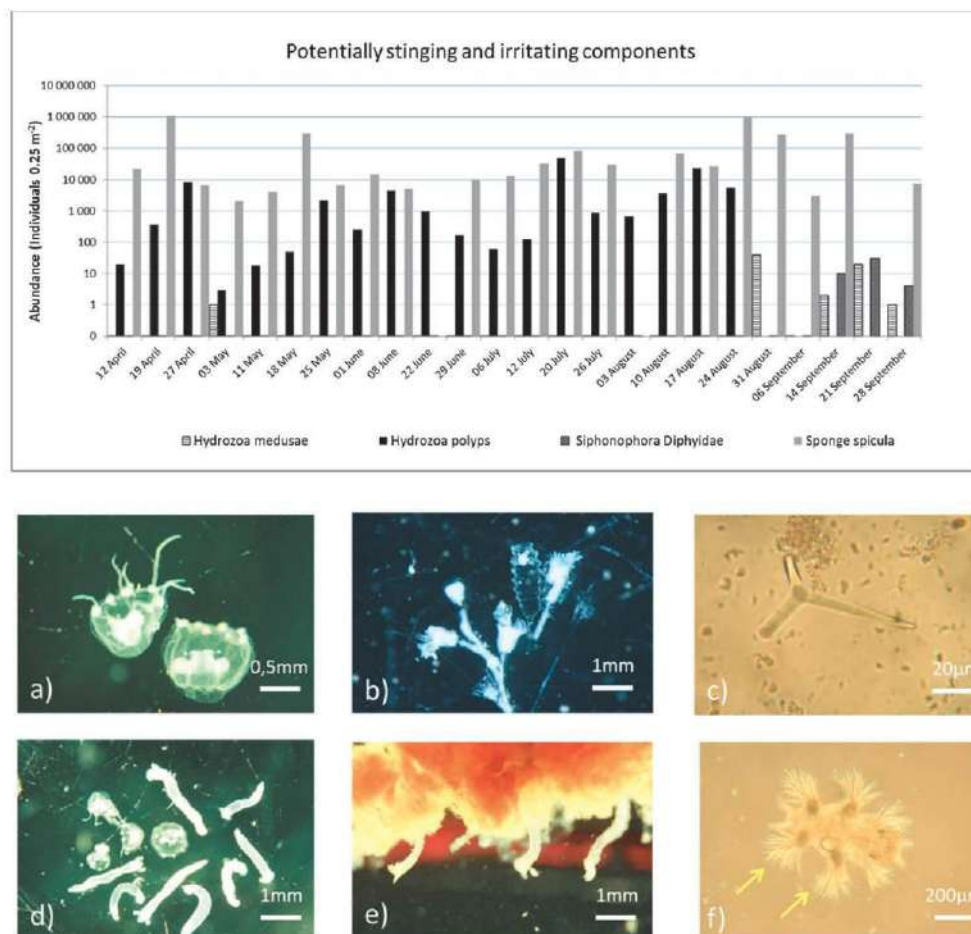


Fig. 6. Above: Temporal variation of potentially stinging and irritating components of the aggregates throughout the study period (April–September 2010); Below: Photographs of potentially stinging and irritating components of the aggregates: a) Anthothecate hydromedusae; b) Thecate Hydroid polyps and gonotheca; c) Sponge spicula; d) Magelonidae polychaete larvae with hydromedusae isolated from the aggregates; e) Magelonidae polychaete larva included in the matrix of the aggregates; f) Nereidae polychaete larvae with numerous parapodial setae (arrows).

Secondly, some elements such as polyps of hydrozoans usually fixed on the benthic substratum were also found in abundance in the gelatinous matrix covering our sampler. Their constant presence may result from a progressive colonization by planula larval settlement dropped by planktonic medusae. The significant levels of abundance of this last stage found in our samples could support this hypothesis.

4.3. The continental components of the aggregates

Mammal's hairs, Grey Willow *Salix atrocinerea* seeds or pollen of *Pinus* sp. have a continental origin. They are carried by wind (anemophilous) or by water runoff coming from the continent. *Salix atrocinerea* is widely distributed in Europe down to North Africa

(Saule, 2002). This pioneer species colonizing widely all wetlands and marshy environments is abundant throughout the south-west of France, and particularly in the Basque Country (Aizpuru et al., 2007). The high levels of abundances of Grey Willow *Salix atrocinerea* silk's seeds in the aggregates correspond to the period of seed dispersal initiated by the first warm weather of spring. Thus, the abundance of these seeds in water and consequently in aggregates depends on both the state of the local hydrographic network (floods, low water) and weather conditions (heat, wind) for seed dispersal.

4.4. Potentially stinging and irritating properties of the aggregates

Few observations were made on the stinging and irritating

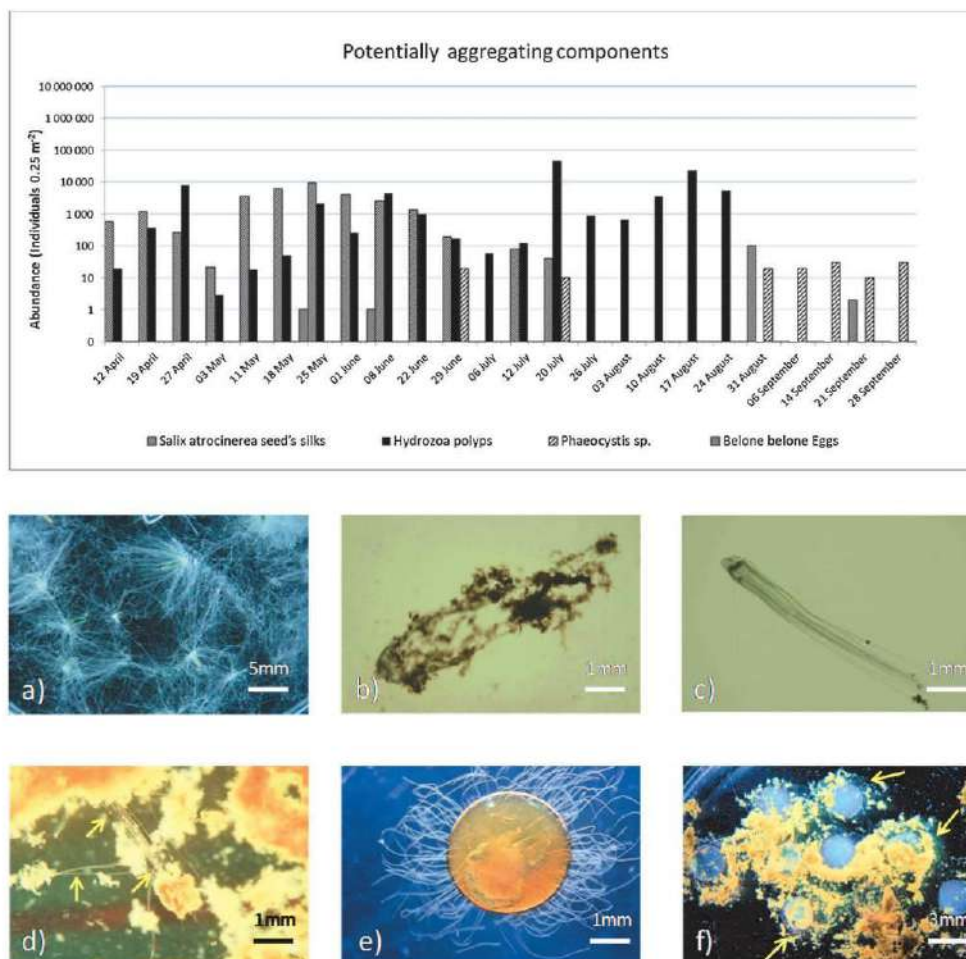


Fig. 7. Above: Temporal variation of potentially aggregating components throughout the study period (April–September 2010). Below: Photographs of potentially aggregating components: a) Goat Willow *Salix atrocinerea* seeds taken from the plant; b) Seed's silks crown scavenging particulate organic matter; c) Seed's silks crown clean specimen; d) Network of filaments (arrows) scattered in the aggregating particulate organic matter; e) Garfish *Belone belone* egg with many long filaments; f) Other eggs of garfish *Belone belone* which agglomerate particulate organic matter and phytoplankton with their filaments (arrows).

properties of mucilaginous aggregates in the marine environment. In the Mediterranean, where these aggregates are the most common and best-studied, dermatological inflammations and irritations are rare (Giani et al., 2005c). During our study, testimonies of fishermen revealed some cases of irritation due to prolonged contact of unprotected hands with nets covered with aggregates and seawater. The potentially stinging elements identified in our study partially explain some of the dermatological reactions observed among fishermen in the Basque coast.

4.5. Some hypotheses on pelagic aggregation process

In the light of the wide variety of elements constituting the

aggregates on the Basque coast and their significant size range, we can consider that this substance results from two processes of aggregation of living and inert particulate matter that develop at different scales (Fig. 8).

The aggregation of the organic matter can be a process involving physiological and biochemical mechanisms such as exudation of sticky and biogenic transparent exopolymer particles (TEP), or their precursors (Malpezzi, 2010; Passow, 2002, 2012). Such mechanisms (Fig. 8, (1)) have been widely described in recent years (Wurl et al., 2011; Barrera-Alba et al., 2012; Giani et al., 2012; Hoppe, 2013; Turner, 2002, 2015). The dimensional scale of these processes is of the order of microns (Giani et al., 2005c). In the Adriatic Sea, diatoms blooms exuding TEP causing macroaggregates in the water

J. d'Eibée et al. / Estuarine, Coastal and Shelf Science 179 (2016) 215–225

223

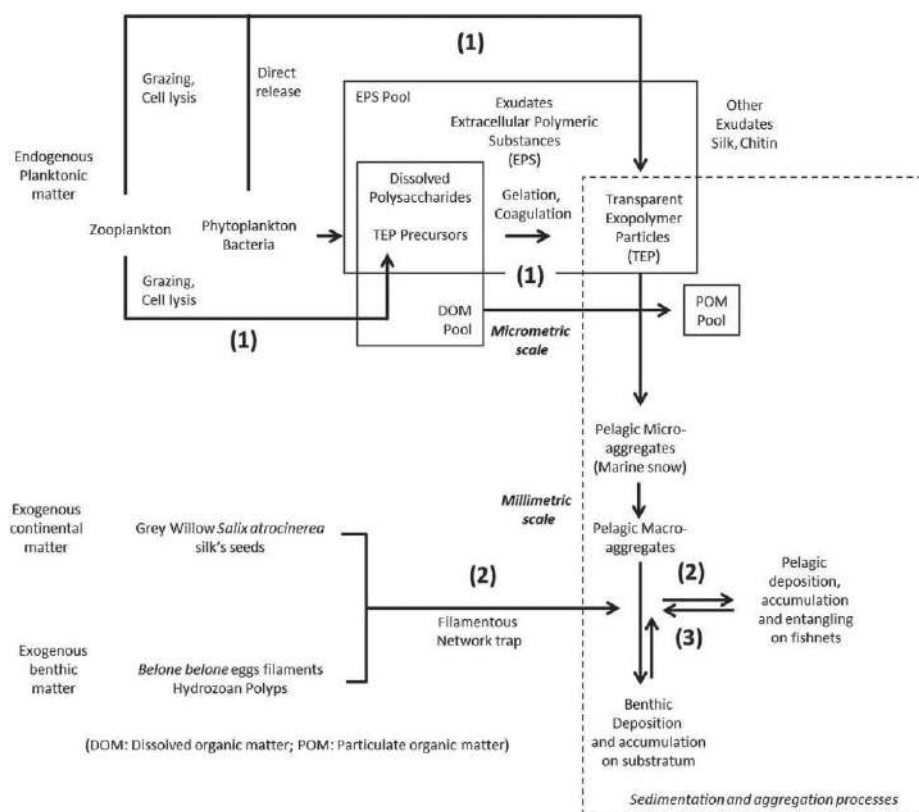


Fig. 8. Diagram summarizing hypothetical formation steps and processes of aggregates in marine pelagic environment off the Basque coastline. (1) Aggregation at micrometric scale involving physiological and biochemical processes. (2) Aggregation at millimetric scale involving mechanical processes. (3) Resuspension processes of benthic and pelagic deposited and accumulated POM.

column (Radić et al., 2005) consist of the same species (especially *Cylindrotheca closterium*, *Skeletonema costatum*, *Pseudo-nitzschia seriata*, *P. delicatissima* and *Asterionella glacialis*) as those contained in the aggregates on the Basque coast. These micro-processes involved in the formation and development of marine snow (Kierboe, 2001), pelagic (Giani et al., 2012; Hoppe, 2013) and benthic aggregates (Giuliani et al., 2005; Lorenti et al., 2005; Aktan and Topaloglu, 2011) have not been covered in this study. It is noteworthy that the highest abundance of microalgae found in the aggregates on the Basque coast concerned *Cylindrotheca closterium*, a planktonic and epipelagic diatom which is a major producer of TEP (Staats et al., 2000; Najdek et al., 2005). Regarding zooplankton, the production of fecal pellets by mesozooplankton increases the stock of particulate organic matter in water and also contributes to the formation of aggregates (Dupont and Lafite, 1986; Turner, 2002, 2015). Grazing activity of herbivorous plankton especially copepods can regulate the amount of TEP in the water column which therefore in turn increases the levels of aggregation of particulate organic matter (Prieto et al., 2001).

A second aggregation process appears in this study to complete the first one. It is induced by the presence of filamentous benthic

(Garfish *Belone belone* eggs filaments; Hydrozoan Polyyps) and continental (Grey Willow *Salix atrocinerea* silk's seeds) components forming a dense tangled network trapping particulate organic matter (Fig. 8, (2)). In fresh waters, Extracellular Polymeric Substances (EPS) include silks structure and are used in tube construction, to make nets used in feeding or as a means of fixing systems (Wotton, 2011) i.e. with similar properties to those included in the aggregates of the Basque coast, despite their different origins. The dimensional scale range of this mechanical process is of the millimetre.

4.6. The pelagic deposition and accumulation of aggregates on fishing nets

Instead of remaining stationary or drifting in the pelagic environment as commonly observed (Giani et al., 2012; Hoppe, 2013; Turner, 2015), some of these aggregates undergo on the Basque coast a pelagic deposition and accumulation because of the presence of rigid structures set in the water column. On the Basque coast, the fishing gears used by fishermen are either linear structures as longlines or mesh structures such as driftnets, all in

invisible nylon. Deposition of aggregates on the nets gradually forms a compact and sticky substance, making them more visible and ineffective for catching fish.

The sampler provides a fixed grid structure on which planktonic organisms with reduced natatory abilities can settle and accumulate. These midwater deposition and accumulation, like those of the sea floor, depend on coastal current patterns. In the northern Adriatic Sea, water circulation especially horizontal flows is decisive in the formation of aggregates and their dispersion in the water column. When the flow intensity or direction increases the residence time of water masses, this induces the development of pelagic mucilage (Grilli et al., 2005a, b). A strong local hydrodynamism may also resuspend particulate organic matter deposited and accumulated on the fishing nets or benthic substratum by the sedimentation process (Fig. 8 (3)).

Using a specific device permanently immersed in the water column was justified because it allowed us to collect exactly what the local fishermen bring in their nets. In addition, the sampling strategy we used of leaving our sampler upright for several days in the water column replicates the technique used by fishermen to catch fish.

The organic matter collected is the result of an aggregation process and/or deposition of organic matter that is progressive over time, whose duration in our study is of the order of one week (see Material & Methods), held on a solid structure located in the water column. This particular methodology, which integrates a temporal component of the aggregative process is quite different from the other methodology which consists in collecting samples aggregates of organic matter or plankton at regular intervals in the water column with a sampling bottle or plankton net (Radic et al., 2005; Danovaro et al., 2005; Malpezzi, 2010; Giani et al., 2012).

Unfortunately, it was not possible for technical and logistical reasons to carry out both plankton and aggregate matter by sampling the water column, and taking organic matter deposited on the device, in order to compare the composition and evolution of biological communities in these two compartments. Indeed, we can assume that the sedimentation, deposition and accumulation processes are not identical for all living or inert particles present in the water column. Bochkansky and Herndl (1992) showed that in northern Adriatic Sea plankton communities within the aggregates and the surrounding pelagic environments can be quite different in their composition and abundance.

5. Conclusion

As with the nets used by the fishermen, the sampler used experimentally to catch aggregates seems to play the role of a trap accumulating and concentrating the entire particulate fraction suspended in the water column (seston). Exogenous elements of benthic or continental origin are added to strictly planktonic components living close to the sampler. They form together a dense tangled network trapping particulate organic matter. The particular matter deposited and accumulated on vertical fishing nets or drifting lines can be considered as a temporary ecosystem artificially maintained in the water column by the activities of local fisheries. Under these particular conditions, a number of species of benthic origin can ensure their development and fixation in the surrounding pelagic environment. These exogenous organisms further increase the already high level of biodiversity of this particular environment, which is maintained by inputs from the surrounding plankton community. Finally, the biochemical processes of aggregation and the role of nano- and bacterioplankton are not covered in this work, and will be the subject of further studies.

Acknowledgements

This work was co-funded by the European Regional Development Fund (FEDER), the Adour-Garonne Water Board, the Aquitaine Region, the Pyrénées-Atlantiques County Council and the local fisheries committee CIDPMEM 64/40. We also thank Robin Fisher for his help and advice in the translation of proof-reading this paper.

Appendix A. Supplementary data

Supplementary data related to this article can be found at <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2016.01.023>.

References

- Aizpuru, I., Aseginolaza, C., Uribe-Echebarria, P.M., Urtutia, P., Zorrazin, L., 2007. Claves ilustradas de la Flora del País Vasco. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, p. 830.
- Aktau, Y., Topaloglu, B., 2011. First record of *Chrysosphaera taylorii* Lewis & Bryan and their benthic mucilaginous aggregates in the Aegean Sea (Eastern Mediterranean). *J. Black Sea Mediterranean Environ.* 17 (2), 159–170.
- Barrera-Alba, J.J., Moser, G.A.O., Ganesella, S.M.F., Saldanha-Correia, F.M.P., 2012. Role of transparent exopolymer particles on phytoplankton dynamics in a subtropical estuary, Cananéia-Iguape (SP, Brazil). *Open J. Mar. Sci.* 2, 25–32.
- Bochkansky, A.B., Herndl, C.J., 1992. Ecology of amorphous aggregations (marine snow) in the Northern Adriatic Sea. III. Zooplankton interactions with marine snow. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 87, 135–146.
- Danovaro, R., Armeni, M., Luna, G.M., Corinaldesi, C., Dell'Anno, A., Ferrari, C.R., Fiordelmondo, C., Gambi, C., Gismonti, M., Manini, E., Mecozzi, M., Perrone, F.M., Pusceddu, A., Giani, M., 2005. Exo-enzymatic activities and dissolved organic pools in relation with mucilage development in the Northern Adriatic Sea. *Sci. Total Environ.* 353, 189–203.
- Dupont, J.P., Lafite, R., 1986. Importance et rôle du matériel organique vivant et inerte dans les suspensions de la Baie de Seine. *IFREMER Actes Colloq.* 4, 155–162.
- D'Elbée, J., Castel, J., 1982. Introduction à l'étude du zooplancton dans l'estuaire de l'Adour. *Bull. du Centre d'Etudes de Recherches Sci.* 14 (2), 215–226. Biarritz.
- D'Elbée, J., Castel, J., 1991. Zooplankton from the Continental Shelf of the Southern Bay of Biscay: Exchange with Arcachon Basin, France. *Annales de l'Institut Océanographique*. Paris, 67(1), 35–48.
- Giani, M., Rinaldi, A., Degobbi, D., Vollenweider, R., 2005a. Mucilages in the Adriatic and Tyrrhenian Seas. Preface. *Sci. Total Environ.* 353, 1–2.
- Giani, M., Rinaldi, A., Degobbi, D., 2005b. Mucilages in the Adriatic and Tyrrhenian Sea: an introduction. *Sci. Total Environ.* 353, 3–9.
- Giani, M., Berto, D., Cornello, M., Sartoni, G., Rinaldi, A., 2005c. Le mucillagini nell'Adriatico e nel Tirreno. *IRCAM, Editrice Millennium*, Roma, p. 110.
- Giani, M., Sist, P., Berto, D., Serrazanetti, G.P., Ventrella, V., Urbani, R., 2012. The organic matrix of pelagic mucilaginous aggregates in the Tyrrhenian Sea (Mediterranean Sea). *Mar. Chem.* 132–133, 83–94.
- Giuliani, S., Lambert, C.V., Sonni, C., Pellegrini, D., 2005. Mucilage impact on gorgonians in the Tyrrhenian sea. *Sci. Total Environ.* 353, 340–349.
- Green, E.P., Dagg, M.J., 1997. Mesozooplankton associations with medium to large marine snow aggregates in the northern Gulf of Mexico. *J. Plankton Res.* 19 (4), 435–447.
- Grilli, F., Paschini, E., Precali, R., Russo, A., Supić, N., 2005a. Circulation and horizontal fluxes in the northern Adriatic Sea in the period June 1999–July 2002. Part I: geostrophic circulation and current measurement. *Sci. Total Environ.* 353, 57–67.
- Grilli, F., Marini, M., Degobbi, D., Ferrari, C.R., Fornasiero, P., Russo, A., Gismonti, M., Djakovac, T., Precali, R., Simonetti, R., 2005b. Circulation and horizontal fluxes in the northern Adriatic Sea in the period June 1999–July 2002. Part II: nutrients transport. *Sci. Total Environ.* 353, 115–125.
- Hoppe, K.S., 2013. The Sinking Rate and Transparent Exopolymer Particle (TEP) Production *Hemiaulus huckleyi*. Thesis. Master of Science in Marine Science, The University of Texas at Austin, p. 44.
- Kiarboe, T., 2001. Formation and fate of marine snow: small-scale processes with large-scale implications. *Sci. Mar.* 65 (Suppl. 2), 57–71.
- Lorenti, M., Buia, M.C., Di Martino, V., Modigh, M., 2005. Occurrence of mucous aggregates and their impact on *Posidonia oceanica* beds. *Sci. Total Environ.* 353, 369–379.
- Malpezzi, M.A., 2010. The Abundance and Distribution of Transparent Exopolymer Particles in the Turbidity Maximum Region of Chesapeake Bay. Thesis. Master of Science, Faculty of the Graduate School of the University of Maryland, College Park, p. 55.
- Najdek, M., Blazina, M., Djakovac, T., Kraus, R., 2005. The role of the diatom *Cylindrotheca closterium* in a mucilage event in the northern Adriatic Sea: coupling with high salinity water intrusions. *J. Plankton Res.* 27 (9), 851–862.
- Passow, U., 2002. Transparent exopolymer particles (TEP) in aquatic environments.

- Prog. Oceanogr. 55, 287–333.
- Passow, U., 2012. The abiotic formation of TEP under different ocean acidification scenarios. Mar. Chem. 128–129, 72–80.
- Precali, R., Gianti, M., Marini, M., Grillo, F., Ferrari, C.R., Pečar, O., Paschini, E., 2005. Mucilaginous aggregates in the northern Adriatic in the period 1999–2002: typology and distribution. Sci. Total Environ. 353, 10–23.
- Prieto, L., Sommer, F., Stibor, H., Koeve, W., 2001. Effects of planktonic copepods on transparent exopolymeric particles (TEP) abundance and size spectra. J. Plankton Res. 23 (5), 515–523.
- Radić, T., Kraus, R., Fuks, D., Radić, J., Pečar, O., 2005. Transparent exopolymeric particles' distribution in the northern Adriatic and their relation to micro-phytoplankton biomass and composition. Sci. Total Environ. 353, 151–161.
- Saule, M., 2002. In: Rando, Milan (Ed.), La grande flore illustrée des Pyrénées, p. 730.
- Staats, N., Stal, L.J., Mur, L.R., 2000. Exopolysaccharide production by the epipelagic diatom *Cylindrotheca closterium*: effects of nutrient conditions. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 249 (1), 13–27.
- Suresh, S.P., Gauri, S., Desai, S., Kavitha, M., Padmavathy, P., 2014. Marine biotoxins and its detection. Afr. J. Environ. Sci. Technol. 8 (6), 350–365.
- Turner, J.T., 2002. Zooplankton fecal pellets, marine snow and sinking phytoplankton blooms. Aquat. Microb. Ecol. 27, 57–102.
- Turner, J.T., 2015. Zooplankton fecal pellets, marine snow, phytodetritus and the ocean's biological pump. Prog. Oceanogr. 130, 205–248.
- Trainer, V.L., Bates, S.S., Lundholm, N., Thessen, A.E., Cochlan, W.P., Adams, N.G., Tick, C.G., 2012. *Pseudo-nitzschia* physiological ecology, phylogeny, toxicity, monitoring and impacts on ecosystem health. Harmful Algae 14, 271–300.
- Wotton, R.S., 2011. EPS (Extracellular polymeric Substances), silk, and chitin: vitally important exudates in aquatic ecosystems. J. North Am. Benthol. Soc. 30 (3), 762–769.
- Wurl, O., Miller, L., Vagle, S., 2011. Production and fate of transparent exopolymer particles in the ocean. J. Geophys. Res. 116 <http://dx.doi.org/10.1029/2011JC007342>. C00H13.

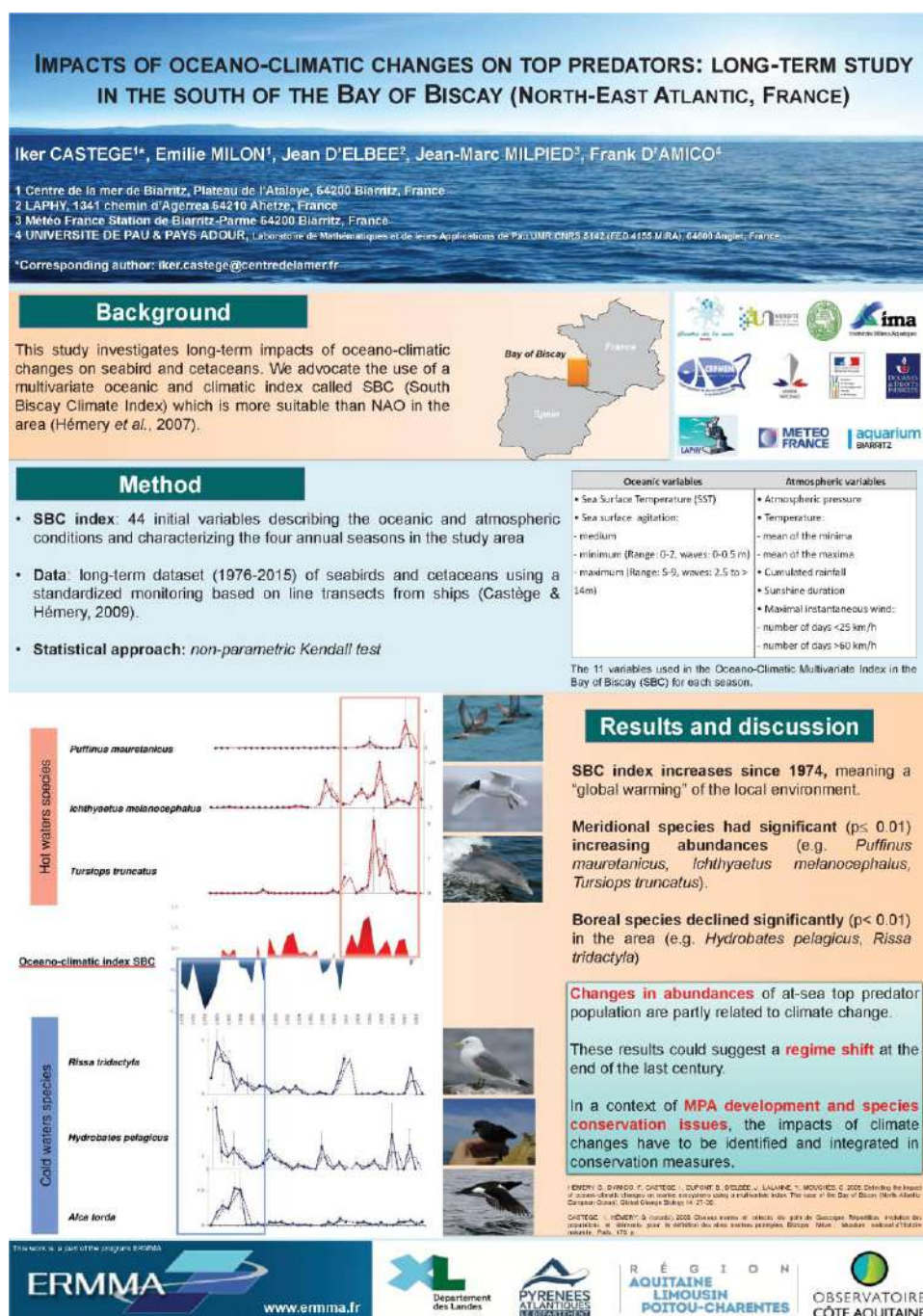
ANNEXE V :

Exemples de résultats présentés par le programme ERMMA entre 2016 et 2018 lors de colloques scientifiques

ANNEXE V a :

Exemple de résultats du programme ERMMA présentés au XV^{ème} colloque international d'océanographie du golfe de Gascogne ISOBAY (22 et 24 juin 2016 à Bilbao) : « Impacts of oceano-climatic changes on top predators : long-term study in the south of the Bay of Biscay »

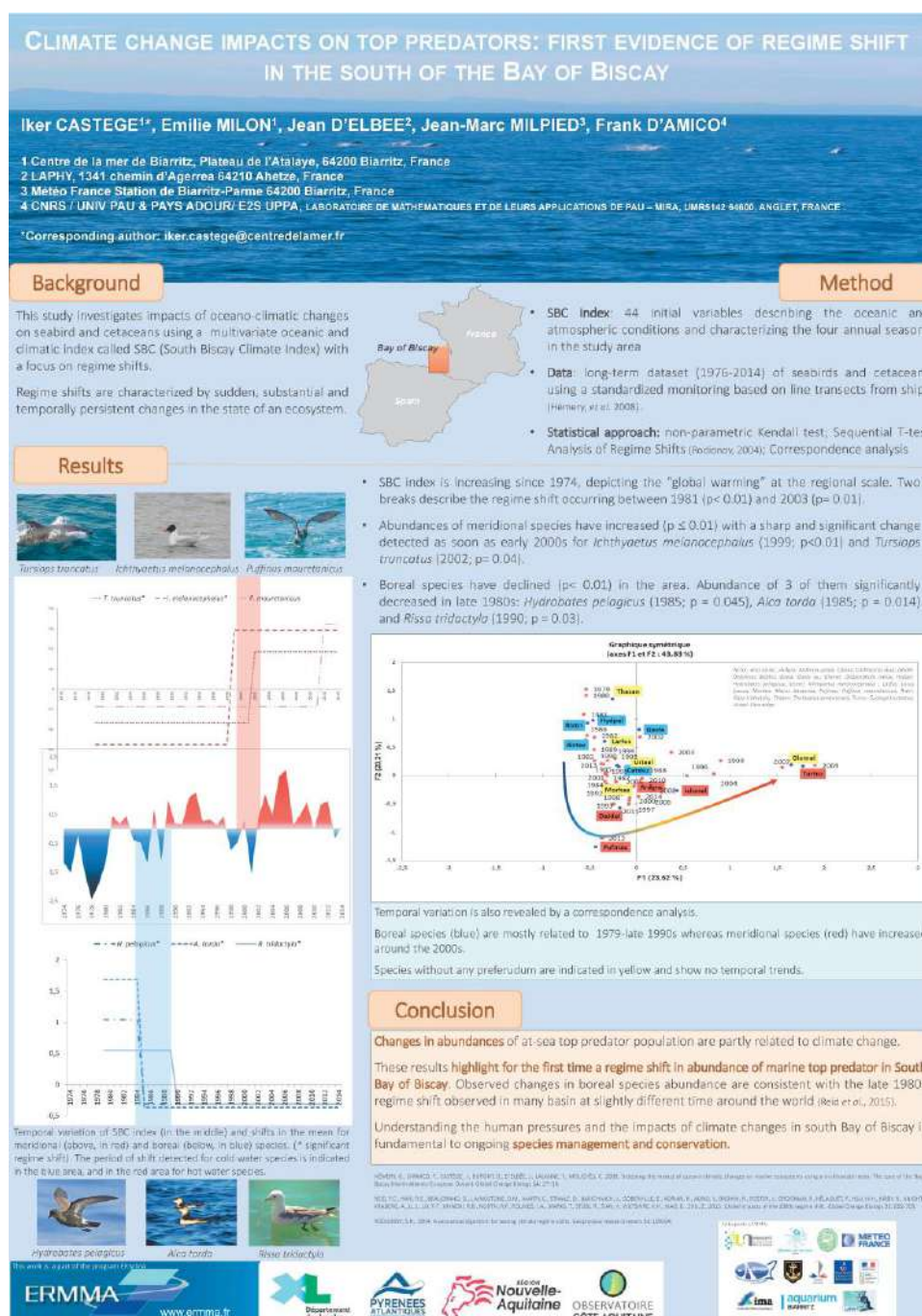
Ce poster présente les évolutions des populations de prédateurs supérieurs (oiseaux marins et cétacés) dans le sud du golfe de Gascogne en lien avec les changements océano-climatiques.



ANNEXE V b :

Exemple de résultats du programme ERMMA présentés au XVI^{ème} colloque international d'océanographie du golfe de Gascogne ISOBAY (5-7 juin 2018 à Anglet) : « Climate change impacts on top predators : first evidence of regime shift in the south of the Bay of Biscay »

Ce poster présente les évolutions des populations de prédateurs supérieurs (oiseaux marins et cétacés) dans le sud du golfe de Gascogne en lien avec les changements océano-climatiques et complète le précédent avec des premiers résultats attestant l'existence de changements de régime (*regime-shift*) dans ces populations.



ANNEXE VI

Flyer promotionnel de l'« Atlas des oiseaux marins et cétacés du Sud Gascogne — De l'estuaire de la Gironde à la Bidassoa » publié en 2018 par les éditions scientifiques du Muséum national d'Histoire naturelle.

Cet ouvrage fait suite au précédent publié en 2009 et présente la répartition en mer et l'évolution des abondances d'oiseaux marins, cétacés et d'autres espèces marines dans le Sud de Gascogne d'après les suivis en mer effectués dans le cadre du programme ERMMA ([section A.1 et A.3](#))



Collection / series Patrimoines naturels, tome 78
210 x 297 mm relié / hardback
texte en français / text in French
280 p., 214 photos couleur, 126 cartes,
69 figures
ISBN 978-2-85653-825-8
Prix / Price 30 € TTC (28,44 HT)

Distribué le 17 décembre 2018
Published on the December 17th, 2018

ATLAS DES OISEAUX MARINS ET CÉTACÉS DU SUD GASCOGNE

DE L'ESTUAIRE DE LA GIRONDE À LA BIDASSOA

Iker Castège & Emilie Milon (coordonateurs)

Le premier atlas des oiseaux marins et cétacés du golfe de Gascogne a été publié en 2009 (Castège & Hémery 2009). Il se basait sur les suivis océanographiques standardisés effectués par navires entre 1976 et 2002 à l'échelle du golfe de Gascogne. Cet ouvrage présentait la répartition spatiale de 36 espèces d'oiseaux marins et des principales espèces de cétacés.

Au-delà des données de répartition propre à chaque espèce, des zones de concentration de biodiversité ont été mises en évidence et ont permis la définition des aires marines protégées (AMP).

Une décennie plus tard, un bilan était nécessaire pour évaluer la pertinence des AMP créées ainsi que l'évolution de ces espèces à forts enjeux de conservation dans un contexte de changements climatiques. Depuis la publication de l'ouvrage précédent, près de 40 000 nouveaux relevés ont été traités suivant le même protocole pour une centaine d'espèces recensées entre 2003 et 2015, réparties sur les douze mois de l'année. Au final, 50 espèces sont sélectionnées et présentées dans cet ouvrage avec la participation d'une vingtaine d'experts.

Cet ouvrage s'adresse au plus grand nombre, aux naturalistes et à quiconque s'intéresse aux écosystèmes marins. Il doit également servir à répondre aux demandes des gestionnaires en matière de conservation, de gestion des prédateurs supérieurs et d'application des textes nationaux et communautaires (aires marines protégées, directive cadre Stratégie pour le milieu marin, etc.).

Le littoral de Nouvelle-Aquitaine apparaît comme une région clé pour mesurer les évolutions de ces espèces grâce aux secteurs d'importance pour les prédateurs supérieurs de son territoire tels les canyons de Capbreton et du cap Ferret, les abords du bassin d'Arcachon ou encore l'estuaire de la Gironde. Toutes ces zones sont bien connues pour contribuer à l'alimentation, à la reproduction ou au repos des oiseaux et mammifères marins. La prise en compte des changements climatiques dans les pressions qui agissent sur les espèces est devenue essentielle, d'autant plus pour des espèces menacées.

Commandes et renseignements Orders and information

Muséum national d'Histoire naturelle
Publications scientifiques
Case postale 41 • 57, rue Cuvier
75231 Paris cedex 05

Tél. 01 40 79 48 05 • Fax 01 40 79 38 40
diff.pub@mnhn.fr



ANNEXE VII

Plaquette promotionnelle du Centre de la Mer de Biarritz

Cette plaquette promotionnelle éditée en 2016 présente les activités du Centre de la Mer de Biarritz et en priorité celles du programme ERMMA et de ses partenaires.

Suivi de la biodiversité

Programme régional ERMMA
(Environnement et Ressources des
Milieux Marins Aquitains)

Objectifs :

Connaissances des milieux et écosystèmes marins

Recherche fondamentale et appliquée : évolution des populations, impacts des activités humaines...

Aide à la décision aux collectivités et l'Etat dans une optique de développement durable (Natura 2000, Aires Marines à Protéger...)

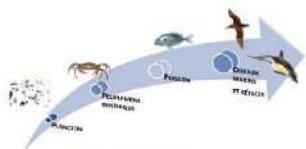


Points forts :

L'antériorité de données standardisées depuis plus de 40 ans.

La coopération pluridisciplinaire d'organismes de recherches et techniques

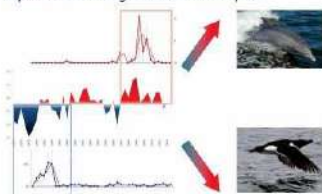
Des suivis standardisés sur les principaux maillons des chaînes alimentaires : oiseaux marins, céphalopodes, poissons, peuplements benthiques, plancton...



Plus de 1 500 000 de données standardisées sur les différents niveaux des chaînes alimentaires

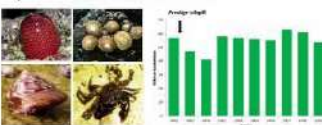
Recherches & Expertises

Impacts des changements climatiques



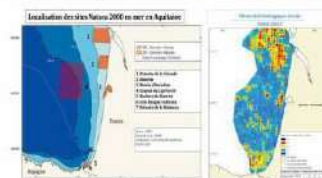
Exemple de conséquences : Augmentation d'événements météorologiques et disparition d'espèces locales.

Impacts des activités humaines



Exemple de l'impact de la hausse du niveau de la mer : nombre d'espèces d'oiseaux (albatros de mer, couronné, capotaureau...)

Définition et gestion des Aires Marines Protégées



Caractérisation de zones biologiquement sensibles en Aquitaine.

Diffusion des connaissances

La communication des travaux réalisés se fait au travers de publications scientifiques, d'ouvrages, de conférences, de reportages ou de sites internet (www.ermma.fr; www.centredelamer.fr)...

Risques côtiers

Le Centre de la Mer de Biarritz tient un rôle de médiation scientifique et de sensibilisation aux risques côtiers. Avec ses partenaires (EUEC France, UPPA, Ifremer, AZTI Tecnalia...) des formations, colloques et ateliers sont organisés régulièrement.



Éducation et pédagogie

Animations adaptées : du primaire au collège

Visites guidées



Sorties éducatives sur l'estran



L'équipe pédagogique propose des ateliers sur le terrain (estran) ou en salle, TAP (Temps d'Activités Pédagogiques) directement dans les écoles, visites guidées générales ou thématiques multilingues (français, espagnol, basque et anglais) de la Cité de l'Océan et de l'Aquarium de Biarritz.

Contacts

Centre de la Mer de Biarritz
Plateau de l'Atalaye
64200 Biarritz
05-59-22-33-34
contact@ermma.fr
www.centredelamer.fr & www.ermma.fr



Partenaires



Suivi de la biodiversité

Recherches et expertises



Éducation et pédagogie



Risques côtiers

ANNEXE VIII

Lettre de la Secrétaire d'État chargée de la Biodiversité en 2017.

Cette lettre fait suite à la venue de la Secrétaire d'État chargée de la Biodiversité en mars 2017 au cours de laquelle les travaux du programme ERMMA lui avaient été présentés.



Programme régional

Environnement et ressources des milieux marins aquitains

Le Programme régional « Environnement et ressources des milieux marins aquitains » constitue une démarche inter organismes et pluridisciplinaire qui s'intéresse au suivi et à la compréhension de **l'évolution de la biodiversité marine en Aquitaine.**

Participants :



Avec le partenariat de :

