

Morus bassanus



Oiseaux

TERRESTRES ET MARINS DANS
LES PYRÉNÉES ATLANTIQUES

CHANGEMENT CLIMATIQUE, MIGRATION
ET ÉVOLUTION DES POPULATIONS

Interreg
POCTEFA
NaturClima



UNION EUROPÉENNE
UNION EUROPEAN

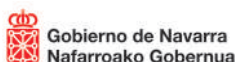
Oiseaux

TERRESTRES ET MARINS DANS
LES PYRÉNÉES ATLANTIQUES

CHANGEMENT CLIMATIQUE, MIGRATION ET
ÉVOLUTION DES POPULATIONS

ÉVOLUTIONS DES OISEAUX MARINS
DES PYRÉNÉES-ATLANTIQUES

Interreg
POCTEFA
NaturClima



Oiseaux

TERRESTRES ET MARINS DANS LES PYRÉNÉES ATLANTIQUES

CHANGEMENT CLIMATIQUE, MIGRATION ET ÉVOLUTION DES POPULATIONS

Éditeurs : Ainhoa Istúriz, Carlos Astráin et Isabel Ibarrola (GAN-NIK)
Émilie Milon et Iker Castèghe (CMB)

Citation recommandée

Istúriz, A., Astráin, C., Ibarrola, I., Milon, É., Castegh, I. (eds), Aves terrestres y marinas en Pirineos Atlánticos. Cambio Climático, migración y evolución de poblaciones.
GAN-NIK/CMB/POCTEFA NaturClima EFA 311/19.



POCTEFA NaturClima EFA311/19

Ce rapport a été réalisé dans le cadre du projet POCTEFA NaturClima. Celui-ci a été cofinancé à hauteur de 65 % par le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER) dans le cadre du Programme Interreg V-A Espagne-France-Andorre (POCTEFA 2014-2020). L'objectif du POCTEFA est de renforcer l'intégration économique et sociale de l'espace frontalier Espagne-France-Andorre. Son aide est concentrée sur le développement d'activités économiques, sociales et environnementales transfrontalières par le biais de stratégies conjointes qui favorisent le développement durable du territoire..

Intervenants :



Ce document s'appuie sur les données du programme Régional ERMMA (Environnement et Ressources des Milieux Marins Aquitains), porté par le Centre de la Mer de Biarritz.

L'ERMMA est soutenu par :



Collaborateurs

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



Titre du chapitre : Évolutions des oiseaux marins des Pyrénées-Atlantiques.

Auteurs : Émilie Milon et Iker Castège (CMB).

Direction technique : Émilie Milon et Iker Castège (CMB).

Photographies : Iker Castège, Frédéric Cazaban, Robin Chittenden, Sophie Damian, Émilie Milon, Observatoire de la Côte Nouvelle-Aquitaine / Com' by AVM, Thorfinnur Sigurgeirsson.

Mise en page et Illustrateur : Javier Arbilla.

Impression : Navaprint S.L.

DL NA 1149-2022

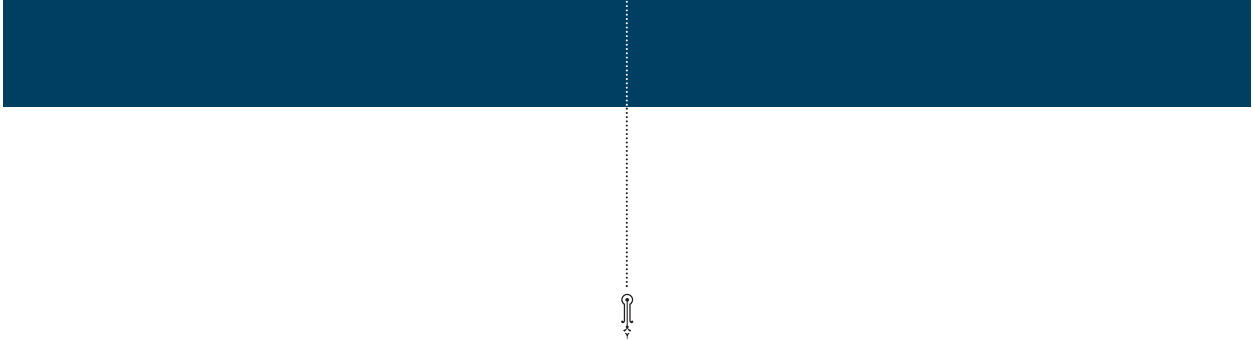
ISBN 978-84-09-41069-9

Citation recommandée : Milon, É., Castège, I., 2022. Évolutions des oiseaux marins des Pyrénées Atlantiques. In Istúriz, A., Astráin, C., Ibarrola, I., Milon, É., Castège, I. (eds), Oiseaux terrestres et marins dans les Pyrénées Atlantiques. Migration et Évolution des Populations. GAN-NIK/CMB/ POCTEFA NaturClima EFA311/19, pp 1-116.

T A B L E D E S M A T I È R E S

PRÉSENTATION DES ESPACES MARINS DES PYRÉNÉES-ATLANTIQUES	9
Le Golfe de Gascogne	11
Les espaces marins des Pyrénées-Atlantiques	12
Climat	12
Aires Marines Protégées	15
Les changements climatiques en milieu marin	18
Généralités	18
Impacts sur les oiseaux marins	20
LES OISEAUX MARINS DES ESPACES MARINS DES PYRÉNÉES-ATLANTIQUES	22
Les oiseaux marins	22
Les limicoles	25
Les oiseaux nicheurs	28
Les migrations d'oiseaux terrestres	30
MÉTHODOLOGIE	32
Le programme ERMMA	32
Analyses des données	35
Cartographie	35
Évolutions et calendrier d'abondance	36
Mesurer le climat local	38
RÉSULTATS	41
Fiches espèces	42
Évolutions des oiseaux marins migrateurs	102
Synthèse des évolutions depuis 1976	102
Évolutions et changements océano-climatiques locaux	102
CONCLUSION	109
BIBLIOGRAPHIE	111





PRÉSENTATION DES ESPACES MARINS DES PYRÉNÉES-ATLANTIQUES



Le golfe de Gascogne abrite un patrimoine naturel exceptionnel qui se traduit sur l'ensemble des maillons des chaînes alimentaires. Sa partie sud-est présente une mosaïque d'habitats très diversifiés avec en particulier l'existence du gouf de Capbreton, un canyon sous-marin unique en Europe. Cette diversité en milieux attire de nombreuses espèces marines dont les oiseaux marins constituent le maillon final. En tant que prédateurs supérieurs, ils reflètent à la fois la présence de zones biologiques riches mais aussi l'état des écosystèmes marins.

Le milieu océanique considéré dans cette étude englobe la partie sud du golfe de Gascogne comprenant les Pyrénées-Atlantiques et le sud du département des Landes. Le plateau continental fait la transition entre l'immense plateau Celtique au nord et celui relativement étroit de l'Espagne. Sa morphologie conditionne largement la circulation des courants marins, le régime des vagues régionales et la distribution actuelle des sédiments. Le plateau, large d'environ 230 km plus au nord du golfe, s'étrécit dans sa partie sud (12 à 30 kilomètres). La pente vers la plaine abyssale (entre 200 et 4 000 m de profondeur) est également plus douce au sud.

De la côte vers le large, le plateau continental comprend deux domaines : le plateau interne, de profondeur inférieure à 100 m et à pente forte, et le plateau externe, de profondeur comprise entre 100 et 200 m

et à pente plus faible. La limite du plateau est entaillée par deux canyons majeurs : celui du Cap Ferret et le Gouf de Capbreton. D'une longueur totale de quelques 250 km, le Gouf prend naissance devant Hossegor et Capbreton (Département des Landes) à moins de 250 m du trait de côte et rejoint le canyon de Santander pour déboucher sur la grande plaine abyssale du golfe de Gascogne vers 3 500 m de profondeur (Figure 1).

Les canyons sous-marins sont bien connus pour être des zones de forte productivité et de diversité biologique à tous les niveaux des chaînes alimentaires (Moors-Murphy, 2014). En particulier, les phénomènes de « upwelling » (remontée des eaux profondes à la surface) et de « downwelling » (zones de convergence où les eaux de plus fortes densités s'enfoncent) accroissent la quantité de nutriments et de matière organique disponible, ce qui se traduit par une augmentation des abondances en plancton, poissons pélagiques, calmars et invertébrés.

Le Gouf de Capbreton est connu dans la région pour abriter une faune marine exceptionnelle parmi tous les maillons des chaînes alimentaires : plancton (De Casamajor *et al.*, 2009 ; D'Elbée *et al.*, 2009, 2014), faune benthique et poissons (Sanchez & Santurtun, 2013), prédateurs supérieurs (Castège & Hémerly, 2009 ; Sautour *et al.*, 2013 ; Milon & Castège, 2016a ; Castège & Milon, 2018).

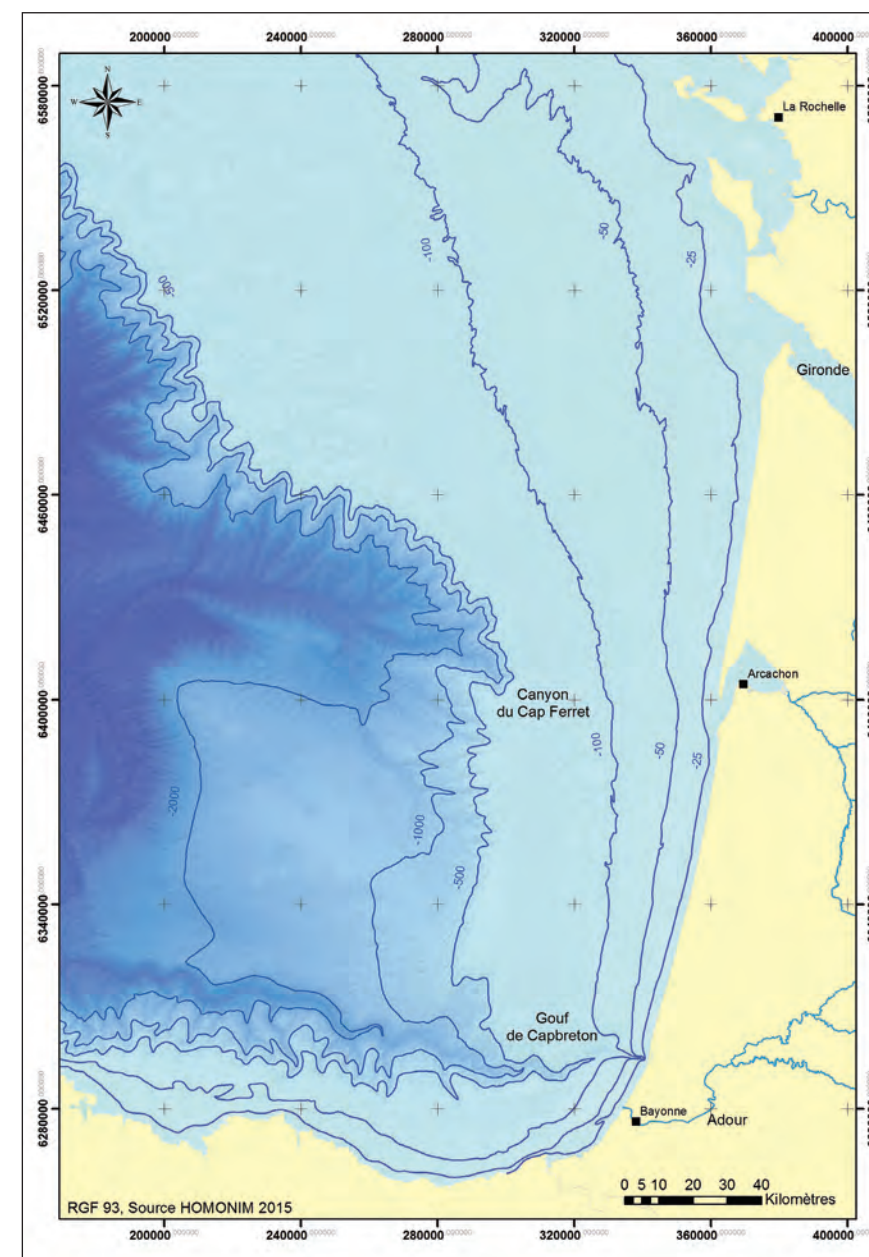


Figure 1 : Bathymétrie du sud du Golfe de Gascogne en mètres (Source : Castège & Milon, 2018). Le cadre figure la zone d'étude.

LES ESPACES MARINS DES PYRÉNÉES - ATLANTIQUES

CLIMAT

La côte des Pyrénées-Atlantiques (également appelée côte basque) est longue de 35 kilomètres et offre une grande diversité de milieux qui abritent une faune et une flore abondante (Augris *et al.*, 2009). Le littoral des Pyrénées-Atlantiques est constitué d'une alternance de falaises rocheuses essentiellement marno-calcaires et également très riches et variées d'un point de vue géologique, de larges baies dont celles de Saint-Jean-de-Luz et Hendaye, ainsi que de plages dites de poche (ou de fond de baie) aux dimensions généralement plus réduites que les précédentes et entièrement entourées de falaises (Mallet *et al.*, 2018 ; Figure 2)

En plus de bénéficier d'un paysage côtier extrêmement varié, les habitats sous-marins sont également riches en diversité (Sanchez & Santurtun, 2013). Situées dans l'extrême sud-est du Golfe de Gascogne, les Pyrénées-Atlantiques bénéficient de différentes masses d'eau qui convergent et se mélangent, apportant des substances essentielles à la vie marine. Ce mélange est influencé par une bathymétrie atypique. Les fonds marins rocheux sont partiellement recouverts de sédiments meubles, alternant sable de grains variés, graviers et galets (Augris *et al.*, 2009).

La circulation atmosphérique de la région, influencée par l'anticyclone des Azores (ouest du Portugal) et la dépression d'Islande, joue également un rôle clef dans la circulation des masses d'eau. En hiver, les vents sont principalement orientés Nord-Est, tandis qu'en été, la tendance s'inverse avec des vents dominants orientés Sud-Ouest (Solabarrieta *et al.*, 2015). Ces vents saisonniers génèrent des courants de surface très variables selon la profondeur. Ils sont aussi très fluctuants et présentent une variabilité saisonnière, directement liée aux situations météorologiques (Figure 3).

À l'instar des autres côtes de l'Atlantique situées aux latitudes moyennes, la côte des Pyrénées-Atlantiques reçoit de plein fouet les perturbations qui traversent l'océan et se trouve directement exposée aux tempêtes et aux fortes houles engendrées sur l'Atlantique nord.



Figure 2 : Le littoral des Pyrénées-Atlantiques présente une mosaïque d'habitats : en haut des falaises rocheuses et en bas la baie de Saint-Jean-de-Luz. (Photos © Observatoire de la Côte Nouvelle-Aquitaine / Com' by AVM).

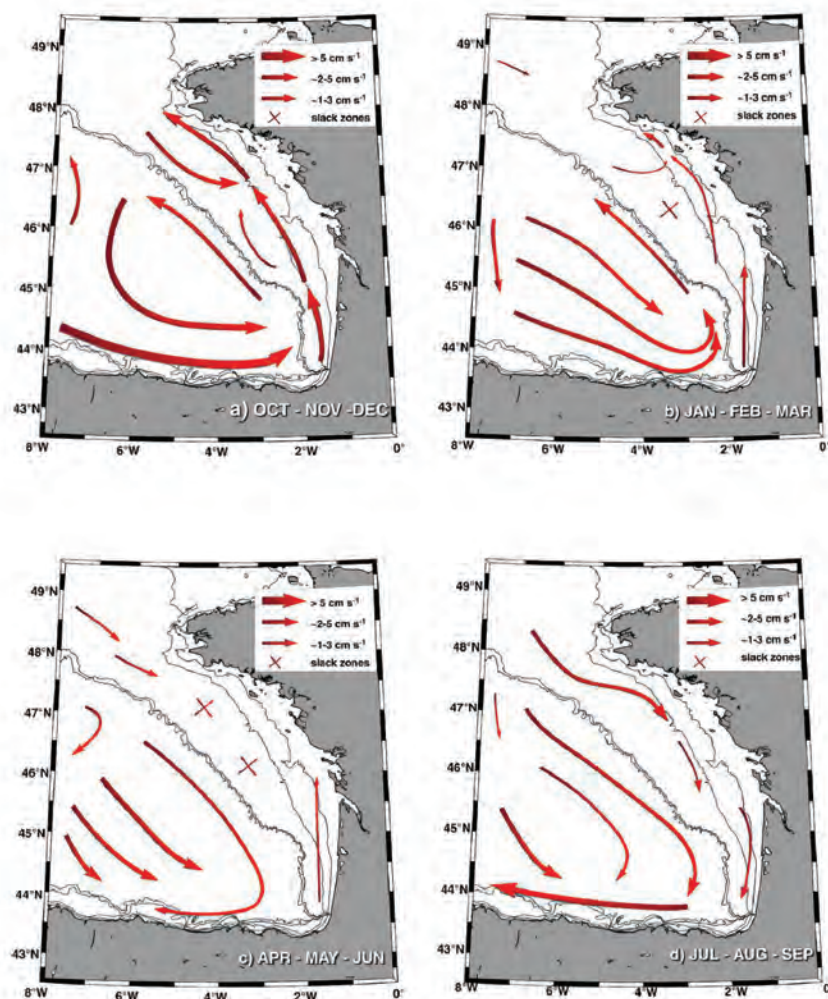


Figure 3 : Courants de surface dans le golfe de Gascogne.
D'après Charria *et al.*, 2013.

Sous l'action des houles obliques sur cette côte rectiligne, un puissant courant littoral parallèle au rivage prend naissance à partir du point de déferlement des vagues. La vitesse de ce courant de houle parallèle à la côte peut atteindre 1,50 à 1,75 m/s (2,90 à 3,40 nœuds) en tempête et déplacer des masses d'eau considérables qui modèlent les plages et avant-plages en formant des structures morphologiques caractéristiques : barres et baines (Castelle, 2004).

Enfin, la côte des Pyrénées Atlantiques bénéficie d'un climat océanique tempéré. Située entre la chaîne pyrénéenne et l'océan Atlantique, le climat de la zone d'étude est caractérisé par une faible amplitude thermique sans température excessive, principalement dû à la proximité de l'océan qui varie peu en température ; en moyenne de 11 à 22°C (Durand & Mallet, 2004). Des précipitations importantes sur le domaine continental et maritime, de l'ordre de 900 mm par an en moyenne, se répartissent tout au long de l'année.

AIRES MARINES PROTÉGÉES

Sur le littoral des Pyrénées Atlantiques, plusieurs espaces naturels disposent d'un statut de protection Natura 2000 (Figure 4) :

- « Côte basque rocheuse et extension au large » (FR7200813).
- « Baie de Chingoudy » (FR7200774).
- « Domaine d'Abbadia et corniche basque » (FR7200775).
- « Falaises de Saint-Jean-de-Luz à Biarritz » (FR7200776).
- « La Nivelle (estuaire, Barthes et cours d'eau) » (FR7200785).
- « L'Adour » (FR7200724).
- « Rochers de Biarritz : Le Bouccalot et la Roche ronde » (FR7212002).
- « Estuaire de la Bidassoa et baie de Fontarrarie » (FR7212013).

Les six premiers sont désignés au titre de la Directive « Habitats-Faune-Flore » et les deux derniers au titre de la Directive « Oiseaux ». Ainsi, dans les différentes cartes de répartitions de ce rapport, seuls les sites de la Directive « Oiseaux » seront affichés.

Le site des « Rochers de Biarritz, le Bouccalot et la roche Ronde » désigné au titre de la Directive « Oiseaux » s'étend sur 245 ha exclusivement sur la ville de Biarritz et comprend les falaises et une grande partie des principaux rochers de Biarritz. Plusieurs d'entre eux sont totalement ou partiellement immergés à marée haute, ce qui les rend impossible à la nidification tandis que d'autres, plus hauts et difficiles d'accès offrent des conditions d'accueil des oiseaux de mer propices à leur reproduction ou leur repos.

L'une des principales colonies d'oiseaux marins des Pyrénées-Atlantiques se situe sur la Roche Ronde où nichent le Goéland leucophaea

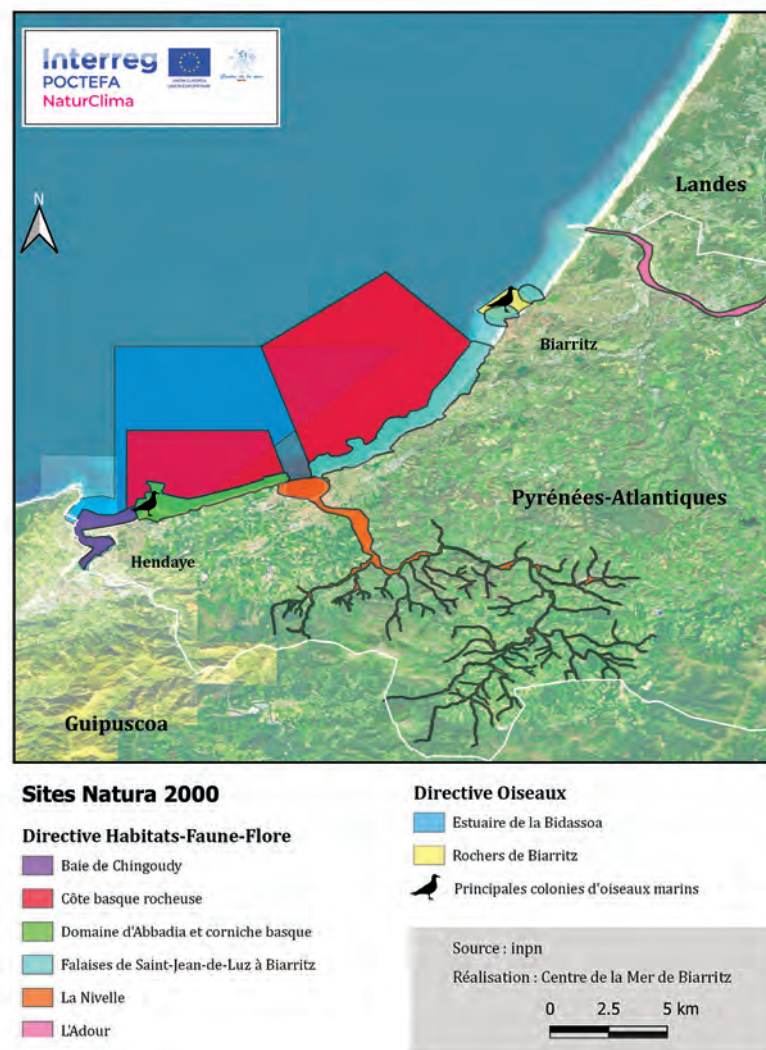


Figure 4 : Sites Natura 2000 marins ou littoraux des Pyrénées-Atlantiques et localisation des principales colonies d'oiseaux marins.

(*Larus michahellis*), anciennement l'Océanite tempête (*Hydrobates pelagicus*) et depuis 2021 le Cormoran huppé (*Phalacrocorax aristotelis*).

Le deuxième site désigné au titre de la Directive « Oiseaux » est celui de « l'Estuaire de la Bidassoa et baie de Fontarrabie » qui s'étend sur une surface de 9 479 ha, au large des communes d'Urrugne et Hendaye. Il comprend l'estuaire de la Bidassoa ainsi qu'une baie marine. L'estuaire est enclavé dans une zone fortement urbanisée et présente des surfaces découvertes aux marées basses favorables aux oiseaux migrateurs (Figure 5).

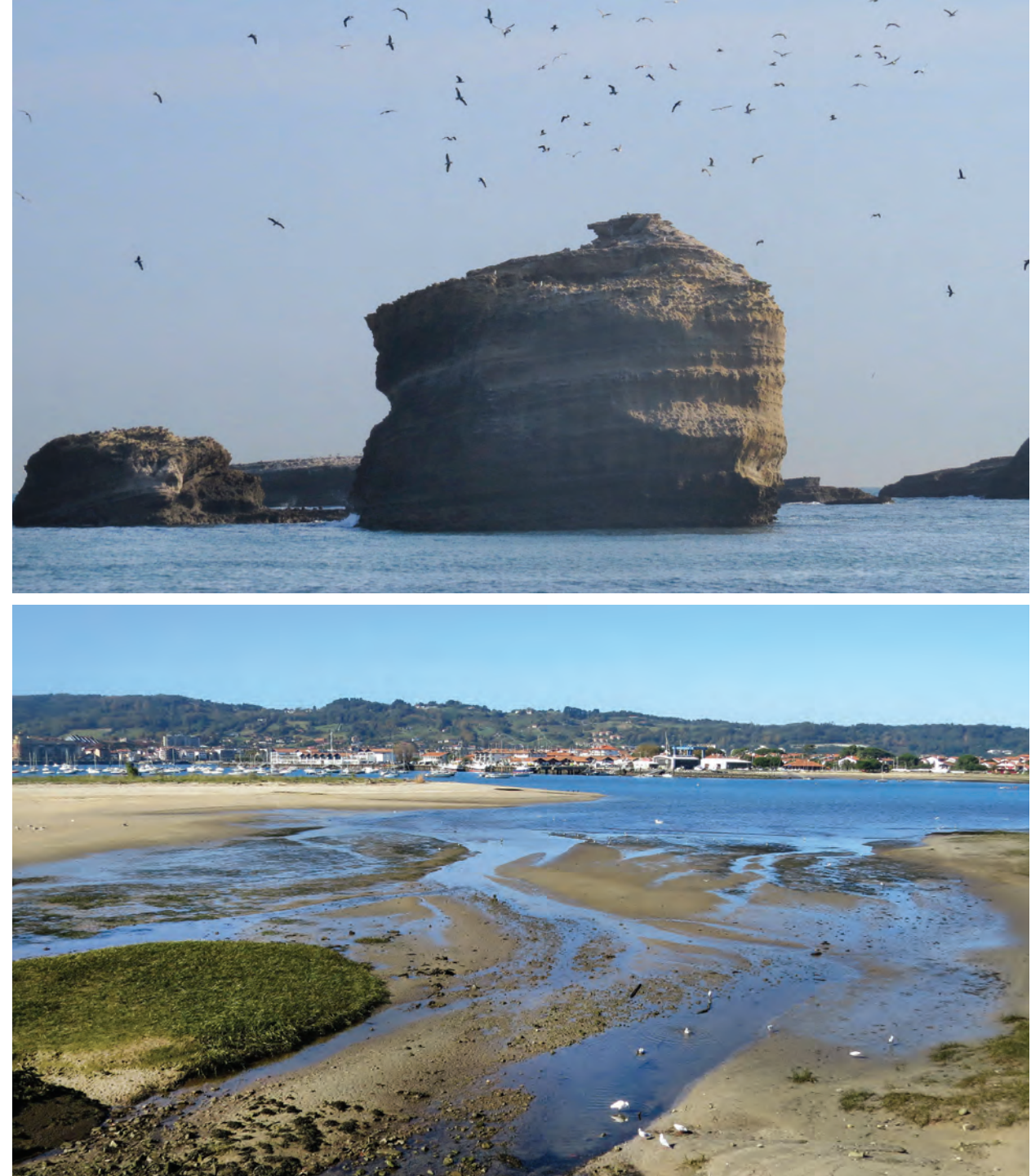


Figure 5 : Les Rochers de Biarritz (en haut, la Roche Ronde) et la baie de Txingudi dans l'estuaire de la Bidassoa (en bas) sont deux zones d'importance pour les oiseaux marins du littoral des Pyrénées-Atlantiques. (Photos © E. Milon).

LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES EN MILIEU MARIN

GÉNÉRALITÉS

En Europe, le climat est principalement influencé par l'oscillation nord-atlantique (North Atlantic Oscillation ; NAO). Cette oscillation atmosphérique est caractérisée par une différence de pression existant entre les basses pressions des régions subpolaires et les hautes pressions des régions subtropicales. Plus la différence de pression est forte (phase positive du NAO), plus le flux d'ouest est puissant, apportant douceur et humidité en Europe.

À ces variations naturelles viennent se rajouter les conséquences des activités humaines. Cette influence se détecte dans le réchauffement de l'atmosphère et de l'océan, dans les changements du cycle global de l'eau, dans le recul des neiges et des glaces et dans l'élévation du niveau moyen des mers du globe. Il est extrêmement probable qu'elle soit la cause principale du réchauffement observé depuis le milieu du XXe siècle (GIEC, 2014). La température moyenne à la surface du globe présente une grande variabilité aux échelles décennale et interannuelle, ainsi les tendances calculées sur des séries courtes sont très sensibles aux périodes considérées. Néanmoins, la tendance linéaire de la moyenne globale des données de températures en surface combinant les terres émergées et les océans indique un réchauffement de 0,85 °C (fourchette comprise entre 0,765 et 1,06 °C) pour la période 1880-2012 (GIEC, 2014).

L'influence de l'homme sur le système climatique est manifeste et, aujourd'hui, il est extrêmement probable que les activités humaines soient une cause majeure du réchauffement climatique observé depuis le milieu du XXe siècle (GIEC, 2014). À l'échelle du milieu marin, les conséquences des changements climatiques entraînent une augmentation de la température des eaux, une acidification des océans, une élévation du niveau de la mer ou encore une augmentation des événements extrêmes.

De nombreuses observations recueillies au cours des dernières décennies dans tous les bassins océaniques du globe font apparaître des



Iker Castège

changements dans l'abondance d'espèces de poissons, d'invertébrés et de plancton et un déplacement de leurs aires de répartition vers les pôles et/ou vers des eaux plus froides et plus profondes (Learmonth *et al.*, 2006 ; Beaugrand *et al.*, 2009 ; Poloczanska *et al.*, 2013).

Dans le golfe de Gascogne, l'apparition d'espèces de poissons tropicaux est également remarquée depuis plusieurs décennies (Quéro *et al.*, 1998). De même, l'abondance de poissons avec des préférences thermiques subtropicales a augmenté au détriment des espèces d'eau tempérée ou à l'aire de répartition plus restreinte (Poulard & Blanchard, 2005).

IMPACTS SUR LES OISEAUX MARINS

L'une des réponses globales de l'avifaune face au changement climatique s'avère être une évolution de l'aire de répartition, des activités saisonnières, des mouvements migratoires, de l'abondance et des interactions interspécifiques.

Les oiseaux marins sont concernés à la fois par les impacts directs, tels que l'accroissement des températures, et par les impacts indirects, comme l'augmentation des précipitations sur de courtes périodes, de la vitesse du vent et de la fréquence des tempêtes, qui ont des conséquences sur le succès reproducteur, la survie ou encore la taille de la population (Furness, 2016).

Le réchauffement des températures peut également provoquer d'importantes modifications de la phénologie des espèces et ainsi créer des décalages spatio-temporels dans les chaînes trophiques : proies et prédateurs ne seraient ainsi plus au même endroit aux périodes optimales (Edwards & Richardson, 2004). Les impacts des changements globaux touchent d'une manière ou d'une autre tous les maillons des chaînes alimentaires et entraînent parfois des effets en cascades. En mer du Nord, la croissance des Lançons (*Ammodytes marinus*) est réduite lorsque la température augmente. Or, des études ont montré que les variations d'abondance locales de ces poissons ont des répercussions importantes sur la dynamique des colonies de Mouette tridactyle (*Rissa tridactyla*) à proximité (Frederiksen *et al.*, 2004). Déjà touchées par un succès reproducteur faible et un taux de survie peu élevé, les colonies norvégiennes sont d'ailleurs en forte décroissance et pourraient même disparaître d'ici un siècle en partie à cause du réchauffement climatique (Sandvik *et al.*, 2014).

De par leur position en haut de la chaîne alimentaire et de leur longévité, les oiseaux marins constituent de bons indicateurs pour nous aider à comprendre l'impact des changements climatiques sur les écosystèmes marins (Furness & Camphuysen, 1997 ; Wanless *et al.*, 2007 ; Hazen *et al.*, 2019). Des modifications spatio-temporelles dans les migrations, des changements d'abondances et de répartition des proies ou encore des impacts sur le succès reproducteur sont déjà mesurés chez ces espèces (Jenouvrier, 2013 ; Furness, 2016).



Mouette rieuse

LES OISEAUX MARINS DES ESPACES MARINS DES PYRÉNÉES-ATLANTIQUES

LES OISEAUX MARINS

Le sud du Golfe de Gascogne possède une richesse biologique remarquable. Cette diversité est due à des conditions océanographiques particulières (embouchures de grands fleuves, canyons sous-marins, etc.), mais également à la position géographique du golfe, situé en limite de répartition de peuplements boréaux et méridionaux.

Une quarantaine d'espèces d'oiseaux marins fréquentent le sud du Golfe de Gascogne (Castège & Hémery, 2009 ; Castège & Milon, 2018 ; Figure 6). De par le caractère hautement migratoire des oiseaux marins, certaines espèces sont parfois observées de manière anecdotique, le tableau 1 récapitule les espèces les plus communément observées au large des Pyrénées-Atlantiques.

Les espaces marins des Pyrénées-Atlantiques présentent donc une grande richesse en termes d'oiseaux marins grâce à la présence d'espèces littorales (Grand cormoran *Phalacrocorax carbo* ; Cormoran huppé *Phalacrocorax aristotelis*) ou de haute mer (Mouette de Sabine *Xema sabini* ; Grand labbe *Stercorarius skua*). Des oiseaux plongeurs (Pingouin torda *Alca torda*) côtoient des espèces qui s'alimentent uniquement en surface (Océanite tempête *Hydrobates pelagicus*). Enfin, le secteur abrite des espèces à forts enjeux de protection, comme le Puffin des Baléares (*Puffinus mauretanicus*) qui est l'oiseau marin le plus menacé d'Europe.



Figure 6 : Exemple d'oiseaux marins observés au large des Pyrénées-Atlantiques : Sterne caugek (*Thalasseus sandvicensis*), Puffin des Baléares (*Puffinus mauretanicus*), Guillemots de Troïl (*Uria aalge*) et Puffins majeurs (*Ardenna gravis*). (Photos © I. Castège, E. Milon et F. Cazaban).

La répartition des espèces est aussi liée à leur comportement alimentaire et leurs aptitudes : les oiseaux marins inféodés au littoral sont pour beaucoup des plongeurs alors que les espèces au large sont plutôt de grands planeurs qui se nourrissent de poissons pélagiques.

Famille	Nom scientifique	Nom vernaculaire
Alcidae	<i>Alca torda</i>	Pingouin torda
	<i>Fratercula arctica</i>	Macareux moine
	<i>Uria aalge</i>	Guillemot de Troïl
Anatidae	<i>Melanitta nigra</i>	Macreuse noire
Gaviidae	<i>Gavia arctica</i>	Plongeon arctique
	<i>Gavia immer</i>	Plongeon imbrin
	<i>Gavia stellata</i>	Plongeon catmarin
Laridae	<i>Chlidonias niger</i>	Guifette noire
	<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	Mouette rieuse
	<i>Hydrocoloeus minutus</i>	Mouette pygmée
	<i>Ichthyaeetus melanocephalus</i>	Mouette mélanocéphale
	<i>Larus argentatus</i>	Goéland argenté
	<i>Larus canus</i>	Goéland cendré
	<i>Larus fuscus</i>	Goéland brun
	<i>Larus marinus</i>	Goéland marin
	<i>Larus michahellis</i>	Goéland leucophée
	<i>Rissa tridactyla</i>	Mouette tridactyle
	<i>Sterna hirundo</i>	Sterne pierregarin
	<i>Thalasseus sandvicensis</i>	Sterne caugek
	<i>Xema sabini</i>	Mouette de Sabine
Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	Cormoran huppé
	<i>Phalacrocorax carbo</i>	Grand cormoran
Procellariidae	<i>Ardeanna gravis</i>	Puffin majeur
	<i>Ardeanna grisea</i>	Puffin fuligineux
	<i>Calonectris borealis</i>	Puffin cendré
	<i>Calonectris diomedea</i>	Puffin de Scopoli
	<i>Fulmarus glacialis</i>	Fulmar boréal
	<i>Hydrobates leucorhous</i>	Océanite cul-blanc
	<i>Hydrobates pelagicus</i>	Océanite tempête
	<i>Puffinus mauretanicus</i>	Puffin des Baléares
Scolopacidae	<i>Phalaropus fulcarius</i>	Phalarope à bec large
	<i>Phalaropus lobatus</i>	Phalarope à bec étroit
Stercorariidae	<i>Stercorarius skua</i>	Grand Labbe
	<i>Stercorarius parasiticus</i>	Labbe parasite
	<i>Stercorarius pomarinus</i>	Labbe pomarin
Sulidae	<i>Morus bassanus</i>	Fou de Bassan

Tableau 1 : Principales espèces d'oiseaux marins observées dans le sud du Golfe de Gascogne.



Bécasseau variable.

LES LIMICOLES

De nombreuses espèces de limicoles fréquentent les estrans, les estuaires, les lacs et baies des Pyrénées-Atlantiques. Plusieurs zones littorales sont propices à leur accueil : les lacs d'Izadia (Anglet), les rochers de Biarritz, les estrans rocheux de la côte basque, la baie de Txingudi... (Figure 7).

Parmi les secteurs d'accueil de l'avifaune migratrice, l'estuaire de la Bidassoa et son île aux oiseaux bordée d'herbiers et de vasières (baie de Txingudi) est le principal en zone côtière des Pyrénées-Atlantiques. Cet estuaire frontalier avec l'Espagne est bien connu pour accueillir de nombreuses espèces d'oiseaux marins, de limicoles et d'anatidés (Carbonnaux, 2005). À proximité, côté espagnol, le Parc Écologique de Plaiaundi a recensé plus de 250 espèces d'oiseaux dans l'ensemble de l'estuaire (Arizaga, 2019).

Au nord du département des Pyrénées-Atlantiques, le parc Écologique d'Izadia et ses deux lacs, dont l'un est relié au fleuve Adour, abrite également une grande diversité d'oiseaux et sert de halte ou de refuge pour des oiseaux marins : Mouette rieuse, Goéland leucophée, Grand cormoran...

Le tableau 2 récapitule les principales espèces de limicoles et d'anatidés observées sur le littoral des Pyrénées-Atlantiques, notamment dans l'estuaire de la Bidassoa, principale zone d'accueil côtière de l'avifaune migratrice. Tout comme pour les oiseaux marins, cette liste n'est pas exhaustive et rassemble les espèces les plus communes. Les limicoles ne seront pas pris en compte dans les analyses ultérieures.

Famille	Nom scientifique	Nom vernaculaire
Anatidae	<i>Anas platyrhynchos</i>	Canard colvert
	<i>Anser anser</i>	Oie cendrée
	<i>Branta bernicla</i>	Bernache cravant
	<i>Mareca strepera</i>	Canard chipeau
Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	Grande Aigrette
	<i>Ardea cinerea</i>	Héron cendré
	<i>Bubulcus ibis</i>	Héron garde-bœufs
	<i>Egretta garzetta</i>	Aigrette garzette
Charadriidae	<i>Charadrius dubius</i>	Petit gravelot
	<i>Charadrius hiaticula</i>	Grand Gravelot
	<i>Pluvialis squatarola</i>	Pluvier argenté
	<i>Vanellus vanellus</i>	Vanneau huppé
Hematopodidae	<i>Haematopus ostralegus</i>	Huîtrier pie
Podicipedidae	<i>Podiceps auritus</i>	Grèbe esclavon
	<i>Podiceps cristatus</i>	Grèbe huppé
	<i>Podiceps nigricollis</i>	Grèbe à cou noir
	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	Grèbe castagneux
Recurvirostridae	<i>Himantopus himantopus</i>	Échasse blanche
	<i>Recurvirostra avosetta</i>	Avocette élégante
Scolopacidae	<i>Actitis hypoleucos</i>	Chevalier guignette
	<i>Arenaria interpres</i>	Tournepierre à collier
	<i>Calidris alba</i>	Bécasseau sanderling
	<i>Calidris alpina</i>	Bécasseau variable
	<i>Calidris canutus</i>	Bécasseau maubèche
	<i>Calidris maritima</i>	Bécasseau violet
	<i>Gallinago gallinago</i>	Bécassine des marais
	<i>Limosa lapponica</i>	Barge rousse
	<i>Limosa limosa</i>	Barge à queue noire
	<i>Numenius arquata</i>	Courlis cendré
	<i>Numenius phaeopus</i>	Courlis corlieu
	<i>Tringa nebularia</i>	Chevalier aboyeur
	<i>Tringa totanus</i>	Chevalier gambette

Tableau 2 : Extrait des principales espèces de limicoles et oiseaux d'eau observées sur le littoral des Pyrénées-Atlantiques.



Figure 7 : Exemple d'espèces de limicoles observées sur le littoral des Pyrénées-Atlantiques. Huîtrier pie (*Haematopus ostralegus*), Tournepierre à collier (*Arenaria interpres*), Bécasseau sanderling (*Calidris alba*).

Photos © E. Milon, F. Cazaban et I. Castège.



Émile Milon

Figure 8a : Les seules colonies de reproduction du Cormoran huppé (*Phalacrocorax aristotelis*) dans le sud Atlantique français se situent dans les Pyrénées-Atlantiques, ici à Hendaye.



Émile Milon

Figure 8b : Le Goéland leucophée (*Larus michahellis*) est l'un des principaux oiseaux marins reproducteurs du littoral des Pyrénées-Atlantiques, ici à Biarritz.

LES OISEAUX NICHEURS

Trois principales espèces marines sont connues pour se reproduire sur le littoral des Pyrénées-Atlantiques. Le Cormoran huppé (*Phalacrocorax aristotelis*) niche sur les rochers des « Deux Jumeaux » à Hendaye, au sein du domaine d'Abbadia (Figure 8a). Il s'agissait de l'unique site de reproduction de l'espèce localement (Cazaban & Castège, 2015) mais en 2021 un couple s'est reproduit avec succès pour la première fois sur la Roche Ronde à Biarritz.

Ensuite, l'une des plus grandes colonies en Atlantique français de Goéland leucophée (*Larus michahellis*) est partagée entre les rochers

d'Hendaye et de Biarritz (Figure 8b) où environ 130 couples sont répertoriés (Milon & Castège, 2015). La colonisation du littoral des Pyrénées-Atlantiques a débuté dans les années 2000 avec des individus en provenance des colonies cantabriques (Castège *et al.*, 2016).

Enfin, l'Océanite tempête (*Hydrobates pelagicus*) se reproduisait à Biarritz, seule colonie dans le sud du Golfe de Gascogne, jusqu'en 2010 (Castège, 2015). Les falaises ainsi que les rochers inaccessibles à l'homme des Pyrénées-Atlantiques sont autant d'habitats favorables pour la reproduction des oiseaux marins.

LES MIGRATIONS D'OISEAUX TERRESTRES

Chez les oiseaux, la migration regroupe l'ensemble des mouvements saisonniers d'une espèce ou d'une population entre une aire de reproduction et une aire d'hivernage distincte. Ces déplacements cycliques se reproduisent d'année en année, mais peuvent évoluer au cours du temps. Ainsi, une espèce migratrice effectue tous les ans une migration de printemps dite prénuptiale en direction de sa zone de reproduction, suivie d'une migration d'automne, dite postnuptiale vers ses quartiers d'hivernage en sens inverse. Ces mouvements répétés sont le fruit d'une stratégie qui permet d'optimiser l'utilisation de ressources qui sont variables dans le temps et dans l'espace.

En Europe, il existe deux principales voies de migration pour les migrateurs terrestres. Ces deux voies sont contraintes par la présence de la Méditerranée qui représente une barrière géographique majeure pour les migrateurs terrestres hivernant sur le continent africain. Malgré leur capacité à se déplacer sur de longues distances sans étape, les migrateurs terrestres ont, pour la plupart, une aversion à traverser de grandes étendues d'eau qui les privent de la possibilité de se poser en cas d'urgence ou bien des ascendances thermiques pour les planeurs. Ainsi, deux points de passage concentrent un maximum de migrateurs en route vers l'Afrique, puis de retour en Europe : le détroit de Gibraltar pour la voie occidentale et le détroit du Bosphore (Istanbul) pour la voie orientale. Une voie secondaire emprunte le détroit de Messine. La voie de migration occidentale traverse largement la France.

Les migrateurs empruntent une direction générale nord-est / sud-ouest avant de venir buter contre l'océan Atlantique à l'ouest et les Pyrénées au sud. Pour de nombreux migrateurs, les Pyrénées représentent une barrière imposante à traverser, spécialement en migration postnuptiale. Pour éviter de traverser par la partie la plus haute, la plupart des migrateurs vont franchir cet obstacle par l'extrémité occidentale et son relief moins important. De ce fait, les Pyrénées-Atlantiques concentrent une part considérable des migrateurs empruntant la voie de migration occidentale (Dupuy, 2018).

Lors de leurs déplacements saisonniers, certaines espèces d'oiseaux terrestres sont confrontées à la traversée de larges étendues d'eau qui représentent une barrière géographique majeure dans leur migration. Le littoral des Pyrénées-Atlantiques est situé sur un axe de migration important pour les passereaux. Une partie des migrateurs longent la côte atlantique puis coupent à travers le Golfe de Gascogne pour rejoindre les côtes basques espagnoles. La présence de navires et structures en mer peut permettre à des passereaux de se reposer lors de cette migration périlleuse. Néanmoins, la nuit, les migrateurs nocturnes peuvent être attirés, et donc détournés, de leur axe migratoire par la lumière générée par les activités nocturnes des navires.

Lors des suivis en mer réalisés de 2011 à 2021 l'espèce majoritaire est l'Alouette des champs (*Alauda arvensis* ; Figure 9). Cette espèce est observée en mer lors de sa migration entre les zones de reproduction nordiques et ses zones d'hivernages (Péninsule ibérique, Maghreb...). L'Alouette des champs, le Pipit farlouse (*Anthus pratensis*), l'Hirondelle rustique/de cheminée (*Hirundo rustica*), le Martinet noir (*Apus apus*), etc. sont également observés sur les zones de suivi littorales de la pointe du Cap Ferret et de Grave dans le département de la Gironde (Dupuy, 2018).

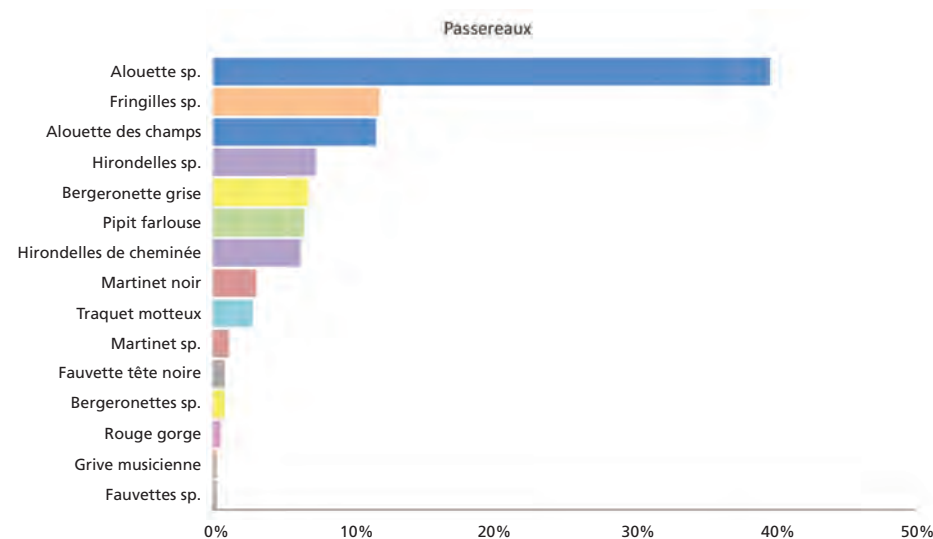


Figure 9 : Proportion des différents taxons d'oiseaux terrestres observés lors des suivis en mer entre 2011 et 2021.



MÉTHODOLOGIE

LE PROGRAMME ERMMA

Les données présentées dans cette étude sont issues du programme ERMMA (Environnement et Ressources des Milieux Marins Aquitains), porté par le Centre de la Mer de Biarritz, qui réunit une dizaine de partenaires privés ou publics (Muséum National d'Histoire Naturelle, Université de Pau et des Pays de l'Adour, Météo-France, Affaires maritimes, Douanes Françaises, Marine Nationale, Gendarmerie Maritime, Institut des Milieux Aquatiques, LAPHY, Comité Régional des Pêches Maritimes et des Élevages Marins) dont les compétences sont indispensables au développement d'études pluridisciplinaires. Ce programme repose sur la mise en place de suivis standardisés sur les principaux maillons des chaînes alimentaires (plancton, faune benthique, poisson, cétagés, oiseaux marins).

Ainsi, les populations d'oiseaux marins sont suivies depuis 1976 d'après un protocole standardisé initié par le Muséum National d'Histoire Naturelle. Chaque mois, des observateurs du programme ERMMA embarquent à bord des vedettes des Garde-côtes afin de prospecter les eaux du Golfe de Gascogne avec un protocole standardisé reposant sur des transects linéaires (Castège *et al.*, 2004, 2007 ; Hémerly *et al.*, 2008 ; Castège & Hémerly, 2009 ; De Casamajor *et al.*, 2009 ; Castège & Milon, 2018... Figure 10). Les informations collectées dans le cadre de ce suivi ont activement participé à la définition des Aires Marines Protégées ainsi qu'à leur mise à jour.



Figure 10a : Type de vedette utilisée lors des transects (ici Marine Nationale, A713 « Aramis »), observateurs embarqués sur le pont supérieur. (Photos © I. Castège).

Zone de prospection

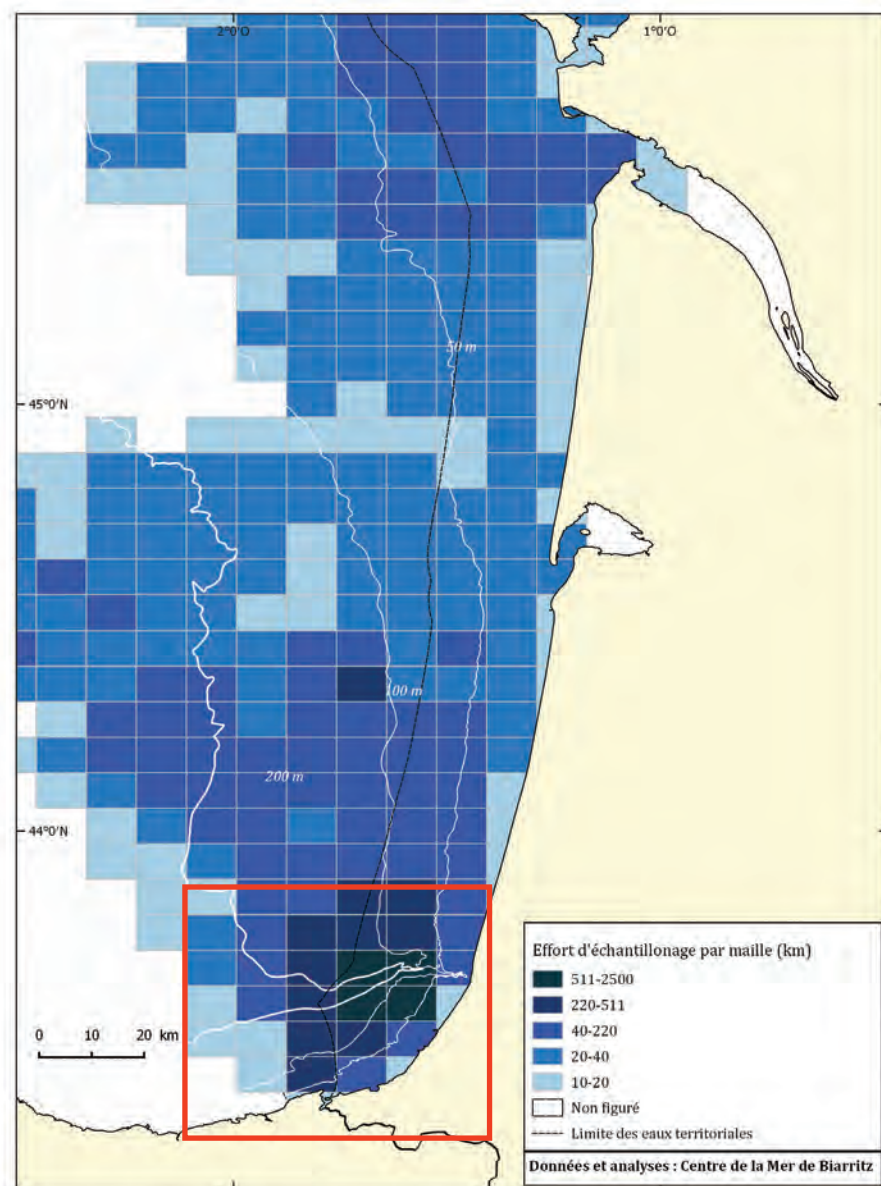


Figure 10b : Exemple de carte de prospection, ici pour la période 2003-2015. Le cadre figure la zone d'étude.

La très forte antériorité des suivis biologiques menés par l'ERMMA (45 ans de données) permet en outre d'aborder des questions d'évolution et de vulnérabilité des populations aux activités humaines, comme les marées noires (Castège *et al.*, 2004, 2007, 2014), les énergies marines renouvelables (Milon & Castège, 2016b, 2016c), ou encore de mettre en lumière les liens avec les changements océano-climatiques (Hémery *et al.*, 2008 ; Sautour *et al.*, 2013 ; Milon & Castège, 2016a ; Castège & Milon, 2018).

ANALYSES DES DONNÉES

CARTOGRAPHIE

Étape n°1 : sélection des observations

Au préalable, seules les observations effectuées dans des conditions standardisées sont conservées. Selon la biologie de l'espèce, certaines données d'observations effectuées en présence d'autres navires (notamment en action de pêche) sont éliminées afin d'éviter les effets d'attraction et de concentration artificielle d'abondance (Garthe & Hüppop, 1994 ; Hyrenbach, 2001 ; Spear *et al.*, 2004).

Étape n°2 : regroupement des données par mailles géographiques carrées

Les données ponctuelles de départ sont regroupées par mailles géographiques carrées de 3 milles nautiques de côté (soit une surface de 30,87 km²). Après regroupement des données, les mailles n'ayant pas été suffisamment prospectées (une seule visite, soit moins de 11 minutes d'observation compte tenu de la vitesse moyenne des navires) et/ou présentant une variabilité de l'abondance trop importante (écart-type/nombre moyen d'individu > 10) sont éliminées. Ainsi, seuls sont représentés les phénomènes réguliers et non pas occasionnels. Ces critères de sélection ne sont pas appliqués pour les espèces pour lesquelles les observations dans les conditions standardisées en mer sont peu nombreuses.

Étape n°3 : interpolation

Les données sont ensuite interpolées selon la technique IDW (Pondération Inverse à la Distance) afin de proposer une répartition la plus exacte et réaliste possible des différentes espèces. L'interpolation spatiale en géostatistique consiste à reconstruire les valeurs d'une variable régionalisée sur un domaine à partir d'échantillons connus en un nombre limité de points. La technique de l'interpolation s'appuie donc sur des échantillons connus. Des courbes d'isovaleurs présentant les mêmes classes d'abondances que l'interpolation ont été ajoutées à intervalles réguliers pour renforcer le visuel des cartes.

Les zones indiquées « non figurées » sont soit non prospectées, soit éliminées pour une espèce donnée par les différents filtres exposés ci-dessus (présence de navires, maille avec une trop forte variabilité de l'abondance et/ou un temps de prospection insuffisant).

Les cartes couvrent la période 2011-2021 et ont été réalisées sous le logiciel de Système d'Information Géographique (SIG) QGIS 3.6 « Noosa » selon une projection en WGS84.

ÉVOLUTIONS ET CALENDRIER D'ABONDANCE

L'évolution de l'abondance au cours du temps est analysée dans l'aire fréquentée par une espèce (AFE) qui est propre à chaque espèce. L'AFE se compose de toutes les mailles géographiques pour lesquelles l'espèce a été observée au moins une fois dans la période d'années considérées et à la saison du cycle annuel choisie. Elle se limite naturellement à la surface prospectée sur le terrain. L'évolution des abondances moyennes est calculée sur l'ensemble du jeu de données (1976-2021).

La phénologie des espèces se traduit sous la forme d'un calendrier mensuel, exprimé en nombre moyen d'individu par mille nautique prospecté (Figure 11). Les calendriers d'abondance sont réalisés sur les 10 dernières années (2011-2021). Ces deux types d'analyse sont chacune accompagnées d'une barre d'erreur standard indiquant la variabilité des effectifs. Les tests de tendance ont été effectués avec le test de Kendall sous le logiciel XLS Stat (Addinsoft, 2022).

Océanite tempête

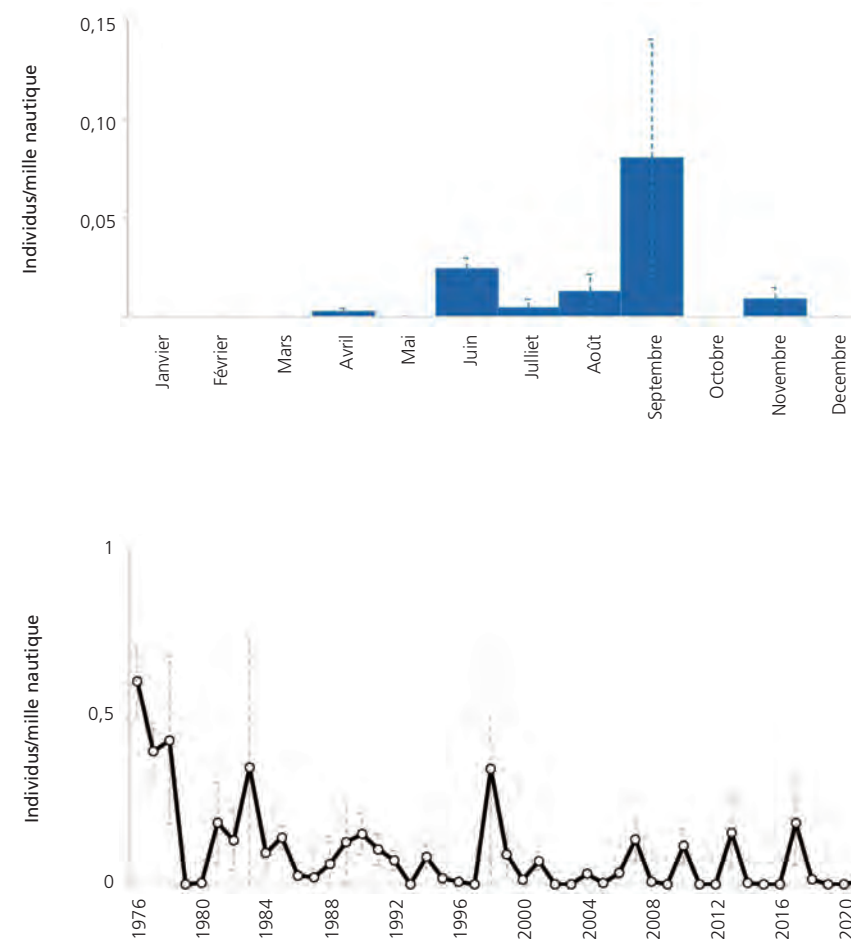


Figure 11 : Exemple d'un calendrier d'abondance (en haut) et d'une courbe d'évolution interannuelle (en bas). Les deux graphiques s'expriment par nombre d'individus observés par mille nautique parcouru. Les barres verticales en pointillés représentent l'erreur standard.



Iker Castège

Goélands.

MESURER LE CLIMAT LOCAL

Le climat des Pyrénées-Atlantiques est naturellement la composante d'un système beaucoup plus vaste, de dimension planétaire. Ainsi, le changement climatique largement décrit à l'échelle du globe se décline au niveau des Pyrénées-Atlantiques. Pour caractériser les changements océano-climatiques dans la zone d'étude, les équipes scientifiques du programme ERMMA ont mis en place un indice océano-climatique régional (Hémery *et al.*, 2008 ; Castège & Hémery 2009 ; Castège & Milon, 2018).

Cette approche globale consiste à prendre en compte simultanément les caractéristiques physiques de l'atmosphère (température, pression, etc.) ainsi que celles de l'océan (agitation de la mer, etc.) qui déterminent la production planctonique et donc le développement des réseaux

trophiques. L'utilisation d'indices océanographiques pour tester l'influence du climat sur les écosystèmes marins est très répandue (Hémery *et al.*, 2008 ; García-Reyes & Sydeman, 2017 ; Sydeman *et al.*, 2014). Ainsi, les précédents travaux ont démontré que l'indice local, appelé SBC (South Biscay Climate) permettait de mieux expliquer les évolutions locales des espèces marines en lien avec les changements océano-climatiques, qu'un indice plus large comme le NAO.

Toutes ces variables, obtenues en collaboration avec la station de Météo France de Biarritz, ont été synthétisées par une analyse en composantes principales en une variable globale : l'indice SBC (Figure 12). Les valeurs négatives de l'indice multivarié SBC caractérisent une année avec des conditions dépressionnaires marquées (fortes précipitations, températures basses, mer agitée par exemple en hiver) alors que les valeurs positives caractérisent des conditions anticycloniques (température annuelle plus élevée, forte insolation, mer calme par exemple).

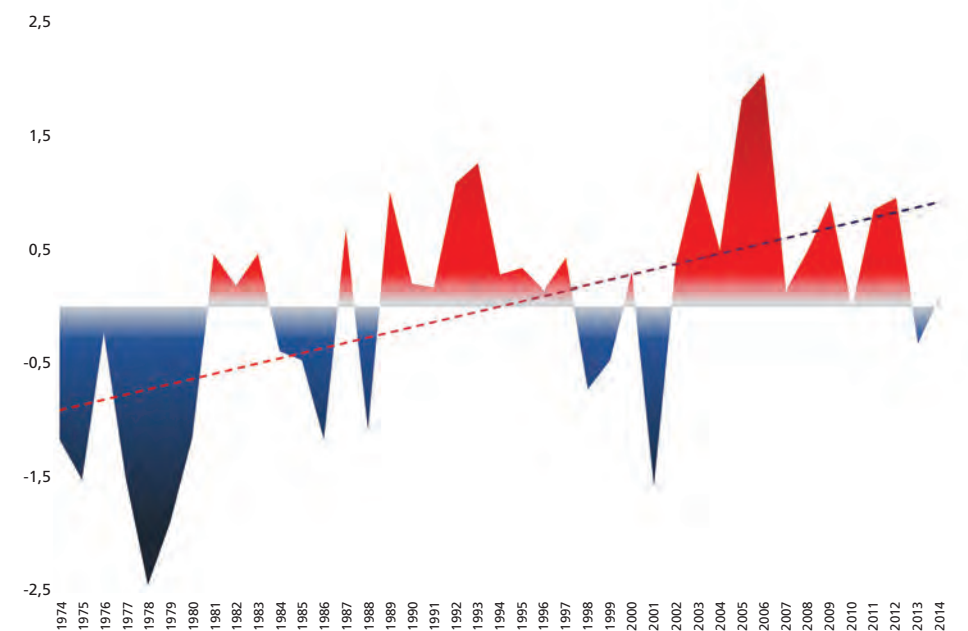


Figure 12 : Évolution de l'indice océano-climatique multivarié SBC (South Biscay climate) de 1974 à 2014 (Castège & Milon, 2018).



Mouette rieuse

RÉSULTATS

FICHES ESPÈCES

Parmi la quarantaine d'espèces d'oiseaux marins qui fréquentent les eaux des Pyrénées-Atlantiques, 14 espèces ont été sélectionnées pour des analyses détaillées sur leur phénologie, leur répartition et leurs évolutions d'abondances. Ces espèces sont présentées ci-après.

Chaque fiche espèce synthétise les informations suivantes :

- Statuts de protection en France métropolitaine (source : <https://inpn.mnhn.fr> et UICN France *et al.*, 2016 ; Figure 13)
- Calendriers d'abondance (2011-2021)
- Évolution internannuelle (1976-2021)
- Carte de répartition (2011-2021)
- Interprétation synthétique.

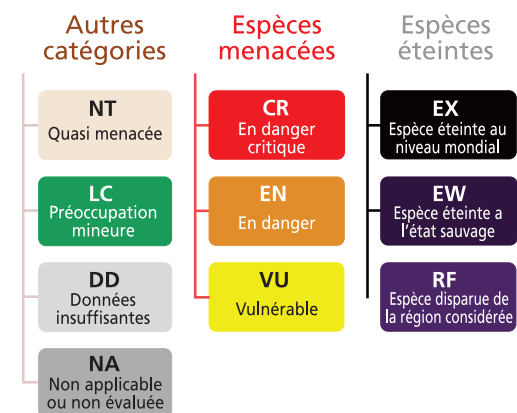


Figure 13 : Catégories utilisées pour classer les espèces en fonction de leur statut de conservation. (D'après UICN France *et al.*, 2016).



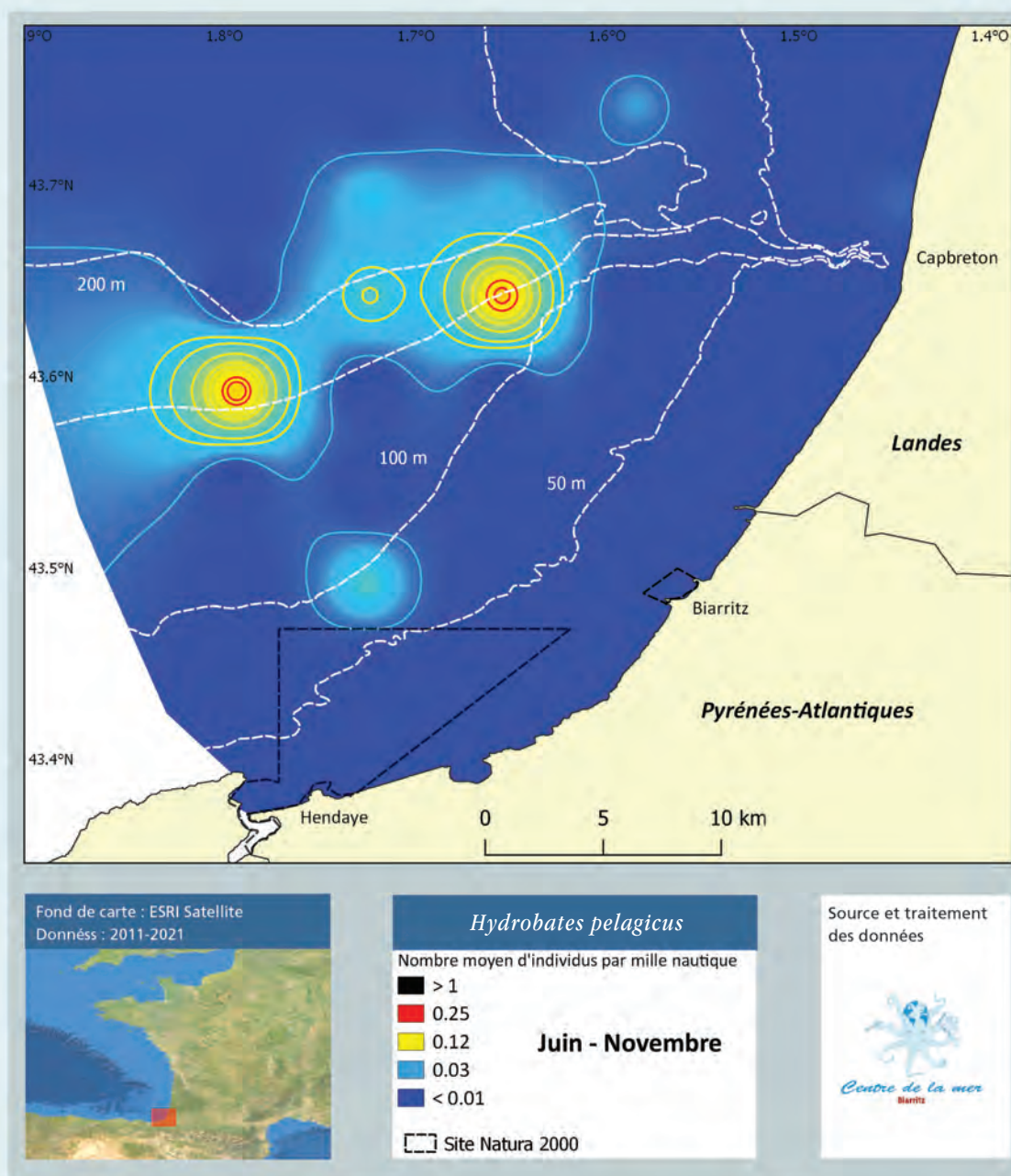
OCÉANITE TEMPÊTE

(Hydrobates pelagicus)

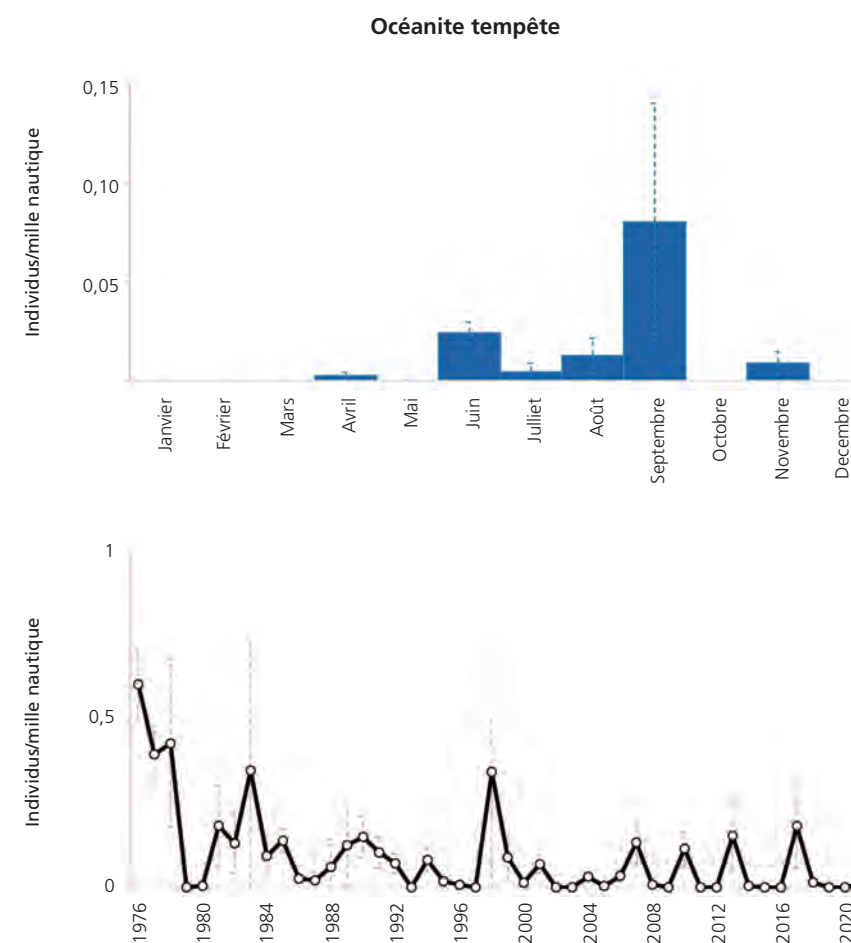


Statut réglementaire			Statut UICN France
Conventions	Directive Oiseaux	Protection nationale	NA
Berne : Annexe II	Annexe I	Protégée	De passage

Répartition de l'Océanite tempête au large des Pyrénées-Atlantiques et Sud des Landes



L'Océanite tempête est observé essentiellement de juin à novembre et notamment au niveau du Gouf de Capbreton au-delà de l'isobathe des 200 m de profondeur. L'espèce va se rapprocher des côtes à la faveur de la nuit (d'Elbée *et al.*, 2001). L'Océanite tempête s'est reproduit sur le littoral de Biarritz jusque dans les années 2010. Ses abondances en mer ont diminué de manière significative (entre 1976 et 2021 $\tau = -0,372$; $p < 0,001$) en lien avec les changements océano-climatiques (Hémery *et al.*, 2008).





T. Sigurgeirsson



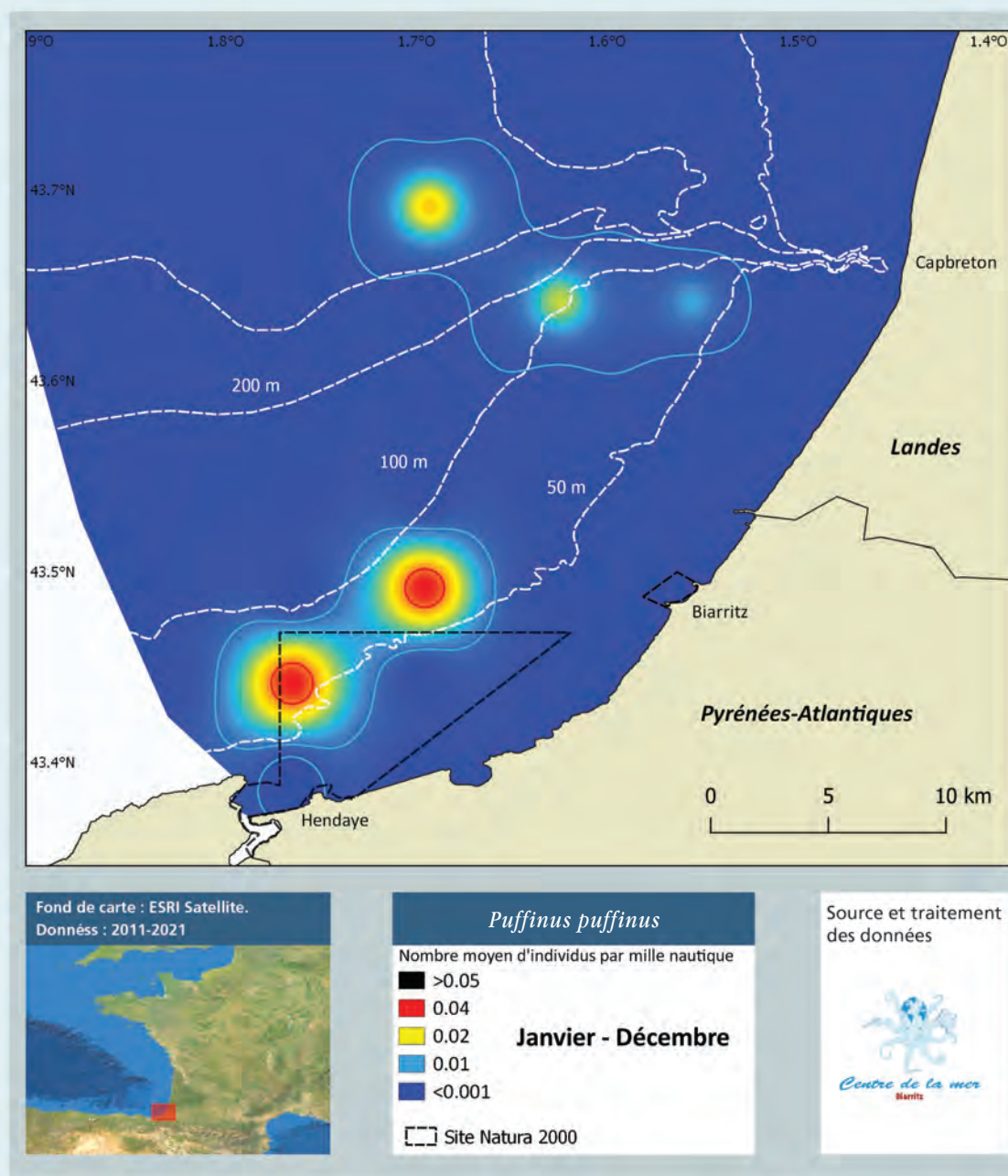
PUFFIN DES ANGLAIS

(Puffinus puffinus)



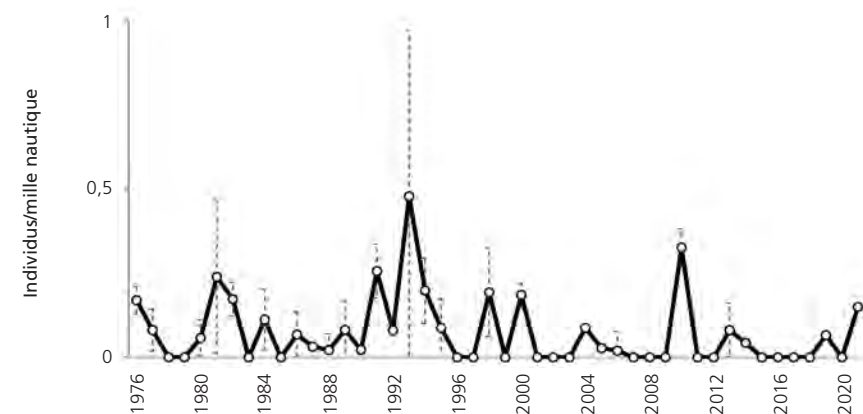
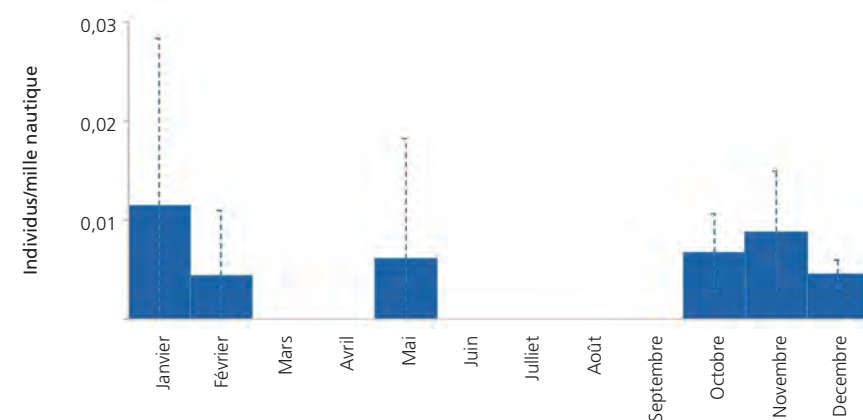
Statut réglementaire			Statut UICN France
Conventions	Directive Oiseaux	Protection nationale	NA
Berne : Annexe II	Art.4.2	Protégée	De passage

Répartition du Puffin des Anglais au large des Pyrénées-Atlantiques et Sud des Landes



Le Puffin des Anglais est surtout présent durant sa migration d'automne bien que de rares individus soient observés à d'autres mois de l'année. Ces dix dernières années, il est observé au sud des Pyrénées-Atlantiques entre les isobathes de 50 et 100 m ainsi que sur le Gouf de Capbreton. Le Puffin des Anglais est souvent observé en individus isolés, seuls ou mêlés à des radeaux de Puffins des Baléares (*Puffinus mauretanicus*) ou fuligineux (*Ardenna grisea*). Les faibles effectifs ne permettent pas de détecter une tendance dans le secteur d'étude.

Puffin des Anglais





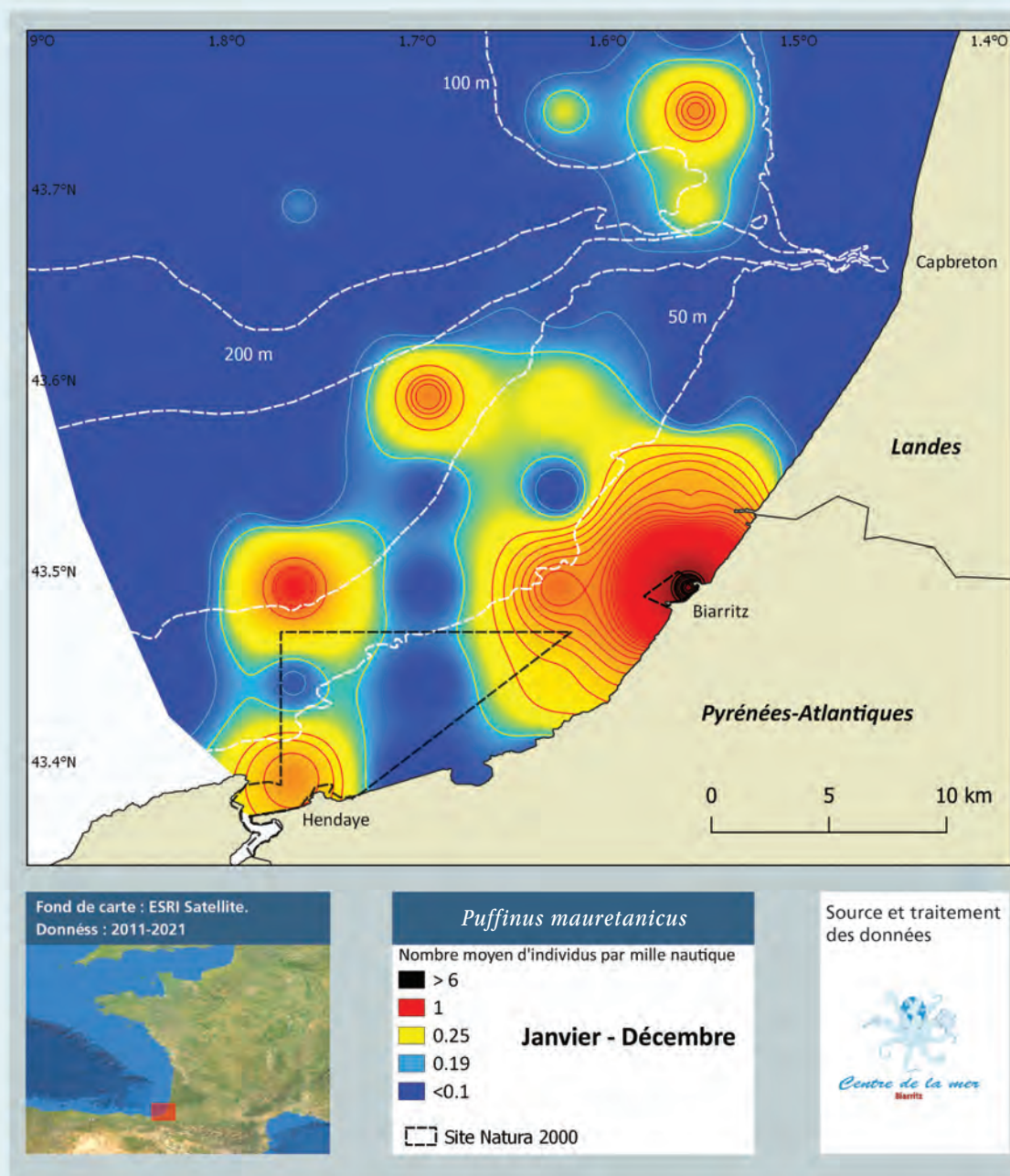
PUFFIN DES BALÉARES

(Puffinus mauretanicus)



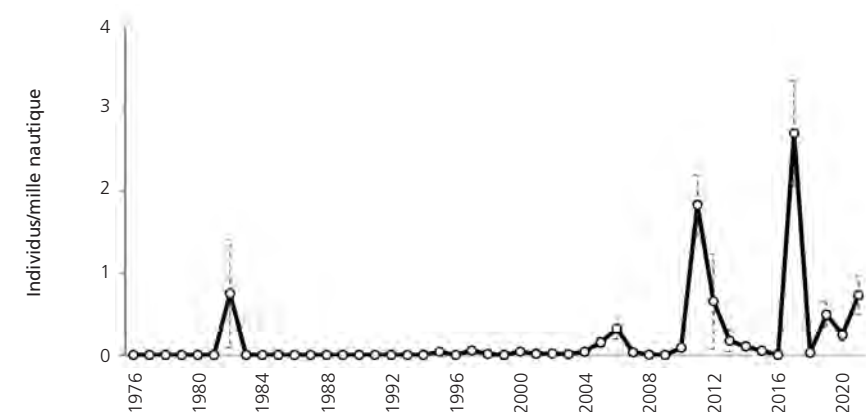
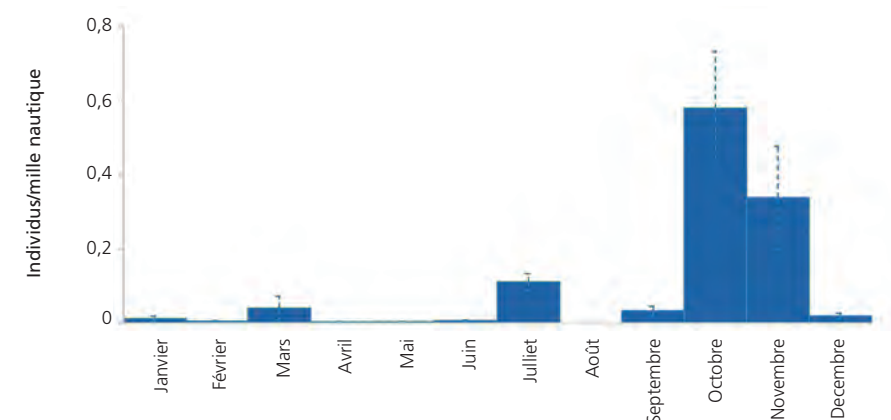
Statut réglementaire			Statut UICN France
Conventions	Directive Oiseaux	Protection nationale	VU
Berne : Annexe II Bonn : Annexe I OSPAR	Annexe I	Protégée	De passage

Répartition du Puffin des Baléares au large des Pyrénées-Atlantiques et Sud des Landes



Le Puffin des Baléares est le puffin le plus abondant et régulier. Des individus isolés ou des radeaux de grande envergure sont observés essentiellement entre juin et novembre, avec un pic en octobre et novembre. Toutefois des individus non nicheurs passent l'hiver dans le secteur. Du fait du statut de conservation très défavorable du Puffin des Baléares, les espaces marins des Pyrénées-Atlantiques portent une forte responsabilité vis-à-vis de la préservation de l'espèce. Les abondances en mer se sont accrues de manière significative dans le secteur (entre 1976 et 2021 $\tau = + 0,570$; $p < 0,001$).

Puffin des Baléares





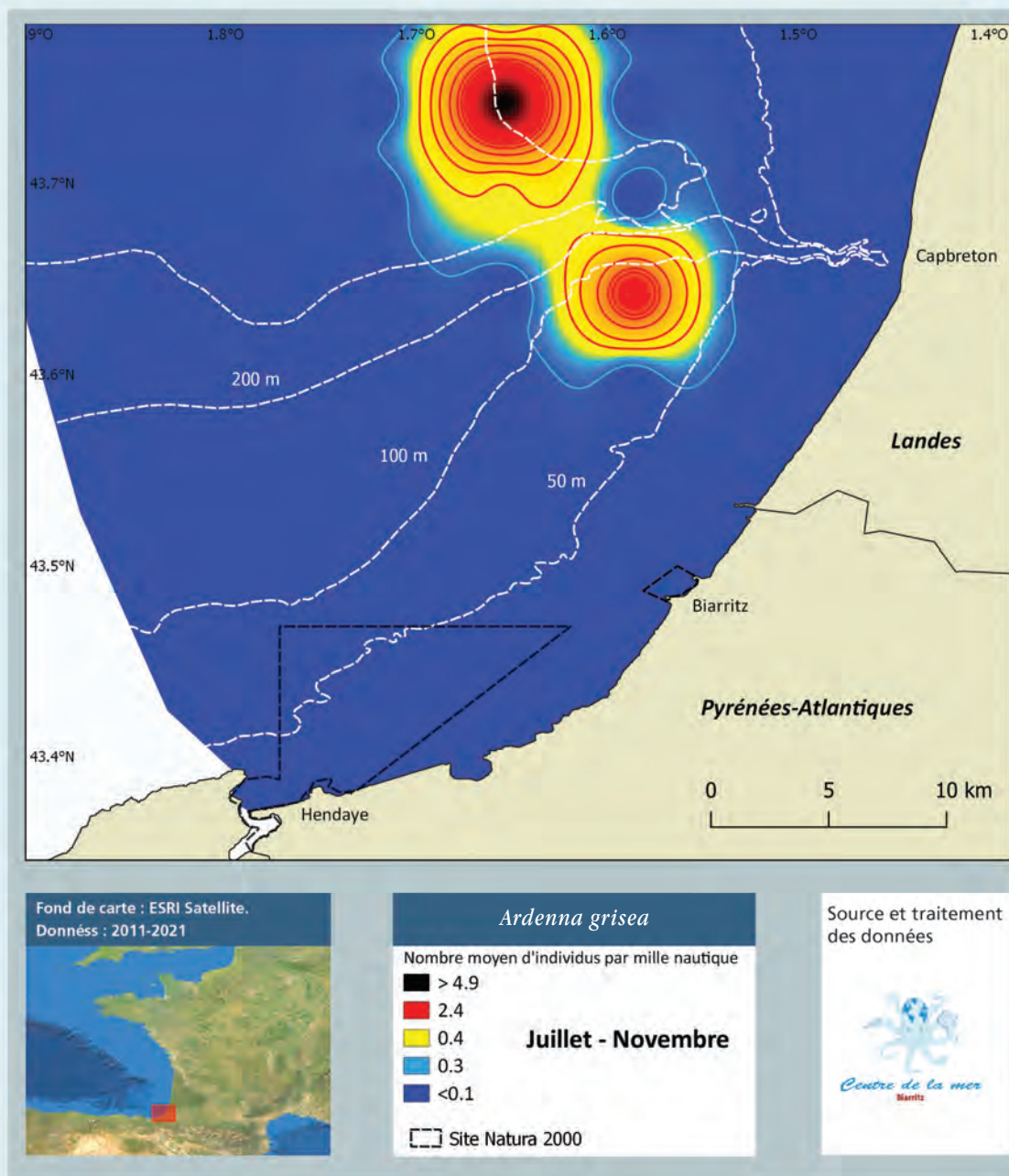
PUFFIN FULIGINEUX

(Ardenna grisea)



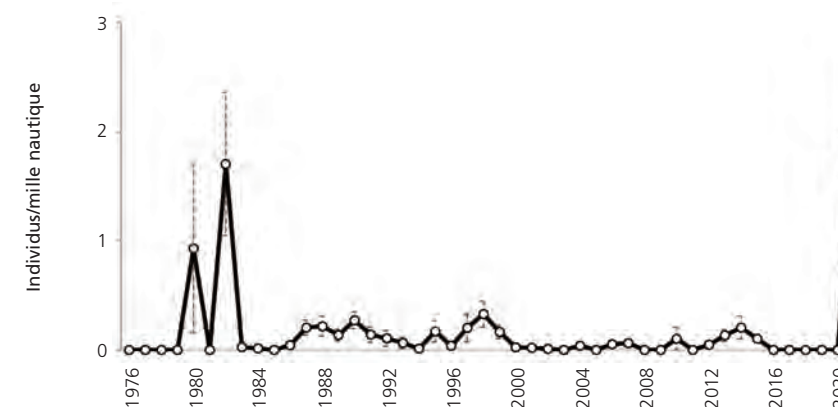
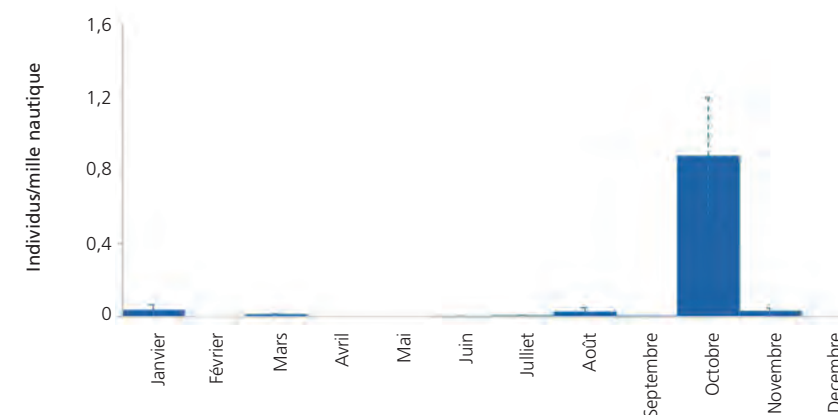
Statut réglementaire			Statut UICN France
Conventions	Directive Oiseaux	Protection nationale	NA
Berne : Annexe II	Art.4.2	Protégée	De passage

Répartition du Puffin fuligineux au large des Pyrénées-Atlantiques et Sud des Landes



Le Puffin fuligineux est présent de manière hétérogène et marginale dans le secteur. C'est une espèce hauturière qui ne s'aventure que rarement près des côtes sauf à la faveur du Gouf de Capbreton ou de tempêtes. Le calendrier de présence reflète des apparitions exceptionnelles au printemps, rares en été, plus régulières lors de la migration d'automne avec un pic en octobre. De par les observations erratiques de cette espèce migratrice transéquatoriale, aucune tendance n'a été mise en évidence, toutefois des effectifs importants ont été observés en fin d'année 2021 après plusieurs années de très faibles abondances.

Puffin fuligineux





GRAND CORMORAN

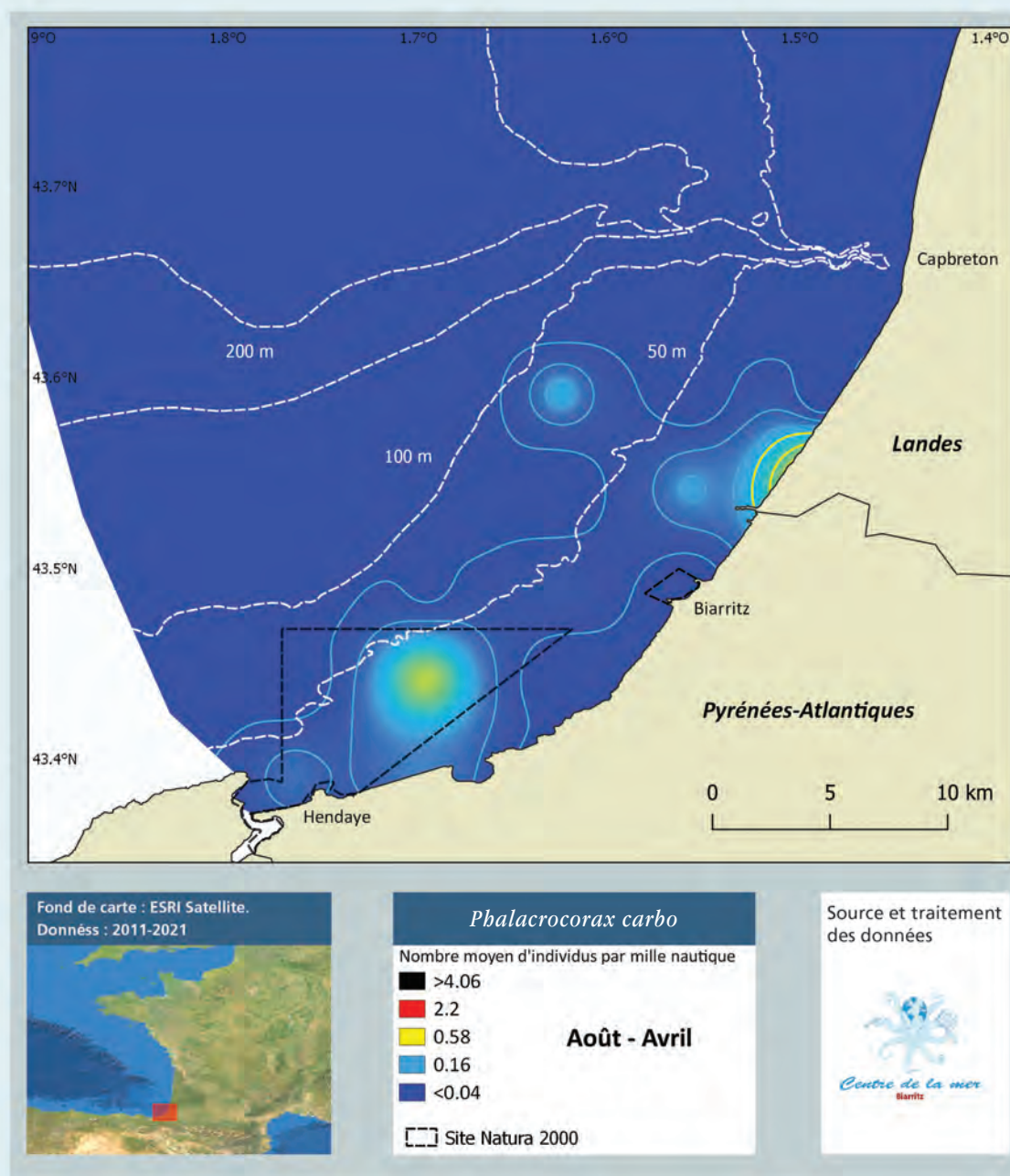
(Phalacrocorax carbo)



Émile Milon

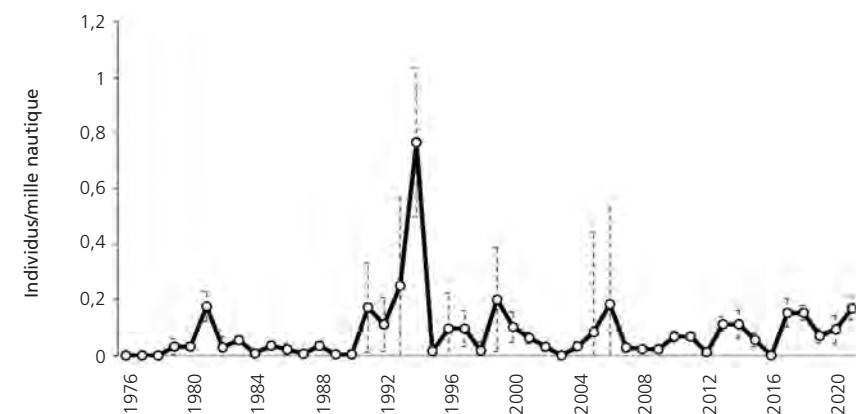
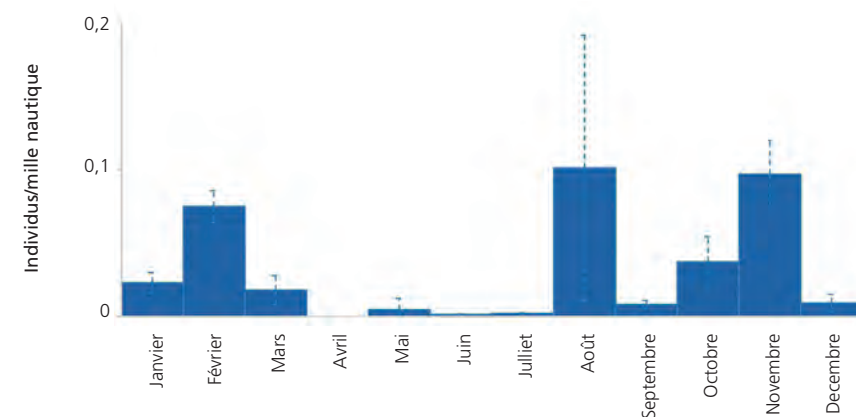
Statut réglementaire			Statut UICN France
Conventions	Directive Oiseaux	Protection nationale	LC Hivernant
Berne : Annexe III Bonn : Accord AEWA	Art.4.2	Protégée	

Répartition du Grand cormoran au large des Pyrénées-Atlantiques et Sud des Landes



Le Grand cormoran fréquente les baies et les estuaires des Pyrénées-Atlantiques. Il est présent toute l'année avec des pics de présence entre août et avril. En mer, il reste à proximité de la côte et le long de l'isobathe des 50 m. Moins marin que le Cormoran huppé (*Phalacrocorax aristotelis*), on le rencontre pourtant un peu plus au large lors de ses migrations. Une augmentation de ses effectifs en mer est notée entre 1976 et 2021 ($\tau = +0,229$; $p = 0,027$).

Grand cormoran





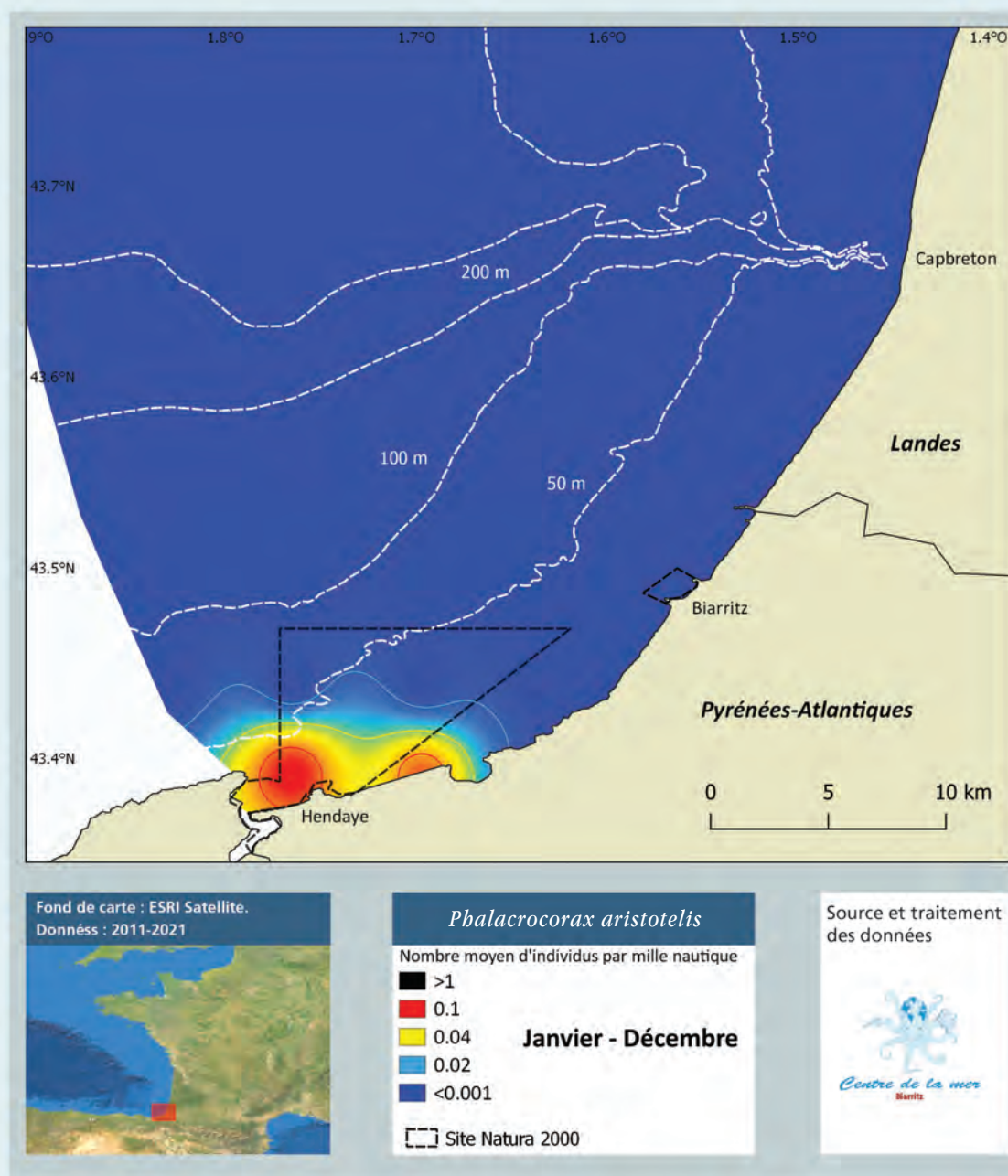
CORMORAN HUPPÉ

(Phalacrocorax aristotelis)

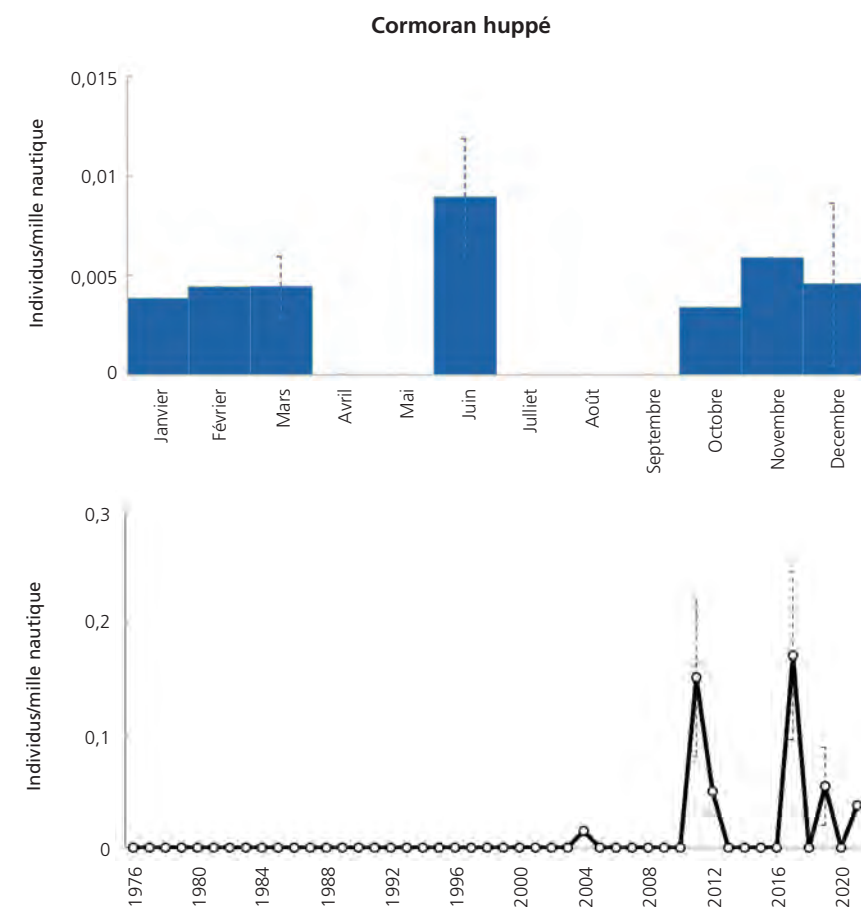


Statut réglementaire			Statut UICN France
Conventions	Directive Oiseaux	Protection nationale	LC
Berne : Annexe III	Art.4.2	Protégée	Nicheur

Répartition du Cormoran huppé au large des Pyrénées-Atlantiques et Sud des Landes



Le Cormoran huppé est un oiseau plutôt sédentaire qui niche sur le littoral des Pyrénées-Atlantiques depuis les années 2000. Entre trois à cinq couples sont observés sur les rochers des Deux Jumeaux à Hendaye, en cohabitation avec les Goélands leucophées (*Larus michahellis*). En 2021 un couple s'est reproduit pour la première fois sur la Roche Ronde à Biarritz. Les Pyrénées-Atlantiques accueillent les seuls sites de nidification du Cormoran huppé de tout le sud Atlantique français. En mer, le Cormoran huppé est observé dans une zone aux abords de sa colonie principale. Ses abondances relatives ont augmenté depuis 1976 ($\tau = +0,364$; $p = 0,003$), probablement en lien avec sa colonisation locale.





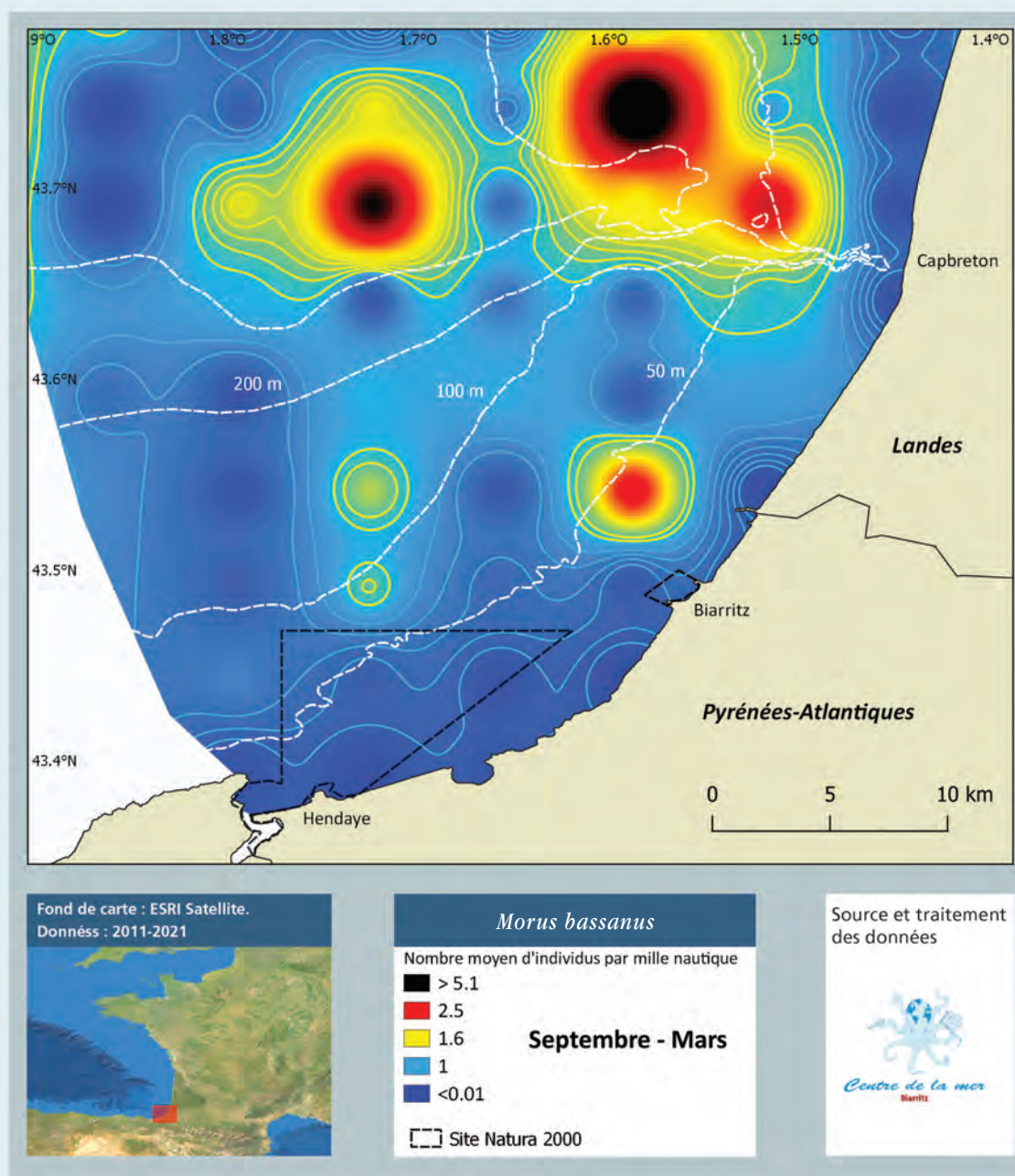
FOU DE BASSAN

(Morus bassanus)



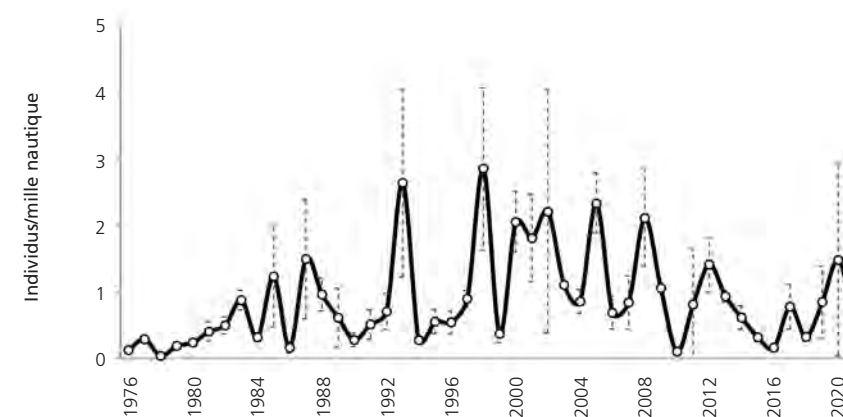
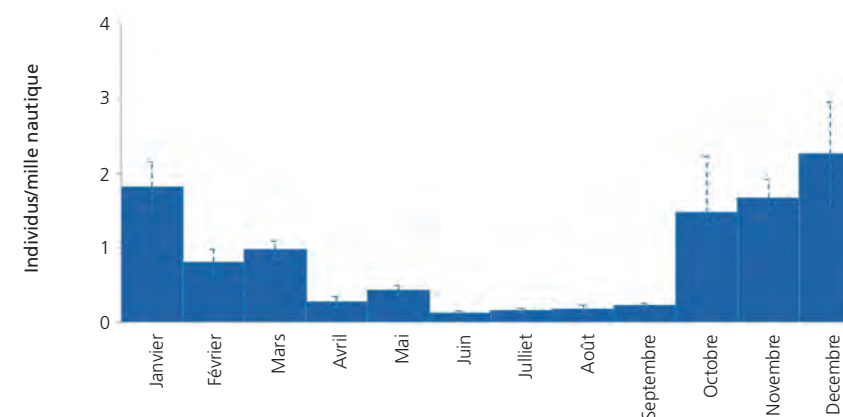
Statut réglementaire			Statut UICN France
Conventions	Directive Oiseaux	Protection nationale	NA
Berne : Annexe III Bonn : Accord AEWA	Art.4.2	Protégée	Hivernant

Répartition du Fou de Bassan au large des Pyrénées-Atlantiques et Sud des Landes



Le Fou de Bassan est l'un des oiseaux marins les plus réguliers et abondants du secteur. Il est présent toute l'année avec de plus fortes densités de septembre à mars. Le Fou de Bassan est observé en mer essentiellement aux abords du Gouf de Capbreton mais aussi plus près de la côte sud à la faveur des isobathes des 50 et 100 m. Des observations depuis la côte ne sont pas rares. En dépit des variations interannuelles, les abondances en mer ont augmenté localement entre 1976 et 2021 ($\tau = + 0,208$; $p = 0,043$).

Fou de Bassan





Frédéric Cazaban



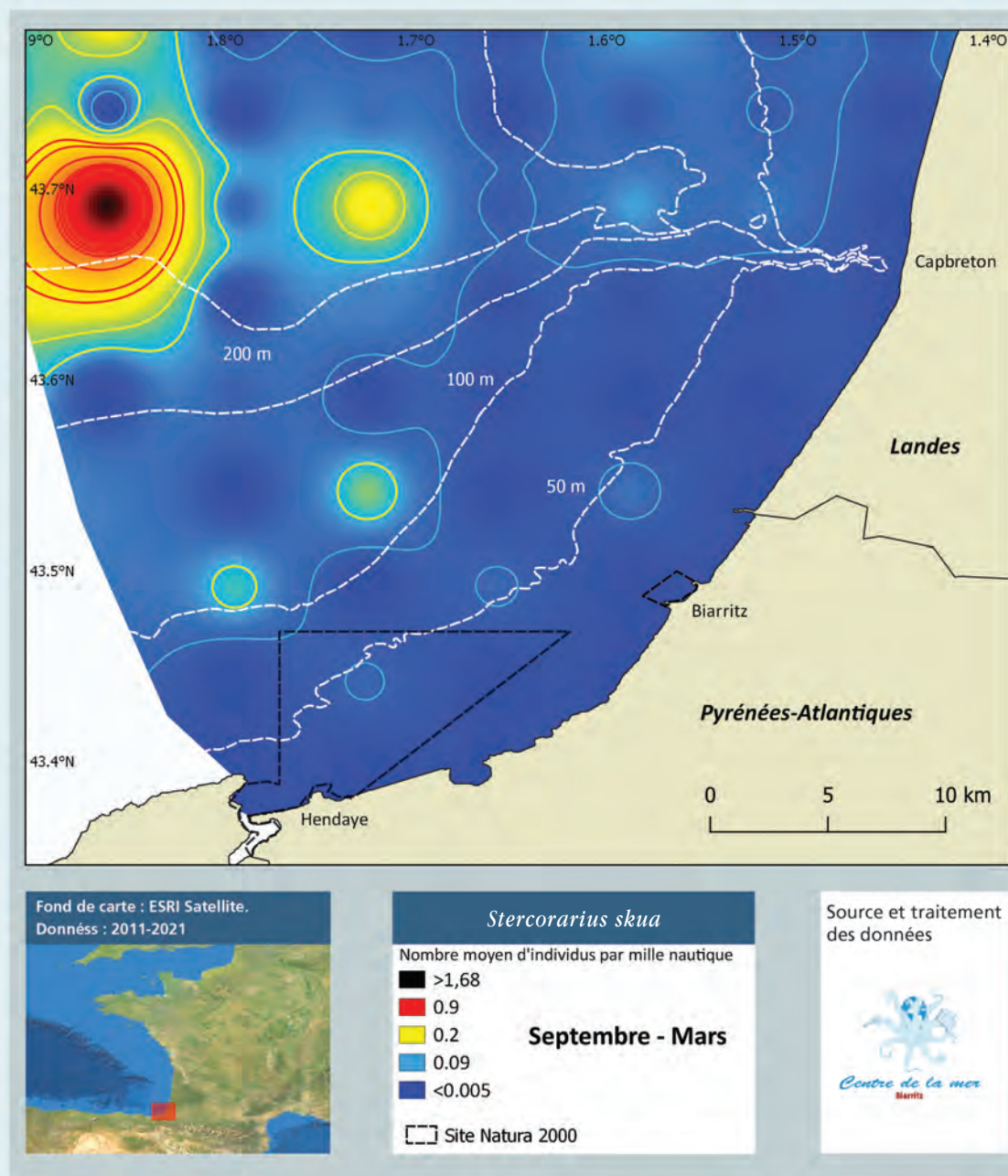
GRAND LABBE

(Stercorarius skua)



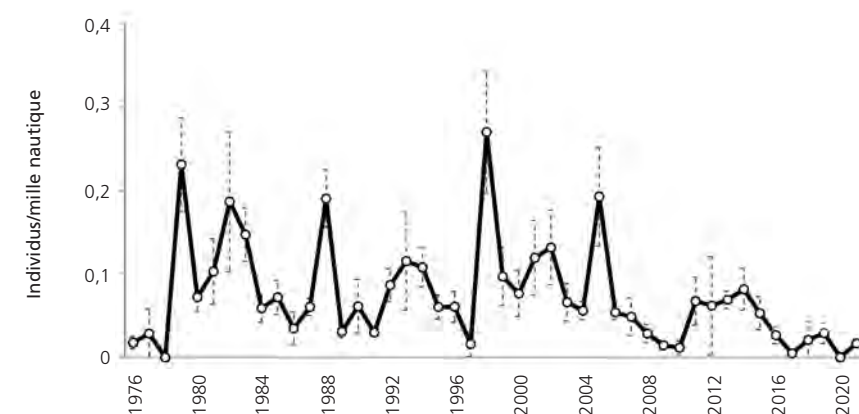
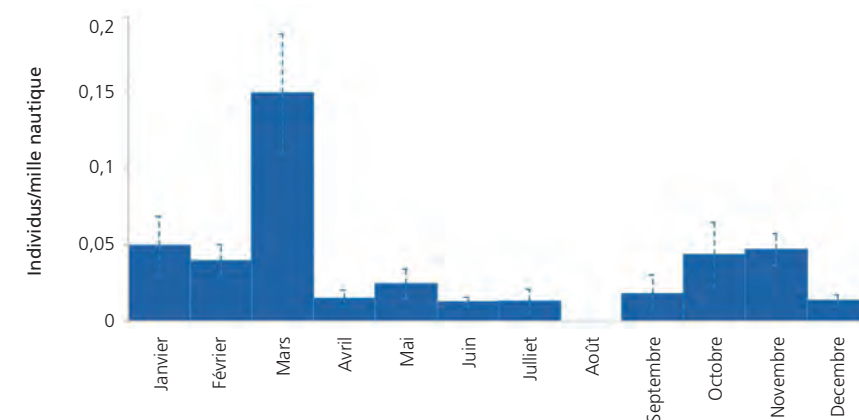
Statut réglementaire			Statut UICN France
Conventions	Directive Oiseaux	Protection nationale	NA
Berne : Annexe III Bonn : Accord AEWA	Art.4.2	Protégée	Hivernant

Répartition du Grand labbe au large des Pyrénées-Atlantiques et Sud des Landes



Le Grand labbe est un oiseau pélagique qui n'est vu près des côtes qu'à la faveur des tempêtes ou le long de l'isobathe des 50 m. Ainsi, il est observé dans les zones les plus éloignées au large des Pyrénées-Atlantiques, en particulier sur le Gouf de Capbreton. C'est un hivernant régulier, présent dans le secteur, tout au long de l'année avec une présence accrue entre septembre et mars. Les abondances en mer ont diminué sur la période d'étude ($\tau = -0,279$; $p = 0,006$).

Grand labbe





Émile Milon



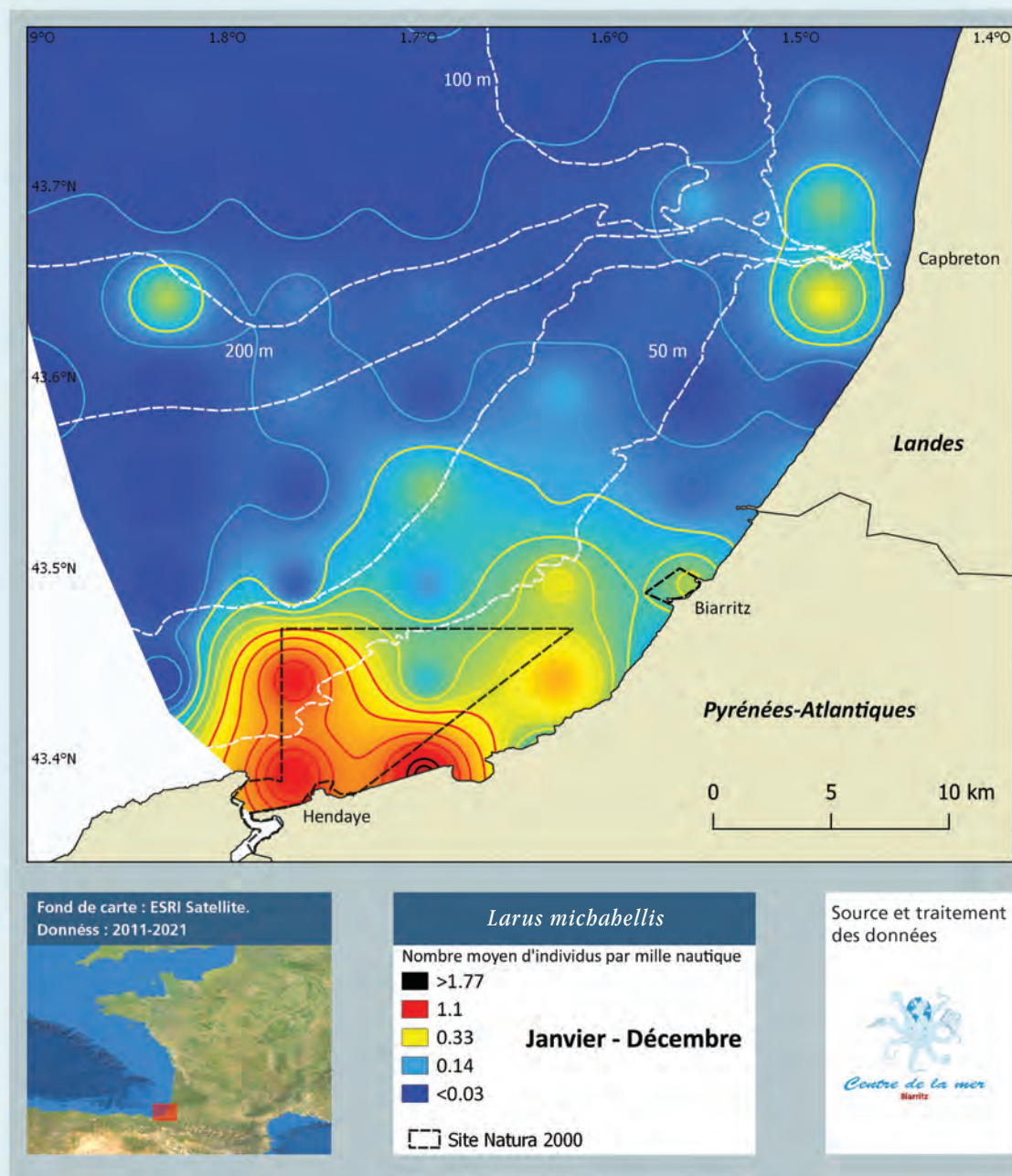
GOÉLAND LEUCOPHÉE

(Larus michabellis)



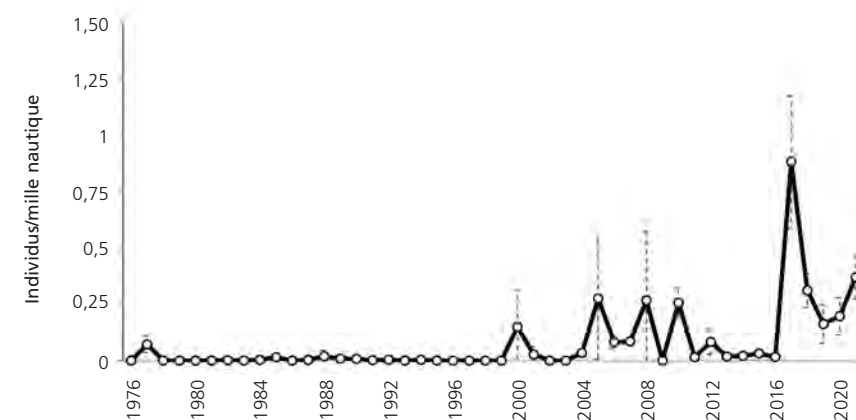
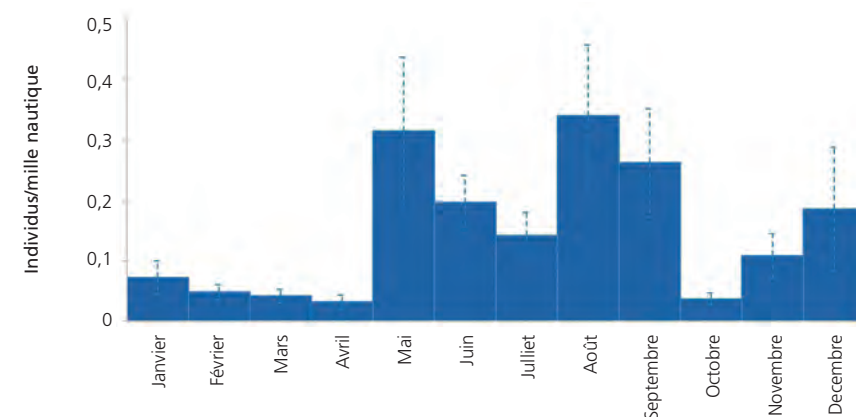
Statut réglementaire			Statut UICN France
Conventions	Directive Oiseaux	Protection nationale	LC Nicheur
Berne : Annexe III Bonn : Accord AEWA	Art.4.2	Protégée	

Répartition du Goéland leucophée au large des Pyrénées-Atlantiques et Sud des Landes



Les premiers couples de Goéland leucophée se sont installés dans les Pyrénées-Atlantiques en 1999 en provenance des colonies cantabriques. Les deux principales colonies se situent sur des rochers à Hendaye et Biarritz. En plus des individus sédentaires présents toute l'année, des individus migrateurs sont observés en hiver. En mer, les principales abondances se situent à proximité des colonies mais également au niveau du gouf de Capbreton. Ses effectifs en mer depuis 1976 ont fortement augmenté, en lien avec sa colonisation des Pyrénées-Atlantiques ($\tau = + 0,457$; $p < 0,001$).

Goéland leucophée





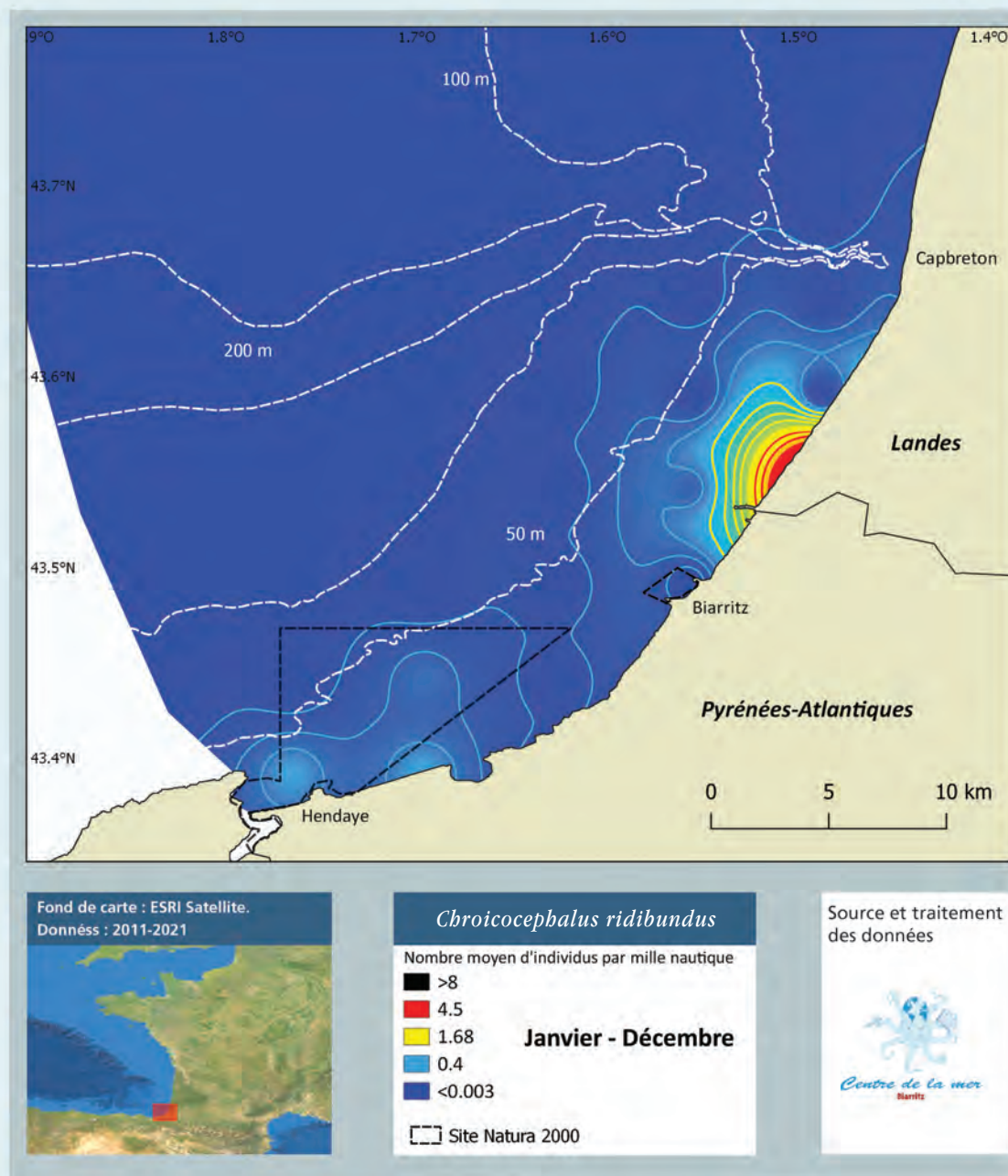
MOUETTE RIEUSE

(Chroicocephalus ridibundus)



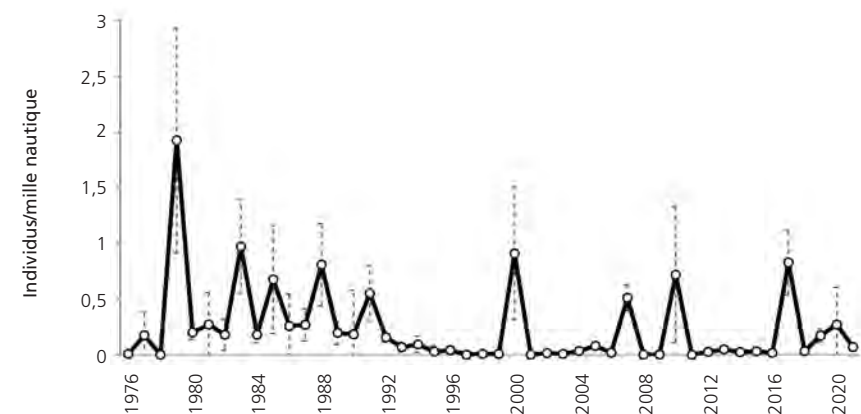
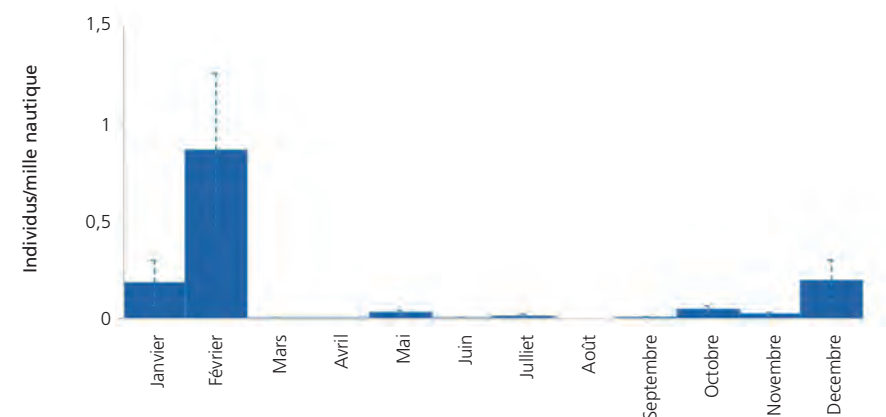
Statut réglementaire			Statut UICN France
Conventions	Directive Oiseaux	Protection nationale	LC Hivernant
Berne : Annexe III Bonn : Accord AEWA	Art.4.2	Protégée	

Répartition de la Mouette rieuse au large des Pyrénées-Atlantiques et Sud des Landes



La Mouette rieuse est présente toute l'année, avec une présence accrue en période hivernale. Sa présence en mer reste très côtière et inféodée aux estuaires (Adour, Bidassoa) et baie (Biarritz, Saint-Jean-de-Luz). Aucune évolution n'est détectée dans les abondances en mer. Néanmoins, il s'agit d'une espèce très liée aux activités humaines et plutôt terrestre dont les abondances en mer ne reflètent pas forcément l'état des populations.

Mouette rieuse





Frédéric Cazaban



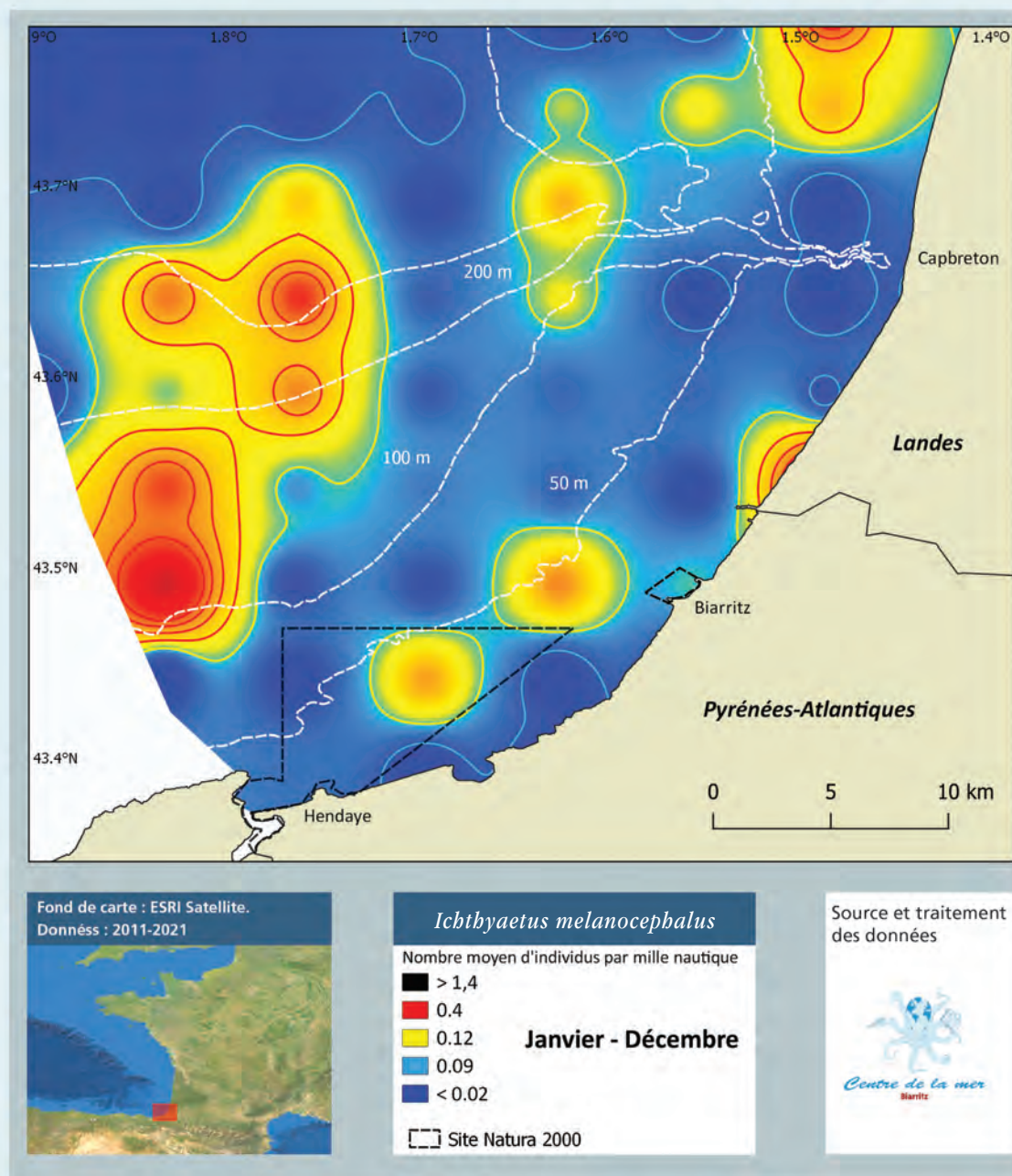
MOUETTE MÉLANOCÉPHALE

(Ichthyaetus melanocephalus)



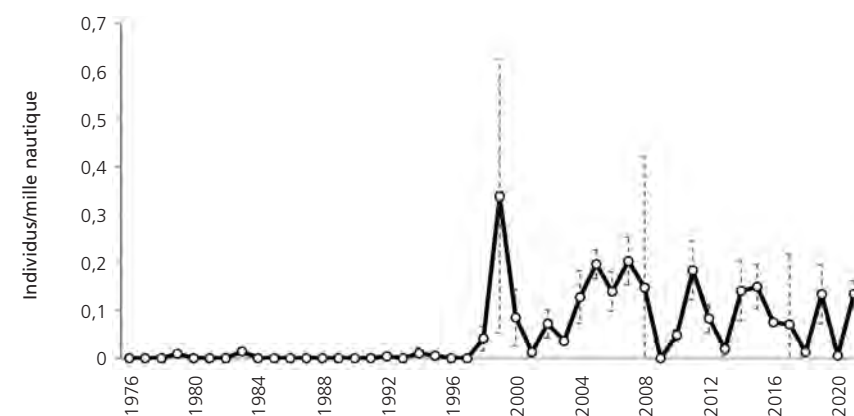
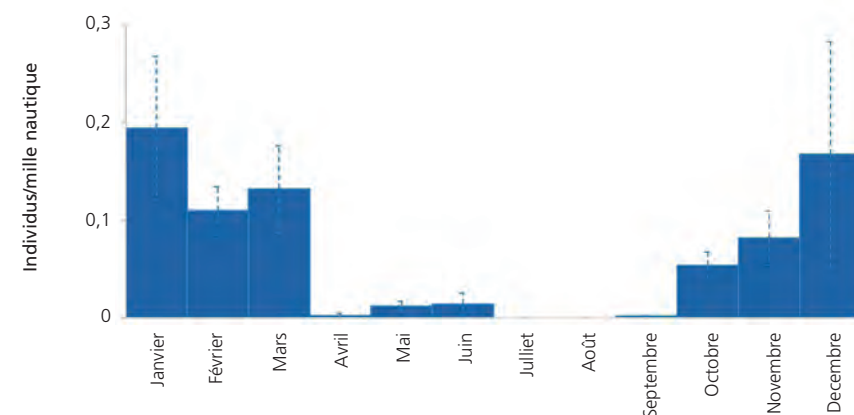
Statut réglementaire			Statut UICN France
Conventions	Directive Oiseaux	Protection nationale	NA
Berne : Annexe II Bonn : Annexe II	Annexe I	Protégée	Hivernant

Répartition de la Mouette mélanocéphale au large des Pyrénées-Atlantiques et Sud des Landes



La Mouette mélanocéphale est observée aussi bien près des côtes à la faveur des estuaires et des baies et de l'isobathe des 50 m que plus au large. Elle est présente toute l'année surtout entre octobre et mars. En lien avec les changements océano-climatiques locaux, le sud golfe de Gascogne est devenu ces dernières décennies une zone d'hivernage essentielle pour la conservation de l'espèce (entre 1976 et 2021 $\tau = + 0,509$; $p < 0,001$).

Mouette mélanocéphale





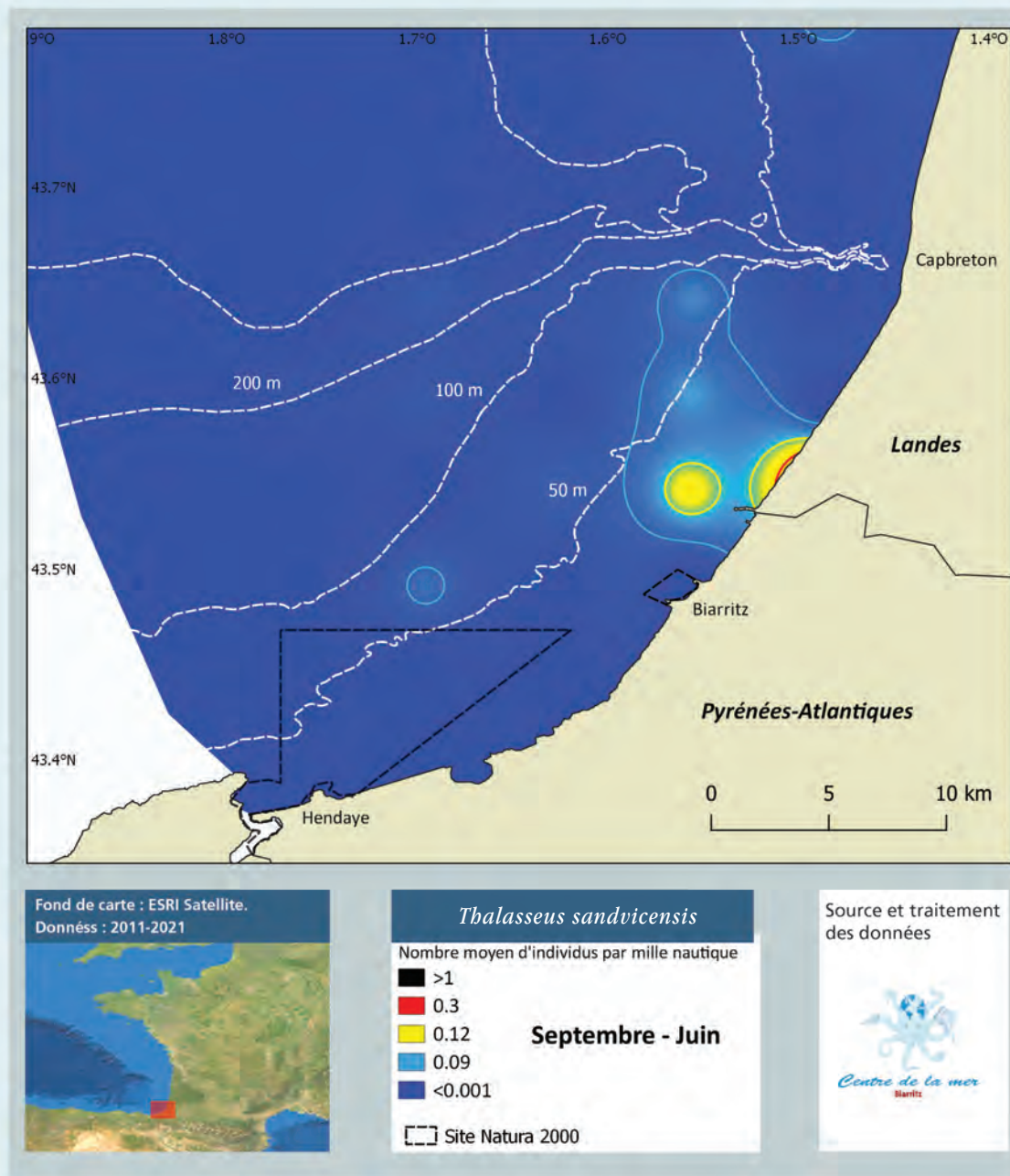
STERNE CAUGEK

(Thalasseus sandvicensis)

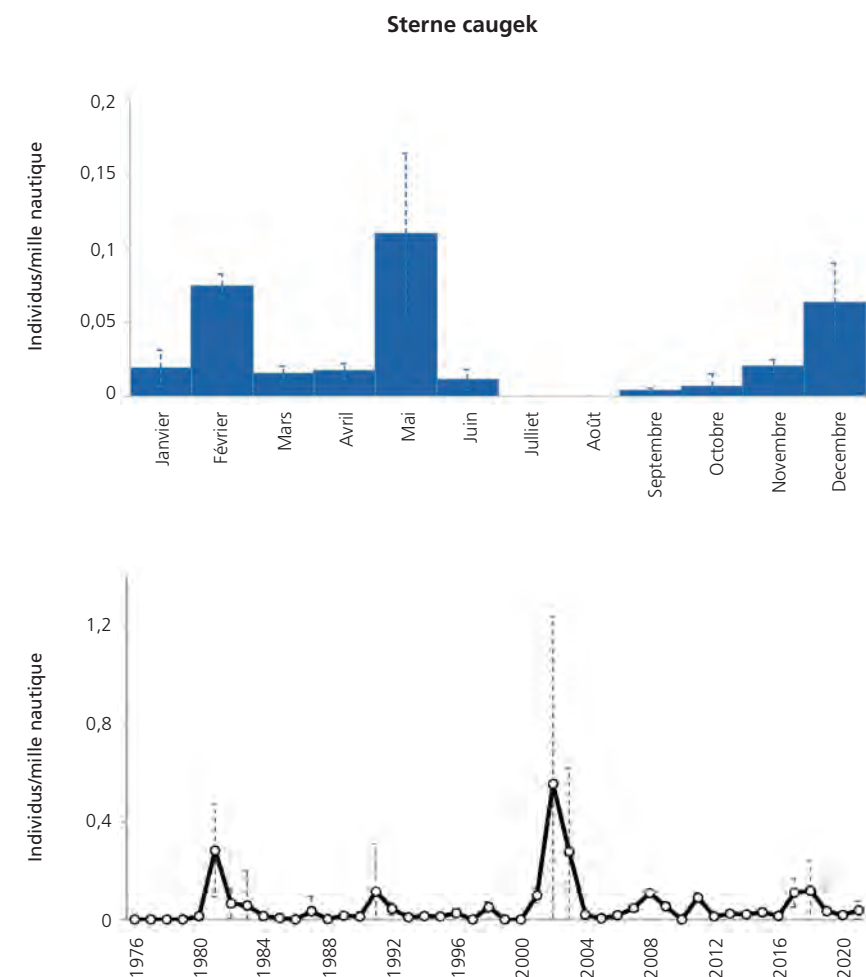


Statut réglementaire			Statut UICN France
Conventions	Directive Oiseaux	Protection nationale	NA
Berne : Annexe II Bonn : Annexe II	Annexe I	Protégée	Hivernant

Répartition de la Sterne caugek au large des Pyrénées-Atlantiques et Sud des Landes



La Sterne caugek est observée toute l'année avec des pics de présence entre novembre et mai. Dans le secteur elle est surtout présente près de l'estuaire de l'Adour et aux abords de l'isobathe des 50 m même si des observations depuis la côte dans les baies de Biarritz et d'Hendaye sont possibles. Des changements de phénologie et de répartition sont notés avec les études précédentes, sans doute en lien avec ses échecs de nidification dans sa plus proche colonie à Arcachon (Jacob, 2021). Malgré tout, en mer, les effectifs ont augmenté entre 1976 et 2021 ($\tau = + 0,243$; $p = 0,019$).





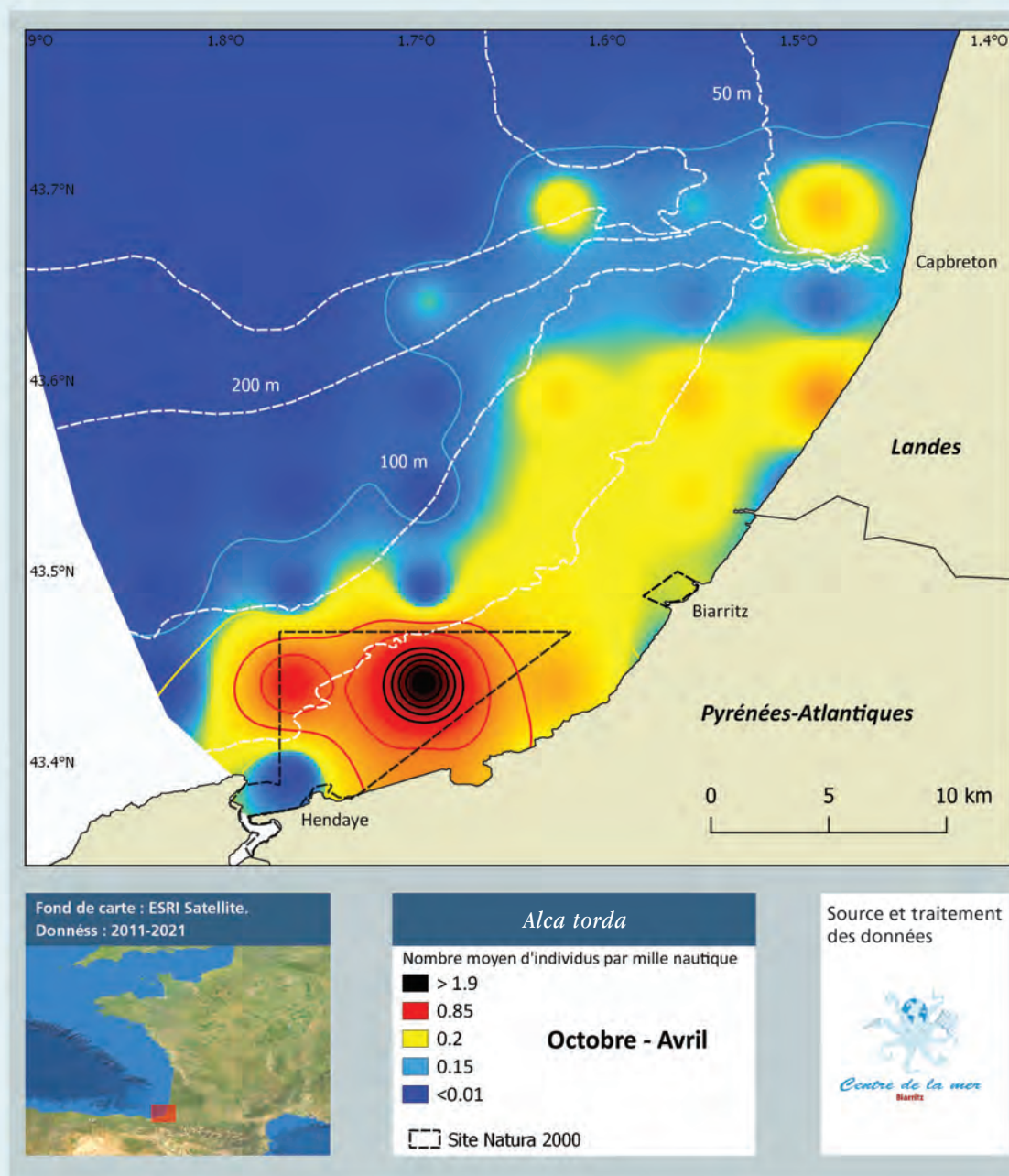
PINGOUIN TORDA

(Alca torda)



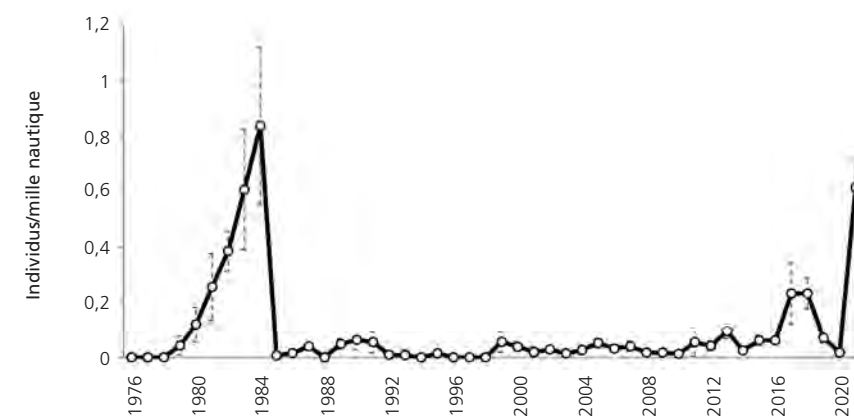
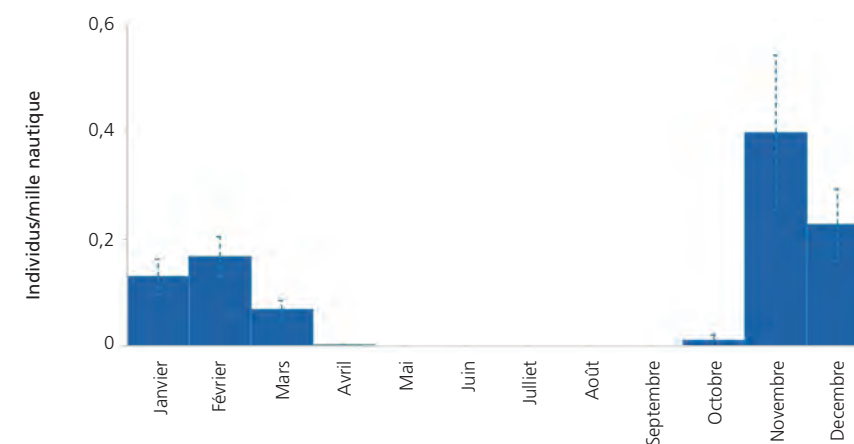
Statut réglementaire			Statut UICN France
Conventions	Directive Oiseaux	Protection nationale	DD
Berne : Annexe III Bonn : Accord AEWA	Art.4.2	Protégée	Hivernant

Répartition du Pingouin torda au large des Pyrénées-Atlantiques et Sud des Landes



Le Pingouin torda est le plus côtier des alcidés. Il est observé principalement en mer d'octobre à avril, dans une zone côtière inférieure à 100 m de profondeur qui s'étend du sud des Landes à la frontière espagnole. Après une nette diminution des abondances en mer (1976-2002), les abondances sont relativement stables. Une hausse est observée ces dernières années, bien que non significative. Un recul temporel est encore nécessaire pour déterminer si une nouvelle tendance se dessine ou bien s'il s'agit de variations interannuelles.

Pingouin torda





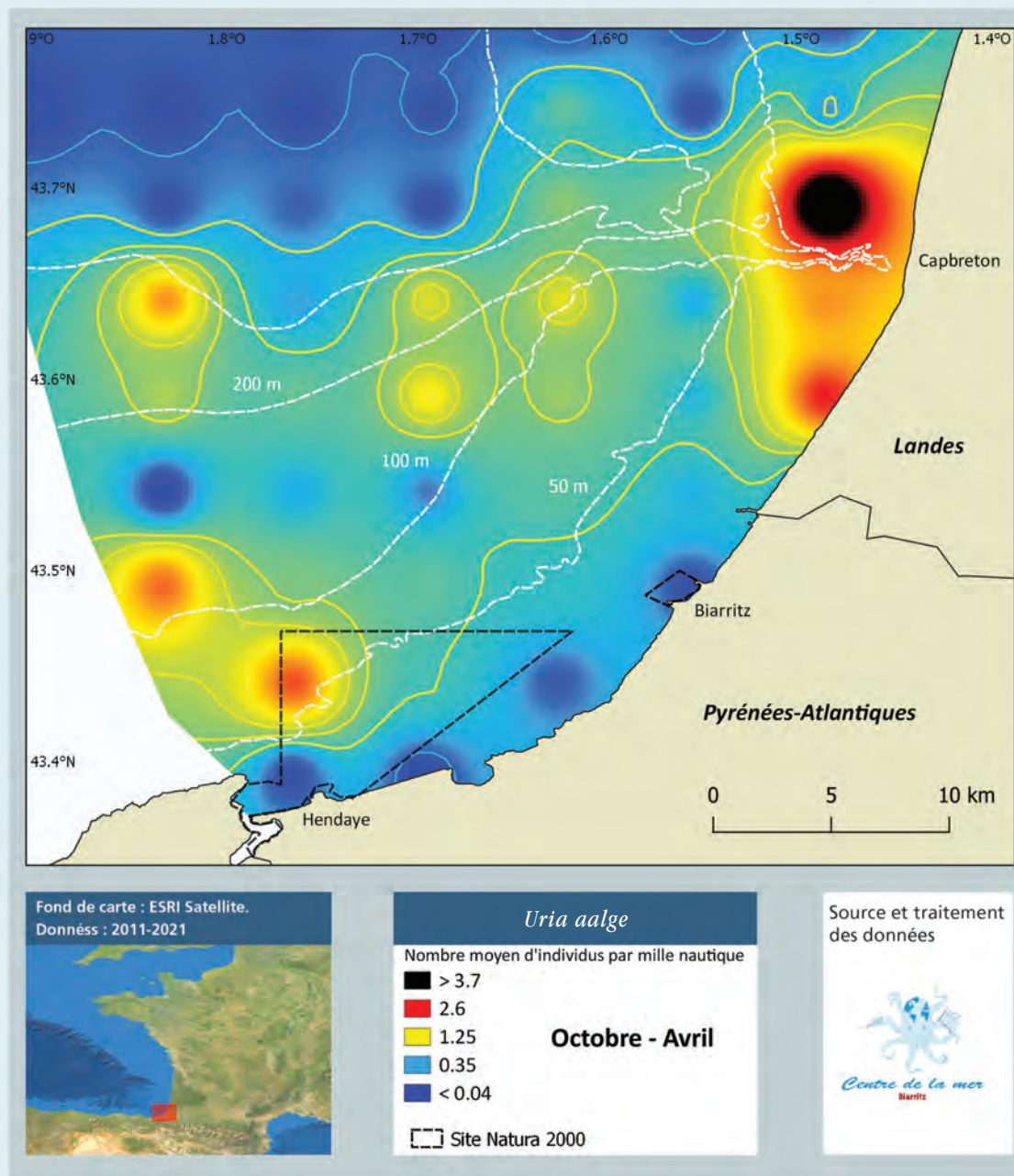
GUILLEMOT DE TROÏL

(Uria aalge)



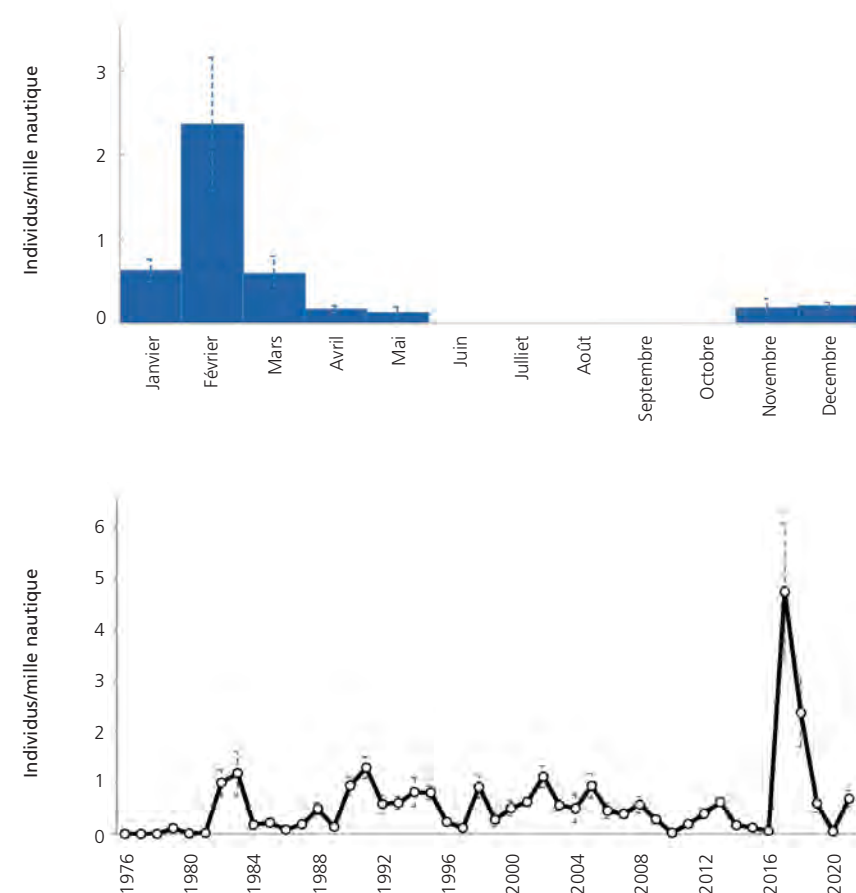
Statut réglementaire			Statut UICN France
Conventions	Directive Oiseaux	Protection nationale	DD
Berne : Annexe III Bonn : Accord AEWA	Art.4.2	Protégée	Hivernant

Répartition du Guillemot de Troïl au large des Pyrénées-Atlantiques et Sud des Landes



Le Guillemot de Troïl est observé principalement en mer d'octobre à avril, en particulier au niveau de la tête du Gouf de Capbreton mais aussi plus au sud. Moins côtier que le Pingouin torda (*Alca torda*). On l'observe davantage au large au-delà des isobathes des 200 m de profondeur. Les variations interannuelles ne permettent pas de détecter de tendance dans les populations en mer.

Guillemot de Troïl

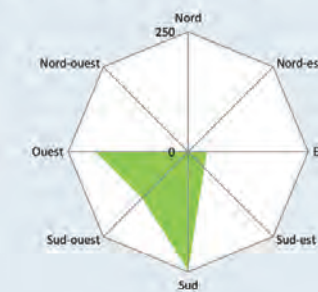




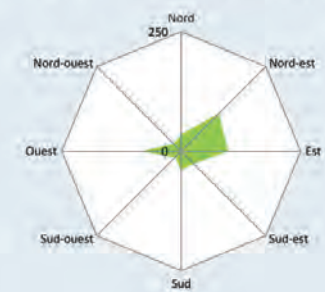
PASSEREAUX



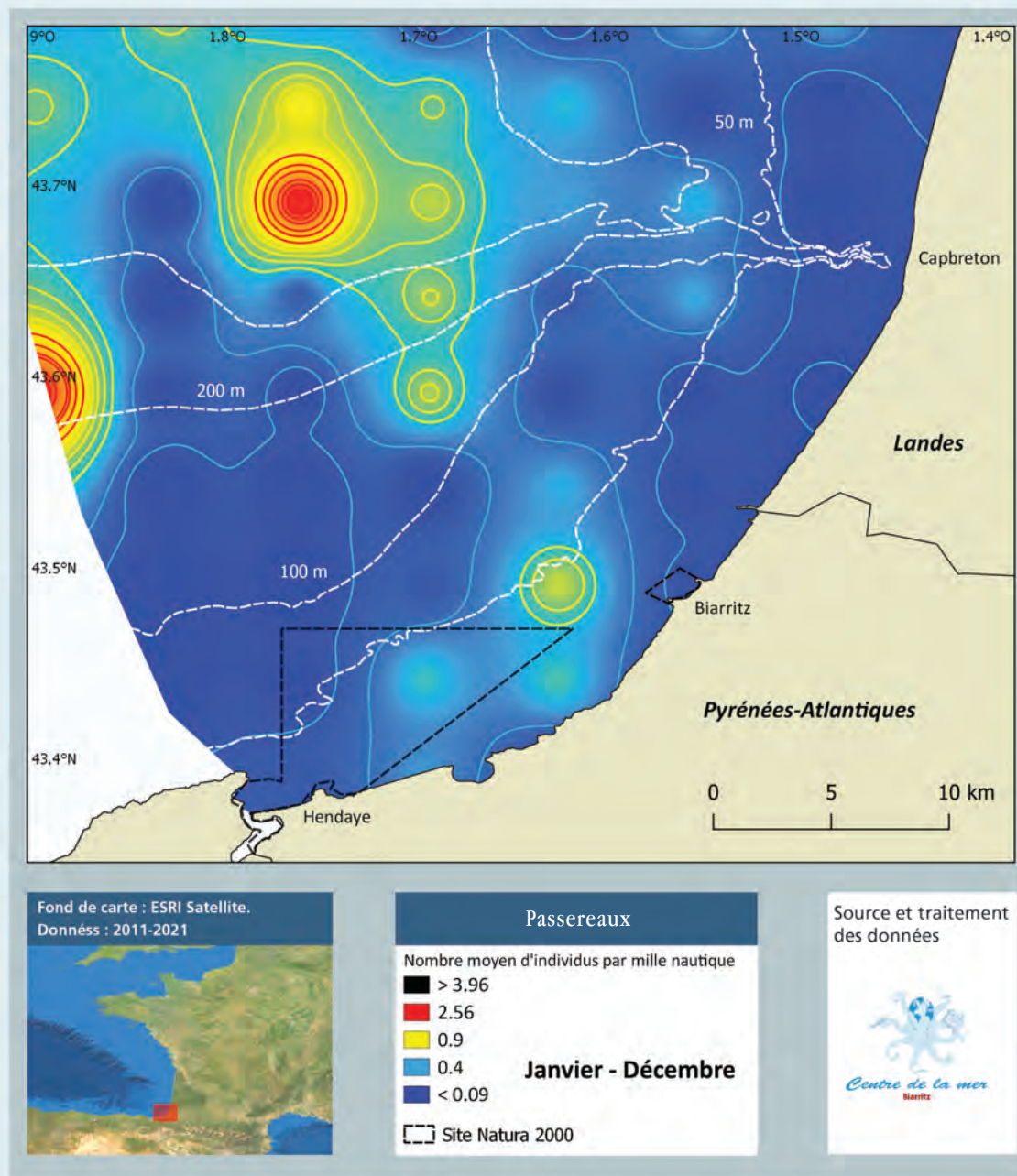
Direction des vols (Juillet-Novembre)



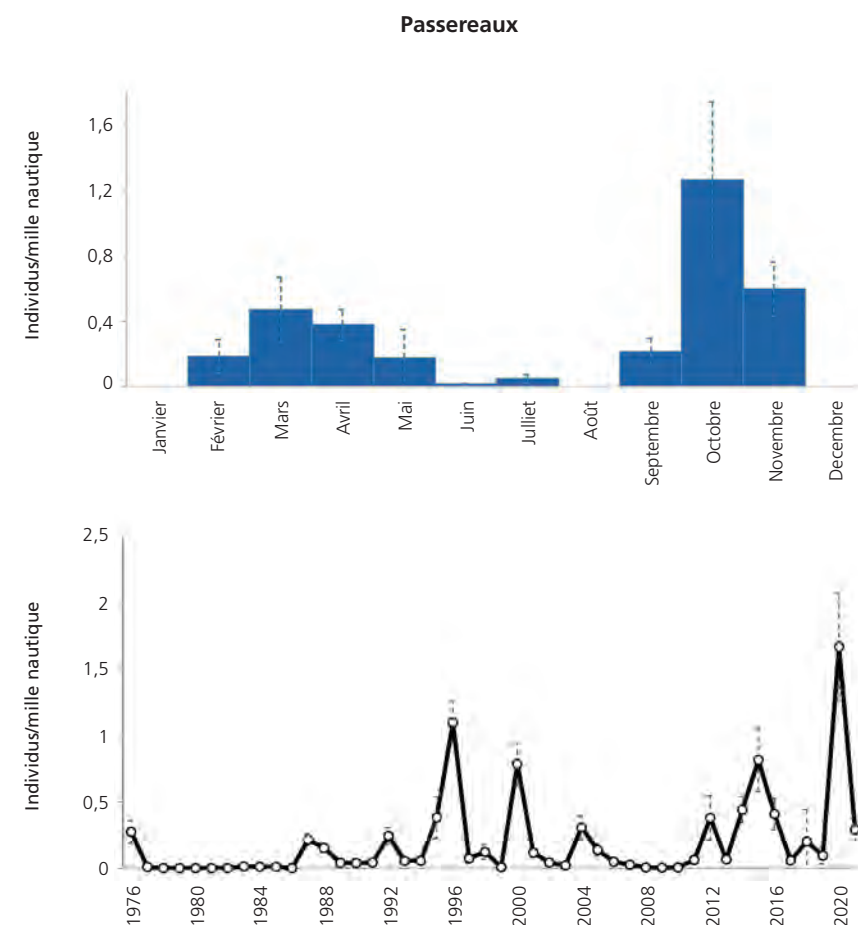
Direction des vols (Février-juin)



Répartition des passereaux au large des Pyrénées-Atlantiques et Sud des Landes



La majorité des passereaux évite de traverser de grandes étendues d'eau qui représentent un habitat inhospitalier. Ainsi des observations concernent parfois des individus égarés, déportés par des vents défavorables. Cependant, au vu des effectifs notés en pleine mer, certaines espèces, comme l'Alouette des champs (*Alauda arvensis*), le Pipit farlouse (*Anthus pratensis*) ou le Martinet noir (*Apus apus*), concernent probablement des oiseaux en migration active qui coupent le golfe de Gascogne pour rejoindre les côtes basques et contourner les Pyrénées. À l'échelle de l'ensemble des espèces observées, une augmentation est détectée entre 1976 et 2021 ($\tau = + 0,362$; $p < 0,001$).



ÉVOLUTIONS DES OISEAUX MARINS MIGRATEURS

SYNTHÈSE DES ÉVOLUTIONS DEPUIS 1976

Les résultats (Tableau 3) indiquent des tendances nettes chez certaines espèces avec notamment de très fortes augmentations depuis 1976 pour la Mouette mélanocéphale, le Goéland leucophée ou encore le Puffin des Baléares qui sont des espèces méridionales. À l'inverse, des diminutions d'abondance en mer d'espèces boréales telles que l'Océanite tempête ou le Grand labbe sont détectées.

Plusieurs espèces ne montrent pas de tendances marquées, mais ont montré des diminutions significatives sur d'autres périodes temporelles, par exemple le Pingouin torda dont les abondances ont diminué entre 1976 et 2002 (Hémery *et al.*, 2008). Une légère augmentation, bien que non significative ces dernières années est notée, toutefois davantage de données sont nécessaires pour statuer sur une réelle ré-augmentation des abondances localement ou bien s'il s'agit de variations interannuelles.

Parmi les espèces dont les abondances ont augmenté localement, se trouvent le Goéland leucophée et le Cormoran huppé qui nichent tous deux sur le littoral des Pyrénées-Atlantiques et ont colonisé le secteur durant les années 2000. Leur augmentation peut ainsi être mise en relation avec cette colonisation. La Sterne caugek a quant à elle colonisé un secteur un peu plus au nord, au niveau du bassin d'Arcachon.

ÉVOLUTIONS ET CHANGEMENTS OCÉANO-CLIMATIQUES LOCAUX

De précédentes études dans le secteur et sur des périodes différentes avaient pu mettre en évidence des corrélations entre les évolutions d'abondances de certaines espèces en fonction de leur préférendum thermique et le climat au travers de l'indice océano-climatique SBC (Hémery *et al.*, 2008 ; Castège & Hémery 2009 ; Castège & Milon, 2018).

Espèce	Tendance (Tau de Kendall et p-value)	Tendance générale
Océanite tempête <i>Hydrobates pelagicus</i>	-0,372 < 0,001	
Grand labbe <i>Stercorarius skua</i>	-0,279 0,006	
Pingouin torda <i>Alca torda</i>	+ 0,200 0,054	
Guillemot de Troïl <i>Uria aalge</i>	+ 0,176 0,087	
Mouette rieuse <i>Chroicocephalus ridibundus</i>	-0,192 0,062	
Puffin des Anglais <i>Puffinus puffinus</i>	-0,204 0,060	
Puffin fuligineux <i>Ardenna grisea</i>	-0,083 0,438	
Cormoran huppé <i>Phalacrocorax aristotelis</i>	+ 0,364 0,003	
Fou de Bassan <i>Morus bassanus</i>	+ 0,208 0,043	
Goéland leucophée <i>Larus michahellis</i>	+ 0,457 <0,001	
Grand cormoran <i>Phalacrocorax carbo</i>	+ 0,229 0,027	
Mouette mélanocéphale <i>Ichthyiaetus melanocephalus</i>	+ 0,509 <0,001	
Puffin des Baléares <i>Puffinus mauretanicus</i>	+ 0,570 <0,001	
Sterne caugek <i>Thalasseus sandvicensis</i>	+ 0,243 0,019	
Passereaux	+ 0,362 < 0,001	

Tableau 3 : Evolution des principales espèces d'oiseaux marins et du groupe des passereaux présents au large des Pyrénées-Atlantiques entre 1976 et 2021 (test de Kendall).

Les années 1980, caractérisées par des conditions plutôt dépressionnaires, comportaient des effectifs plus importants des espèces d'eaux tempérées froides. Ces espèces se sont ensuite raréfiées alors que les conditions devenaient anticycloniques (Figure 14). C'est le cas pour l'Océanite tempête, dont la décroissance avait déjà été constatée (Hémery *et al.*, 2008).

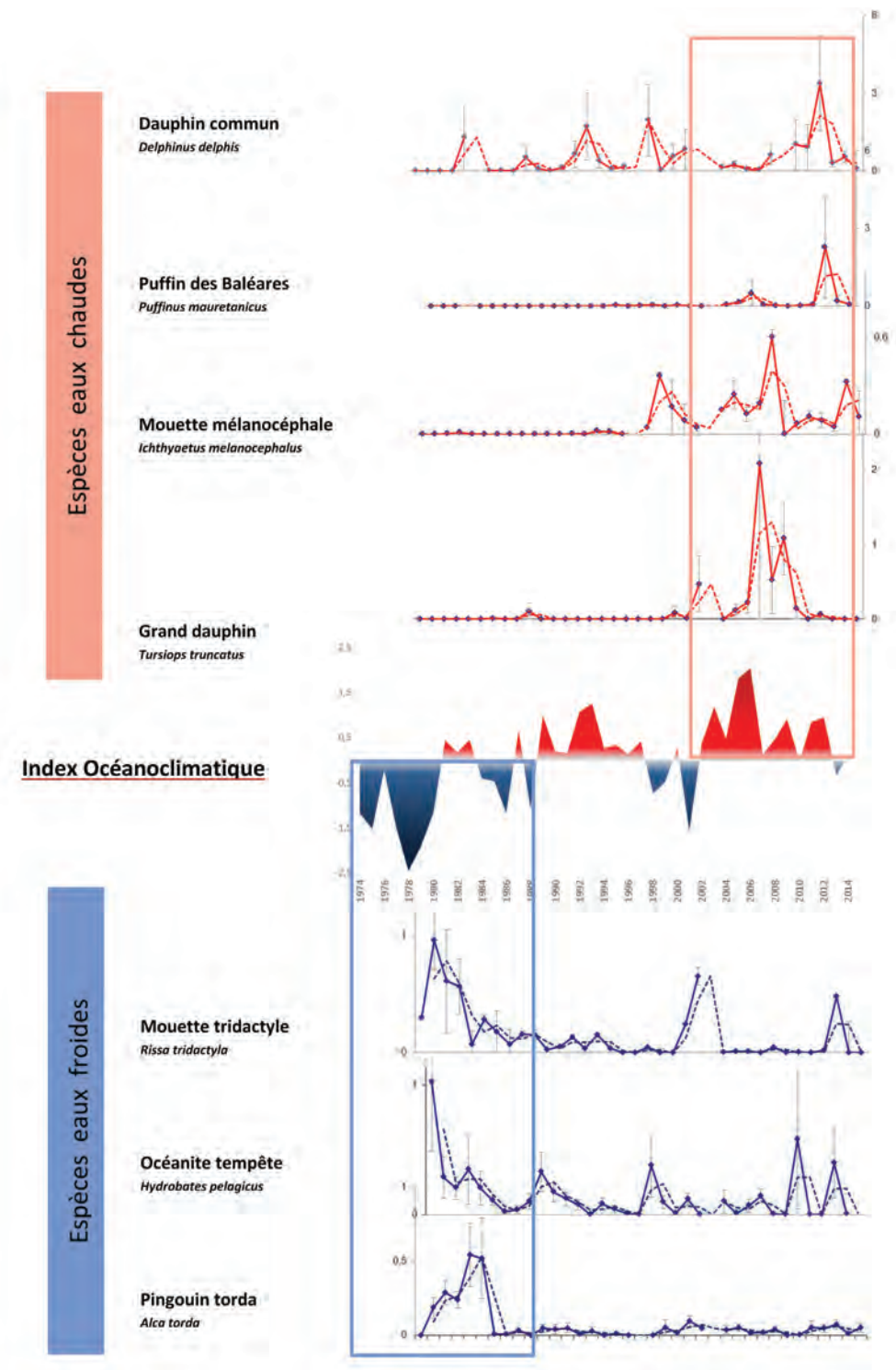
A contrario, les espèces d'eaux chaudes, quasi absentes lors des années « froides », croissent de manière très significative alors que les conditions deviennent majoritairement anticycloniques. La Mouette mélanocéphale, le Puffin des Baléares font ainsi partie de ces nouvelles espèces qui semblent bénéficier de cet état anticyclonique.

Dans la zone d'étude, l'impact des changements océano-climatiques risque d'être d'autant plus prononcé que le golfe de Gascogne marque la limite biogéographique de nombreux peuplements. Selon les auteurs (Quéro *et al.*, 1989) et les groupes étudiés, la limite entre les provinces biogéographiques boréales, ou tempérées froides, et lusitaniennes, ou tempérées chaudes, se situe soit un peu au nord du golfe soit à la pointe de la Bretagne, soit au Finistère galicien.

L'évolution de l'indice SBC et de certaines espèces n'est pas progressive, mais semble bel et bien résulter d'un changement de régime (« regime shift ») avec une modification importante dans la représentation respective des espèces ayant un préférendum thermique marqué. En particulier, un changement de régime a été détecté dans l'indice climatique local autour de 1989 (Milon *et al.*, in prep) et qui a été également mesuré dans tous les océans du globe avec parfois quelques décalages temporels minimes (Hare & Mantua 2000 ; Beaugrand *et al.*, 2015 ; Reid *et al.*, 2015).

Selon deYoung et ses collaborateurs (2004), un changement de régime relève de changements relativement abrupts dans les fonctionnalités des écosystèmes marins, persistants (au moins 10 ans), apparaissant à de larges échelles et observés sur différents niveaux trophiques.

Figure 14 : Évolution de différentes espèces d'oiseaux marins et de cétacés (nombre moyen d'individus par mille nautique) en fonction de leur préférendum thermique, en relation avec l'indice océano-climatique entre 1974 et 2014. Les barres verticales représentent l'erreur standard, les pointillés la moyenne mobile sur deux périodes (Castège & Milon, 2018).



Ces bouleversements de régime seraient dus à des perturbations externes (fluctuations climatiques, surexploitation, eutrophisation, espèces invasives), mais les mécanismes précis demeurent incertains.

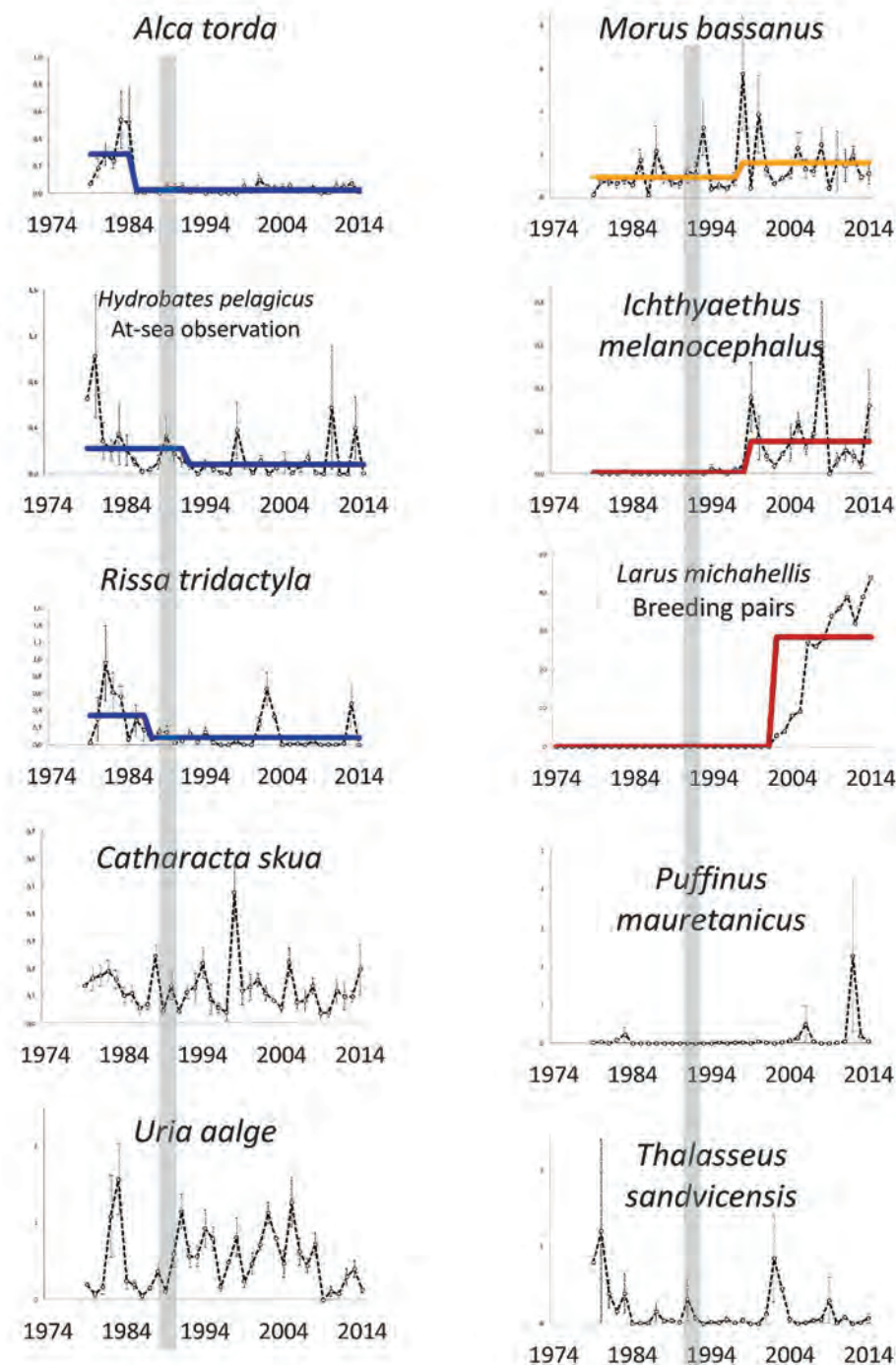
Caractériser un changement de régime n'est pas chose aisée dans l'environnement marin car les espèces sont déjà soumises à un certain nombre de stress, souvent d'origine anthropique, et il est difficile de pouvoir distinguer le réel impact des changements océano-climatiques. Les données obtenues dans le cadre des travaux présentés ici permettent néanmoins d'aborder l'éventuelle existence d'un changement de régime dans les abondances des oiseaux marins et cétacés du sud du golfe de Gascogne entre 1974 et 2014 (Figure 15).

D'après les premiers résultats (Milon *et al.*, in prep), des changements de régimes ont pu être détectés chez le Pingouin torda et la Mouette tridactyle autour des années 1985-1987. Or localement, d'autres changements de régime chez certaines proies de ces espèces (la sardine notamment) ainsi que dans les colonies de Mouettes tridactyle ibériques avaient eu lieu dans les années 80 (Cabrero *et al.*, 2018 ; Martínez-Abraín *et al.*, 2019).

Ainsi, ces résultats mettent en évidence pour la première fois un changement de régime dans l'abondance des grands prédateurs marins dans le sud du golfe de Gascogne. Les changements observés dans l'abondance des espèces boréales concordent ainsi également avec le changement de régime de la fin des années 1980 détecté dans de nombreux bassins océaniques (Reid *et al.*, 2015).

Il est très probable que ces changements de régime soient de plus en plus nombreux, compte tenu de l'influence grandissante des changements océano-climatiques et des autres impacts anthropiques qui conduisent à un stress environnemental croissant et à une réduction de la résilience (deYoung *et al.*, 2008).

Figure 15 : Évolutions dans les abondances en mer ou dans le nombre de couples reproducteurs (Goéland leucophée et Océanite tempête) dans le sud du Golfe de Gascogne entre 1974 et 2014. Les changements de régime détectés sont représentés par les lignes de couleurs (bleue pour les espèces boréales, jaune pour les espèces sans préférence thermique et rouge pour les espèces méridionales). La barre grise indique le changement de régime détecté dans l'indice SBC (1989). Les lignes pointillées représentent l'erreur standard (Milon *et al.*, in prep).





Iker Castège

Tournepierre à collier.

Souvent observés d'un point de vue planétaire, les effets du changement climatique agissent aussi à l'échelle du golfe de Gascogne. D'après les modèles de Chust et ses collaborateurs (2011), la température dans les 100 premiers mètres de la colonne d'eau devrait augmenter localement entre 1,50 et 2,05 °C au cours du XXI^e siècle. L'une des conséquences attendues est une élévation du niveau de la mer comprise entre 29 et 49 cm sur la période 2001-2099 qui impacterait alors directement l'environnement côtier. Les systèmes côtiers couvrent 8 % de l'océan mondial mais offrent 85 % des ressources marines exploitées (Beaugrand & Goberville 2010). Or, la plupart des espèces marines des Pyrénées-Atlantiques utilisent majoritairement le milieu côtier (alimentation, reproduction, etc.) ce qui les rend d'autant plus vulnérables aux bouleversements climatiques.

CONCLUSION

Le littoral des Pyrénées-Atlantiques et le sud du Département des Landes présentent une richesse biologique remarquable. Cette diversité est due à des conditions océanographiques particulières (embouchures de grands fleuves, canyons sous-marins, etc.), mais également à sa position géographique, située en limite de répartition de peuplements boréaux et méridionaux.

La très forte antériorité des suivis du programme ERMMA a permis différentes études depuis 1976. Ainsi, après avoir exploré la période 1976-2002 sur l'ensemble du Golfe de Gascogne (Hémery *et al.*, 2008 ; Castège & Hémery, 2009), la période 2003-2015 pour la Région Nouvelle-Aquitaine (Castège & Milon, 2018) le présent rapport s'intéresse à la période 2011-2021 sur la partie sud Landes et le littoral des Pyrénées-Atlantiques. Grâce à la standardisation et l'antériorité des méthodes de relevés en mer des comparaisons sont possibles entre ces différentes études.

Ce focus spatial et temporel a permis de mettre en évidence l'importance du secteur pour de nombreuses espèces d'oiseaux marins. D'une manière générale, les espèces étudiées n'ont pas connu de changement de répartition majeur dans le sud du golfe de Gascogne ces dix dernières années. La plupart des zones biologiquement sensibles déjà identifiées pour les espèces sont confirmées. Toutefois, des variations dans les abondances sont détectées. Pour la plupart des espèces qui évoluent, les changements océano-climatiques semblent jouer un rôle important. Ainsi, certaines espèces d'eaux tempérées chaudes présentent une augmentation de leurs effectifs dans le

secteur (Puffin des Baléares, Mouette mélanocéphale) alors que des espèces d'eaux tempérées froides décroissent (Océanite tempête, Grand labbe).

Beaucoup de ces espèces représentent un enjeu de conservation majeur. En particulier, le Puffin des Baléares dont l'extinction des colonies, endémiques aux îles des Baléares, est planifiée avant le siècle prochain (Oro *et al.*, 2004 ; Genovart *et al.*, 2016). En France, l'espèce bénéficie d'ailleurs d'un récent Plan National d'Actions (2021). Le rôle des Pyrénées-Atlantiques est donc primordial pour offrir aux espèces un milieu marin favorable à leur accueil lors de leurs migrations ou pour leur reproduction. Or, le Golfe de Gascogne présente également un certain nombre de menaces qui pourraient contribuer à rendre ces populations d'autant plus vulnérables : pollution, captures accidentelles, collision, espèces invasives, etc. (García-Barón *et al.*, 2019).

Les oiseaux marins sont des prédateurs supérieurs situés en haut des chaînes alimentaires. Leurs répartitions et leurs états de conservation nous renseignent sur la qualité et l'état de santé de nos environnements marins. Par conséquent, le suivi sur le long terme de l'évolution de ces populations apparaît indispensable. Les phénomènes liés aux changements climatiques restent complexes. Des études pluridisciplinaires à long terme prenant en compte l'ensemble de l'écosystème sont nécessaires pour mieux comprendre les causes et conséquences de ces changements. Les autres pressions anthropiques auxquelles sont soumises les espèces peuvent rentrer en synergie avec l'impact des changements climatiques.

BIBLIOGRAPHIE

- Addinsoft (2022). XLSTAT statistical and data analysis solution. Paris, France. <https://www.xlstat.com/fr>
- Arizaga, J., 2019. Estudio y seguimiento de aves en un espacio natural: marismas de Txingudi. Técnicas en Biología de la Conservación – N°7. Tundra Ediciones, Castellón, 132p.
- Augris, C., Caill-Milly, N. & De Casamajor, M.-N. (coord.), 2009. Atlas thématique de l'environnement marin du Pays basque et du sud des Landes. Édition Quae-Ifremer, 128 p.
- Beaugrand, G., Conversi, A., Chiba, S., Edwards, M., Fonda-Umani, S., Greene, C., Mantua, N., Otto, S.A., Reid, P.C., Stachura, M.M., Stemann, L. & Sugisaki, H., 2015. Synchronous marine pelagic regime shifts in the Northern Hemisphere. Philosophical transactions Royal Society B 370 : 20130272.
- Beaugrand, G. & Goberville, E., 2010. Conséquences des changements climatiques en milieu océanique. Vertigo 8 : 13 p.
- Beaugrand, G., Luczak, C., & Edwards, M., 2009. Rapid biogeographical plankton shifts in the North Atlantic Ocean. Global Change Biology 15 : 1790-1803.
- Cabrero, A., González-Nuevo, G., Gago, J., & Cabanas, J.M., 2018. Study of sardine (*Sardina pilchardus*) regime shifts in the Iberian Atlantic waters. Fisheries Oceanography 28 : 305–316.
- Carbonnau, S., 2005. L'estuaire de la Bidassoa, baie de Chingoudy : historique de l'aménagement, écosystèmes, menaces et conservation, avifaune migratrice et hivernante 1977-2000. Le Casseur d'os, Vol. 5: 5-61.
- De Casamajor, M.-N., Castège, I., D'Elbée, J., Hémer, G., Pautrizel, F., Popovský, J. & Soulier, L., 2009. Milieu vivant in Augris, C., Caill-Milly, N. & De Casamajor, M.-N. (coord.). Atlas thématique de l'environnement marin du Pays basque et du sud des Landes. Édition Quae-Ifremer, pp 55-81.
- Castège, I., 2015. Océanite tempête (*Hydrobates pelagicus*). In Theillout, A. and Collectif faune-Aquitaine.org. Atlas des oiseaux nicheurs d'Aquitaine. LPO Aquitaine, Delachaux et Niestlé, p428.
- Castège, I., & Hémer, G. (coords), 2009. Oiseaux marins et cétacés du golfe de Gascogne. Répartition, évolution des populations et éléments pour la définition des aires marines protégées. Biotopie, Mèze ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 176p. (Collection Parthénopie).

- Castège, I., Hémerly, G., Roux, N., d'Elbée, J., Lalanne, Y., D'Amico, F., & Mouchès, C., 2004. Changes in abundance and at-sea distribution of seabirds in the Bay of Biscay prior to, and following the 'Erika' oil spill. *Aquatic Living Resources* 17: 361–367.
- Castège, I., Lalanne, Y., Gouriou, V., Hémerly, G., Girin, M., D'Amico, F., Mouchès, C., D'Elbée, J., Soulier, L., Pensu, J., Lafitte, D. & Pautrizel, F. 2007. Estimating actual seabirds mortality at sea and relationship with oil spills: lesson from the "Prestige" oilspill in Aquitaine (France). *Ardeola* 54 : 289-307.
- Castège, I. & Milon, É. (coords), 2018. Atlas des oiseaux marins et cétacés du Sud Gascogne : De l'estuaire de la Gironde à la Bidassoa. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 280 p. (Patrimoines naturels ; 78).
- Castège, I., Milon, E., Lalanne, Y. & d'Elbée J., 2016. Colonization of the Yellow-legged gull in the southeastern Bay of Biscay and efficacy of deterring systems on landfill site. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 179: 207-214.
- Castège, I., Milon, E. & Pautrizel, F., 2014. Response of benthic macrofauna to an oil pollution: Lessons from the "Prestige" oil spill on the rocky shore of Guéthary (south of the Bay of Biscay, France). *Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* 106: 192–197.
- Castelle, B., 2004. Modélisation de l'hydrodynamique sédimentaire au-dessus des barres sableuses soumises à l'action de la houle : application à la côte Aquitaine. Thèse de doctorat d'Océanographie et Paléocéanographie Université de Bordeaux I, 351 p.
- Cazaban, F. & Castège, I., 2015. Cormoran huppé (*Phalacrocorax aristotelis*). In Theillout, A. and Collectif faune-Aquitaine.org. Atlas des oiseaux nicheurs d'Aquitaine. LPO Aquitaine, Delachaux et Niestlé, pp66-67.
- Charria, G., Lazure, P., Le Cann, B., Serpette, A., Reverdin, G., Louazel, S., Batifoulier, F., Dumas, F., Pichon, A. & Morel, Y., 2013. Surface layer circulation derived from Lagrangian drifters in the Bay of Biscay. *Journal of Marine Systems* 109-110: S60-S76.
- Chust, G., Borja, A., Caballero, A., Liria, P., Marcos, M., Moncho, R., Irigoien, X., Saenz, J., Hidalgo, J., Valle, M. & Valencia, V., 2011. Climate Change impacts on the coastal and pelagic environments in the southeastern Bay of Biscay. *Climate Research* 48: 307–332.
- D'Elbée, J., Castège, I., D'Amico, F., Hémerly, G., Lalanne, Y., Mouchès, C., & Pautrizel, F., 2009. Variation and Temporal pattern in composition of surface ichthyoplankton in southern Bay of Biscay (W. Atlantic). *Continental Shelf Research* 29: 1136-1144.
- D'Elbée, J., Hémerly, G. & Cadiou, B., 2001. Comment optimiser une stratégie d'alimentation pour un petit prédateur marin en période de reproduction? Le cas de l'Océanite tempête *Hydrobates pelagicus* (Linnaeus, 1758) (Procellariiformes, Hydrobatidae) dans le golfe de Gascogne. In D'Elbée, J. & Prouzet, P. (coord.) Océanographie du golfe de Gascogne (VIIe Colloque international, Biarritz, avril 2000). IFREMER, LAPHY, actes de colloques 31 : 164-169.
- D'Elbée, J., Lalanne, Y., Castège, I., Bru, N. & D'Amico, F., 2014. Response of planktonic cladocerans (Class: Branchiopoda) to short-term changes in environmental variables in the surface waters of the Bay of Biscay. *Deep Sea Research II* 106: 87-98.
- Dupuy, J., 2018. Passereaux et autres oiseaux terrestres. In Castège, I. & Milon, E. (coords). Atlas des oiseaux marins et cétacés du Sud Gascogne : De l'estuaire de la Gironde à la Bidassoa. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, (Patrimoines naturels ; 78), pp 178-180.
- Durand, N. & Mallet, C., 2004. Analyse du régime météorologique de la Côte Basque. BRGM/RP52955-FR, 57 p.
- Edwards, M. & Richardson, A.J., 2004. Impact of climate change on marine pelagic phenology and trophic mismatch. *Nature* 430: 881–884.
- Frederiksen, M., Wanless, S., Harris, M.P., Rothery, P. & Wilson, L.J., 2004. The role of industrial fisheries and oceanographic change in the decline of North Sea black-legged kittiwakes. *Journal of Applied Ecology* 41: 1129-1139.
- Furness, R.W., 2016. Impacts and effects of ocean warming on seabirds. In: D., Laffoley, & J.M. Baxter, (editors). Explaining ocean warming: Causes, scale, effects and consequences. Full report. Gland, Switzerland: IUCN. pp. 271-288.
- Furness, R.W. & Camphuysen, C.J.K., 1997. Seabirds as monitors of the marine environment. *ICES Journal of Marine Sciences* 54: 726–737.
- García-Barón, I., Santos, M.B., Uriarte, A., Inchausti, J.I., Escibano, J.M., Albisu, J., Fayos, M., Pis-Millán, J.A., Oleaga, A., Alonso Mier, F.E., Hernández, O., Moreno, O. & Louzao, M., 2019. Which are the main threats affecting the marine megafauna in the Bay of Biscay? *Continental Shelf Research* 186: 1–12.
- García-Reyes, M. & Sydeman, W.J., 2017. California Multivariate Ocean Climate Indicator (MOCI) and marine ecosystem dynamics. *Ecological Indicators* 72 : 521–529.
- Garthe, S. & Hüppop O., 1994. Distributions of ship-following seabirds and their utilization of discards in the North Sea in summer. *Marine Ecology Progress Series* 106 :1-9.
- Genovart, M., Arcos, J.M., Álvarez, M., McMinn, M., Meier, R., Wynn, R.B., Guilford, T. & Oro, D., 2016. Demography of the critically endangered Balearic shearwater: the impact of fisheries and time to extinction. *Journal of Applied Ecology* 53(4) : 1158-1168.
- GIEC, 2014. Changements climatiques 2014 : Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. [Sous la direction de l'équipe de rédaction principale R.K. Pachauri et L.A. Meyer]. GIEC, Genève, Suisse, 161 p.
- Hare, S.R. & Mantua, N.J., 2000. Empirical evidence for North Pacific regime shifts in 1977 and 1989. *Progress in Oceanography* 47 : 103–145.
- Hazen, E.L., Abrahms, B., Brodie, S., Carroll, G., Jacox, M.G., Savoca, M.S., Scales, K.L., Sydeman, W.J. & Bograd, S.J., 2019. Marine top predators as climate and ecosystem sentinels. *Frontiers in Ecology and the Environment* 17(10): 565-574.
- Hémerly, G., D'Amico, F., Castège, I., Dupont, B., D'Elbée, J., Lalanne, Y., & Mouchès, C., 2008. Detecting the impact of oceano-climatic changes on marine ecosystems using a multivariate index: The case of the Bay of Biscay (North Atlantic-European Ocean). *Global Change Biology* 14: 27–38.
- Hyrenbach, K.D., 2001. Albatross response to survey vessels: Implications for studies of the distribution, abundance, and prey consumption of seabird populations. *Marine Ecology Progress Series* 212 : 283-295.

- Jacob, Y., (Coord.) 2021. Sternes nicheuses 2020 du littoral Manche-Atlantique. Rapport de l'observatoire oiseaux marins et côtiers de l'office français de la biodiversité et de l'observatoire régional de l'avifaune de Bretagne. Brest. 63p.
- Jenouvrier, S., 2013. Impacts of climate change on avian populations. *Global Change Biology* 19: 2036-2057.
- Learmonth, J.A., MacLeod, C.D., Santos, M.B., Pierce, G.J., Crick, H.Q.P. & Robinson, R.A.P., 2006. Potential effects of climate change on marine mammals. *Oceanography and Marine Biology* 44: 431-464.
- Mallet, C., Nedelec, Y. & Bernon, N., 2018. Milieux physiques marins de la Nouvelle-Aquitaine. In Castège, I. & Milon, E. (coords). Atlas des oiseaux marins et cétacés du Sud Gascogne : De l'estuaire de la Gironde à la Bidassoa. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, (Patrimoines naturels ; 78), pp 14-22.
- Martínez-Abrain, A., Santidrián Tomillo, P., Mouriño, J., Tenan, S. & Oro, D., 2019. Delayed predator-prey collapses: the case of black-legged kittiwakes and Iberian sardines. *Marine Ecology Progress Series* 631 : 201-207.
- Milon, E. & Castège, I., 2015. Goéland leucophaea (*Larus michahellis*). In Theillout, A. and Collectif faune-Aquitaine.org. Atlas des oiseaux nicheurs d'Aquitaine. LPO Aquitaine, Delachaux et Niestlé, pp170-171.
- Milon, E. & Castège, I., 2016a. Répartition des oiseaux marins et cétacés dans le sud du golfe de Gascogne. Centre de la Mer de Biarritz/Agence des Aires Marines Protégées, 155p.
- Milon, É., & Castège, I., 2016b. Étude de représentation spatiale des oiseaux et mammifères marins du sud des Landes à la frontière espagnole. Centre de la Mer de Biarritz/Région Nouvelle-Aquitaine, 11p.
- Milon, É. & Castège, I., 2016c. Étude détaillée en prévision de l'implantation d'un parc houlomoteur : indice de vulnérabilité des oiseaux marins et cétacés. Centre de la Mer de Biarritz/Région Nouvelle-Aquitaine. 58p.
- Milon, É., Castège, I., D'Elbée, J. & D'Amico, F., in prep. Regime shifts in marine top predators' abundances in relation to climate change: lessons from 40-years long-term study in the south of the Bay of Biscay.
- Moors-Murphy, H.B., 2014. Submarine canyons as important habitat for cetaceans, with special reference to the Gully: A review. *Deep-Sea Research II* 104 : 6-19.
- Oro, D., Aguilar, J.S., Igual, J.M. & Louzao, M., 2004. Modelling demography and extinction risk in the endangered Balearic Shearwater. *Biological Conservation* 116: 93-102.
- Plan National d'Action 2021 -2025 en faveur du Puffin des Baléares - *Puffinus mauretanicus*. Ministère de la Transition Écologique, 256 p.
- Poloczanska, E.S., Brown, C.J., Sydeman, W.J., Kiessling, W., Schoeman, D.S., Moore, P.J., Brander, K., Bruno, J.F., Buckley, L.B., Burrows, M.T., Duarte, C.M., Halpern, B.S., Holding, J., Kappel, C.V., O'Connor, M.I., Pandolfi, J.M., Parmesan, C., Schwing, F., Thompson, S.A., & Richardson, A.J., 2013. Global imprint of climate change on marine life. *Nature Climate Change* 3 : 919-925.
- Poulard, J.C. & Blanchard, F., 2005. The impact of climate change on the fish community structure of the eastern continental shelf of the Bay of Biscay. *ICES Journal of Marine Science* 62 : 1436-1443.
- Quéro, J.-C., Dardignac, J. & Vayne, J.-J., 1989. Les poissons du golfe de Gascogne. Ifremer/secrétariat de la Faune et de la Flore, Paris, 229 p.
- Quéro, J.-C., Du Buit, M.-H. & Vayne, J.-J., 1998. Les observations de poissons tropicaux et le réchauffement des eaux dans l'Atlantique européen. *Oceanologica Acta* 21 : 345-351.
- Reid, P.C., Hari, R.E., Beaugrand, G., Livingstone, D.M., Marty, C., Straile, D., Barichivich, J., Goberville, E., Adrian, R., Aono, Y., Brown, R., Foster, J., Groisman, P., Hélaouët, P., Hsu, H.-H., Kirby, R., Knight, J., Kraberg, A., Li, J., Lo, T.-T., Myneni, R.B., North, R.P., Pounds, J.A., Sparks, T., Stübi, R., Tian, Y., Wiltshire, K.H., Xiao, D. & Zhu, Z., 2015. Global impacts of the 1980s regime shift. *Global Change Biology* 22 : 682-703.
- Sanchez, F. & Santurtun, M., (Coords), 2013. SYNThèse et Analyse des données eXistantes sur un écosystème profond transfrontalier le gouf de Capbreton – « SYNTAX ». Rapport technique final Fonds Commun de Coopération Eurorégion Aquitaine/Euskadi, 213p.
- Sandvik, H., Reiertsen, T.K., Erikstad, K.E., Anker-Nilssen, T., Barrett, R.T., Lorentsen, S.-H., Systad, G.H., & Myksovoll, M.S., 2014. The decline of Norwegian kittiwake populations: Modelling the role of ocean warming. *Climate Research* 60 : 91-102.
- Sautour, B., Bachelet, G., Boet, P., Caill-Milly, N., Castège, I., Chaalali, A., David, V., Del Amo, Y., de Casamajor, M.-N., D'Elbée, J., de Montaudouin, X., Kantin, R., Lepage, M. & Rochard, E., 2013. Biodiversité Marine. In Le Treut, H. (Coord). Prévoir pour agir : la région Aquitaine anticipe le changement climatique. Presses Universitaires de Bordeaux, LGPA-Editions, pp. 173-188.
- Solabarrieta, L., Rubio, A., Cárdenas, M., Castanedo, S., Esnaola, G., Méndez, F.J., Medina & R., Ferrer, L., 2015. Probabilistic relationships between wind and surface water circulation patterns in the SE Bay of Biscay. *Ocean Dynamics* 65 (9) : 1289-1303.
- Spear L.B., Ainley, D.G., Hardesty, B.D., Howell, S.N.G. & Webb, W., 2004. Reducing biases affecting at-sea surveys of seabirds: Use of multiple observer teams. *Marine Ornithology* 32(2) : 147-157.
- Sydeman, W.J., Thompson, S.A., García-Reyes, M., Kahru, M., Peterson, W.T. & Largier, J.L., 2014. Multivariate ocean-climate indicators (MOCI) for the central California current: environmental change, 1990-2010. *Progress in Oceanography* 120 : 352-369.
- UICN France, MNHN, LPO, SEOF & ONCFS., 2016. « Oiseaux de France métropolitaine ». In La Liste rouge des espèces menacées en France. 32 p.
- Wanless, S., Frederiksen, M., Daunt, F., Scott, B.E. & Harris, M.P., 2007. Black-legged kittiwakes as indicators of environmental change in the North Sea: Evidence from long-term studies. *Progress in Oceanography* 72 : 30-38.
- deYoung, B., Barange, M., Beaugrand, G., Harris, R., Perry, R.I., Scheffer, M. & Werner, F., 2008. Regime shifts in marine ecosystems: detection, prediction and management. *Trends in Ecology & Evolution* 23: 402-409.
- deYoung, B., Harris, R., Alheit, J., Beaugrand, G., Mantua, N. & Shannon, L.J., 2004. Detecting regime shifts in the ocean: data considerations. *Progress in Oceanography* 60 : 143-164.

