



HAL
open science

Stratégie de conservation du Grand Dauphin (*Tursiops truncatus*) en Méditerranée française

Hélène Labach

► **To cite this version:**

Hélène Labach. Stratégie de conservation du Grand Dauphin (*Tursiops truncatus*) en Méditerranée française. Zoologie des vertébrés. Université Montpellier, 2021. Français. NNT : 2021MONTG024 . tel-03349784

HAL Id: tel-03349784

<https://theses.hal.science/tel-03349784v1>

Submitted on 20 Sep 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

THÈSE POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER

En écologie et biodiversité

École doctorale GAIA

Unité de recherche CEFE

Stratégie de conservation du Grand Dauphin (*Tursiops truncatus*) en Méditerranée française

Présentée par Hélène LABACH

Le 24 juin 2021

Sous la direction de Olivier GIMENEZ

Devant le jury composé de

Claude MIAUD, Directeur d'Etudes, Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive

Vincent RIDOUX, Professeur des Universités, Université de La Rochelle

Christophe GUINET, Directeur de Recherche, Centre d'Etudes Biologiques de Chizé

Elise HUCHARD, Chargée de Recherche, Université de Montpellier

Susan GALLON, Responsable scientifique, MedPan

Olivier GIMENEZ, Directeur de Recherche, Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive

Président du jury

Rapporteur

Rapporteur

Membre du jury

Membre du jury

Directeur de Thèse



UNIVERSITÉ
DE MONTPELLIER

Remerciements

Un immense merci à Olivier, qui a eu la brillante idée et l'audace de me proposer ce travail de thèse et l'a rendu possible en m'apportant son aide indispensable et ses encouragements indéfectibles !!

Merci à Vincent et Christophe d'avoir accepté d'être rapporteurs de ce travail et merci à Claude, Elise et Susan d'avoir accepté de participer à mon jury de soutenance.

Merci à Hélène pour son soutien, ses conseils et son aide pour mener cette thèse à son terme.

Merci à Aurélien pour ses conseils et sa participation à mon comité de suivi.

Merci à Valentin pour son soutien logistique !!

Merci à Frank et Denis, qui m'ont fait confiance il y a 10 ans et m'ont permis ainsi de glisser un pied dans la cétologie méditerranéenne.

Cette thèse valorise un travail collectif de plusieurs années, je tiens donc à remercier chaleureusement tous mes co-auteurs, Caroline, Maxime, Cathy, Boris, Léa, Frank, Nathalie, Benjamin, les 2 Nicolas, Marine et tout particulièrement Julie, qui travaille à mes côtés depuis le début de GDEGeM. Je remercie également tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la collecte, à l'analyse et à la valorisation des données du projet GDEGeM.

Merci à tous ceux avec qui j'ai eu la chance de travailler depuis 10 ans, et qui rendent ce travail encore plus passionnant.

Enfin, merci à toute ma famille, avec une mention spéciale pour Manu, qui me soutient et m'encourage depuis de nombreuses années dans ce long parcours.

Je dédie ce manuscrit à Boris Daniel, qui nous a malheureusement quitté beaucoup trop tôt. J'ai eu un grand plaisir à travailler avec Boris pendant 7 ans, il était mon interlocuteur et surtout mon partenaire à l'AAMP/AFB/OFB depuis le début. Boris a encouragé et soutenu de nombreux projets pour la conservation des espèces marines en Méditerranée et notamment du Grand dauphin. Il a été le moteur et l'indéfectible pilier des projets GDEGeM, TURSMED et SYN4MPA. Nos discussions passionnées autour de la conservation et des dauphins, en réunion, sur un coin de table ou à l'autre bout de la Méditerranée me manqueront beaucoup. Merci Boris pour ta générosité, ta simplicité, ton humour, ta motivation et ton engagement sans faille !!

Résumé

La sous-population méditerranéenne de Grand dauphin (*Tursiops truncatus*) est classée comme vulnérable par l'Union internationale pour la conservation de la nature. Cette espèce est strictement protégée en France et la désignation de zones spéciales de conservation (ZSC) est requise par la directive européenne Habitats Faune Flore (DHFF, 92/43/CEE). Cependant, peu d'informations sont disponibles sur la population dans les eaux méditerranéennes françaises.

L'objectif de cette thèse est d'apporter des éléments pour l'élaboration d'une stratégie de conservation du Grand dauphin en Méditerranée française, en améliorant la connaissance de la population présente et en évaluant le potentiel du réseau d'aires marines protégées (AMPs) pour sa conservation.

Afin d'étudier la distribution, l'abondance et la structure de la population, nous avons analysé des données de photo-identification collectées tout au long de l'année sur l'ensemble du plateau continental méditerranéen français entre 2013 et 2015 dans le cadre du projet GDEGeM.

Nous avons observé 151 groupes de grands dauphins, ce qui a permis la photo-identification de 766 dauphins. La distribution des taux de rencontre a montré la présence de grands dauphins sur l'ensemble du plateau continental tout au long de l'année. Nous avons estimé pour la première fois, à l'aide de méthodes de capture-recapture, la taille de la population de grands dauphins fréquentant le plateau continental de Provence et du Golfe du Lion à 2 636 individus (IC 95% : 2 051-3 514). Nos résultats ont été utilisés pour appuyer la désignation d'un nouveau Site d'Importance Communautaire (SIC) dédié à l'espèce dans le golfe du Lion et fournissent une base de référence pour la surveillance du Grand dauphin dans les eaux méditerranéennes françaises dans le contexte de la Directive Cadre Stratégie pour le milieu marin (DCSMM, 2008/56/CE) et de la DHFF.

L'étude de la structure sociale de la population fréquentant le plateau continental méditerranéen français à l'aide d'analyses de réseaux a mis en évidence 4 clusters sociaux le long des côtes continentales. L'évaluation des domaines vitaux a montré que 3 clusters utilisaient préférentiellement le Golfe du Lion, alors que le 4ème cluster utilisait préférentiellement les côtes de Provence. Aucune association n'a été observée entre les dauphins observés en Corse et les dauphins observés dans le Golfe du Lion et en Provence, suggérant une communauté sociale indépendante dans cette zone. Ces résultats appellent à considérer 3 unités régionales pour le suivi et la conservation du grand dauphin dans les eaux méditerranéennes françaises.

Une trentaine d'aires marines protégées est répartie tout le long du littoral du Golfe du Lion, de Provence et de Corse. Afin d'évaluer le potentiel de ce réseau pour la conservation de la population de Grand dauphin, nous avons évalué la couverture du réseau d'aires marines protégées (AMPs) dans les 3 régions en comparant les taux de rencontre et les abondances relatives de grands dauphins à l'intérieur et à l'extérieur des AMPs. Les résultats montrent qu'en Corse et dans le Golfe du Lion, le réseau devrait être complété, alors qu'en Provence, il apparaît adéquat. Nous avons également évalué la prise en compte du Grand dauphin dans les AMPs à travers un questionnaire soumis aux gestionnaires. Les réponses ont montré que, bien que le Grand dauphin soit présent dans toutes les AMPs ayant répondu (90%), pratiquement aucune n'effectue de suivi, ni de mesures de conservation en place pour l'espèce. Les réponses ont également permis de mettre en évidence des besoins des gestionnaires en termes de connaissance, de moyens d'action et de collaborations.

Les résultats de cette thèse constituent une base solide et fournissent des recommandations pour permettre l'élaboration et la mise en œuvre d'une stratégie de conservation de la population de Grand dauphin à l'échelle de la façade de Méditerranée française en valorisant le réseau d'AMPs.

Mots clés

Abondance, aires marine protégées, conservation, distribution, Grand dauphin, Méditerranée française, structure sociale, *Tursiops truncatus*

Abstract

The Mediterranean sub-population of bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) is classified as vulnerable by the International Union for Conservation of Nature. This species is strictly protected in France and the designation of Special Areas of Conservation (SAC) is required by the European Habitats Directive (HD, 92/43/EEC). However, little information is available on the population in French Mediterranean waters.

The objective of this thesis is to provide elements for the elaboration of a conservation strategy for the bottlenose dolphin in the French Mediterranean Sea, by improving the knowledge of the population and by evaluating the potential of the network of marine protected areas (MPA) for its conservation.

To study the distribution, abundance and structure of the population, we analyzed photo-identification data collected throughout the year on the entire French Mediterranean shelf between 2013 and 2015 as part of the GDEGeM project.

We observed 151 bottlenose dolphin groups, resulting in the photo-identification of 766 dolphins. The distribution of encounter rates showed the presence of bottlenose dolphins throughout the continental shelf throughout the year. We estimated for the first time, using capture-recapture methods, the population size of bottlenose dolphins frequenting the continental shelf of Provence and the Gulf of Lion at 2,636 individuals (95% CI: 2,051-3,514). Our results were used to support the designation of a new Site of Community Importance (SCI) dedicated to the species in the Gulf of Lion and provide a baseline for the monitoring of bottlenose dolphins in French Mediterranean waters in the context of the Marine Strategy Framework Directive (MSFD, 2008/56/EC) and the HD.

The study of the social structure of the population frequenting the French Mediterranean continental shelf using network analyses revealed 4 social clusters along the continental coasts. The evaluation of home ranges showed that 3 clusters preferentially use the Gulf of Lion, while the 4th cluster preferentially uses the coasts of Provence. No association was observed between dolphins observed in Corsica and dolphins observed in the Gulf of Lion and in Provence, suggesting an independent social community in this area. These results call for considering 3 regional units for the monitoring and conservation of bottlenose dolphins in French Mediterranean waters.

About thirty marine protected areas are distributed along the coast of the Gulf of Lion, Provence and Corsica. In order to evaluate the potential of this network for the conservation of the bottlenose dolphin population, we evaluated the coverage of the network of marine protected areas (MPAs) in the 3 regions by comparing encounter rates and relative abundances of bottlenose dolphins inside and outside the MPAs. The results show that in Corsica and in the Gulf of Lion, the network should be completed, while in Provence, it appears adequate. We also evaluated the consideration of the bottlenose dolphin in the MPAs through a questionnaire submitted to the managers. The answers showed that, although the bottlenose dolphin is present in all the MPAs that responded (90%), almost none of them carry out any monitoring or conservation measures for the species. The responses also highlighted the needs of the managers in terms of knowledge, means of action and collaborations.

The results of this thesis constitute a solid basis and provide recommendations to allow the elaboration and the implementation of a conservation strategy for the bottlenose dolphin population at the scale of the French Mediterranean coast by enhancing the MPA network.

Key words

Abundance, Bottlenose dolphin, conservation, distribution, French Mediterranean, marine protected areas, social structure, *Tursiops truncatus*

Sommaire

CHAPITRE 1. Introduction générale.....	10
1.1 La conservation des cétacés.....	10
1.1.1 Histoire.....	10
1.1.2 Défis.....	11
1.1.3 Approches.....	13
1.2 Les enjeux de conservation du Grand dauphin en Méditerranée française.....	17
1.2.1 La population.....	17
1.2.2 Les menaces.....	19
1.2.3 Le statut et cadre de conservation.....	21
CHAPITRE 2. Contexte et objectif.....	26
2.1 Problématique et objectif.....	26
2.2 Démarche scientifique.....	28
2.3 Contexte de travail.....	30
2.4 Les données.....	31
2.4.1 Zone d'étude.....	31
2.4.2 Collecte des données.....	32
2.4.3 Photo-identification.....	33
CHAPITRE 3. Article 1. Bottlenose dolphin social communities in the French Mediterranean Sea.....	35
CHAPITRE 4. Article 2. Distribution and abundance of common bottlenose dolphin (<i>Tursiops truncatus</i>) over the French Mediterranean continental shelf.....	47
CHAPITRE 5. Article 3. Potentiel du réseau d'aires marines protégées pour la gestion du Grand dauphin en Méditerranée française.....	63
CHAPITRE 6. Discussion générale.....	78
6.1 Synthèse et intérêt des résultats.....	78
6.2 Population ou unités à considérer pour le suivi et la mise en œuvre de mesures de conservation.....	79
6.3 Etat de la population.....	81
6.4 Pertinence du réseau d'aires marines protégées pour la conservation de la population....	83
6.5 Stratégie de conservation du Grand dauphin en Méditerranée française.....	85
6.6 Perspectives.....	88
Bibliographie.....	91
Annexe 1. Questionnaire autour du Grand dauphin à destination des gestionnaires d'Aires Marines Protégées.....	109
Annexe 2. Liste des communications réalisées.....	115

CHAPITRE 1. Introduction générale

1.1 La conservation des cétacés

1.1.1 Histoire

La prise de conscience de la nécessité de la préservation de la nature remonte au 19^{ème} siècle avec l'essor de l'industrialisation et ses conséquences sur l'environnement (Larrère, 2010). Au début du 20^{ème} siècle, émergent les premiers efforts de conservation des mammifères marins, suite au constat que plusieurs espèces de haute valeur avaient quasiment disparu en raison de la chasse. À la fin des années 1920, l'industrie baleinière a commencé à limiter la production de pétrole et à accorder une certaine protection aux populations épuisées de baleines franches, de baleines boréales et de baleines grises (Reeves, 2018).

En 1946, la Convention internationale pour la réglementation de la chasse à la baleine est signée à Washington DC et donne ainsi naissance à la Commission Baleinière Internationale (CBI). Le préambule de la Convention stipule que son but est d'assurer la bonne conservation des stocks de baleines et de permettre ainsi le développement ordonné de l'industrie baleinière. Une partie intégrante de la Convention est son "Annexe" juridiquement contraignante. Cette annexe, qui peut être modifiée, définit les mesures spécifiques que la CBI a collectivement décidé de prendre pour réglementer la chasse à la baleine et conserver les stocks de baleines.

En octobre 1948, l'Union Internationale pour la Protection de la nature était créée et rebaptisée en 1956 "Union Internationale pour la conservation de la nature et des ressources naturelles" (UICN). En 1964, elle crée la Liste rouge mondiale des espèces menacées qui a évolué pour devenir la source d'information la plus complète au monde sur le statut de risque d'extinction des espèces animales, fongiques et végétales. Aujourd'hui, sur les 120 espèces de mammifères marins listés, 36% des populations dont le statut a pu être évalué, sont considérées « Vulnérables », « En danger » ou « En danger critique » (Schipper *et al.*, 2008).

A partir de la fin des années 1960, d'autres accords internationaux sont signés, comme la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES) entrée en vigueur en 1975 et la Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage (CMS) entrée en vigueur en 1983. C'est également à partir de cette période que des efforts sérieux débutent pour conserver les mammifères marins pour des raisons autres que l'épuisement ou la disparition des stocks (et par conséquent de

l'industrie de la chasse) (Reeves, 2018). Cependant relativement peu d'instruments internationaux de conservation se concentrent uniquement sur les mammifères marins.

En 1985, Michel Soulé publiait dans *BioScience* un article intitulé « What is Conservation Biology ? A new synthetic discipline addresses the dynamics and problems of perturbed species, communities, and ecosystem », dans lequel il définit la biologie de la conservation comme une nouvelle étape dans l'application de la science aux problèmes de conservation. Cette discipline s'intéresse à la biologie des espèces, des communautés et des écosystèmes qui sont perturbés, directement ou indirectement, par des activités humaines ou d'autres agents. Son but est de fournir des principes et des outils pour préserver la diversité biologique (Soulé, 1985).

1.1.2 Défis

Les mammifères marins sont des espèces charismatiques, emblématiques, qui ont toujours eu une place à part dans l'histoire et la culture humaines. La sensibilisation des gens à leur préservation et à leur bien-être apparaît donc plus facile que pour d'autres espèces. Cependant, les efforts de conservation des mammifères marins ont eu des résultats mitigés (Evans and Raga, 2012; Gales, Hindell, and Kirkwood, 2003; Reeves and Twiss, 1999). En effet la conservation des mammifères marins présente de nombreux défis.

En tant qu'espèces inféodées au milieu marin, les mammifères marins passent une grande majorité de leur vie en mer et sous la surface. Malgré le développement incessant des activités humaines en mer et des technologies de surveillance, ces animaux vivent la plupart du temps loin du regard et des sociétés humaines. Notre compréhension de ces espèces et notre capacité à gérer leur statut et leur destin sont donc très limitées (Reynolds, Marsh, and Ragen, 2009). Nos connaissances sur l'état et l'évolution des populations et sur les impacts de pressions sont bien souvent très lacunaires. Les méthodes d'étude actuelles ne sont pas suffisantes pour détecter les déclinés précipités des populations (c'est-à-dire une baisse de 50 % de l'abondance sur une période de 15 ans) dans la majorité des populations de mammifères marins (Taylor, Martinez, Gerrodette, Barlow, and Hrovat, 2007).

Les mammifères marins sont des animaux très mobiles, qui se déplacent et peuvent migrer entre différentes zones fonctionnelles distantes de plusieurs dizaines à dizaine de milliers de km (Mate *et al.*, 2015), à la limite des capacités d'interprétation scientifiques et technologiques humaines. Leurs déplacements et migrations, guidés par la recherche de conditions environnementales favorables et de ressource alimentaire, les amènent à traverser des mers, des

océans et surtout les frontières administratives humaines. Mises à part quelques exceptions, il est souvent impossible d'atteindre l'idéal consistant à englober la répartition d'une population tout au long de l'année dans une seule zone protégée (Reeves, 2000). Comment alors protéger des populations qui fréquentent les eaux de plusieurs pays ? Comment mettre en œuvre des outils juridiques et des mesures de conservation au-delà des domaines d'application des lois nationales, en haute mer ?

Les mammifères marins essentiellement menacés par la chasse jusqu'au milieu du 20^{ème} siècle, font depuis les années 1990 face à une longue liste de menaces plus ou moins mortelles à plus ou moins long-terme, ne résultant généralement pas de dommages causés intentionnellement (Hofman, 1995). Ces menaces : captures accidentelles, enchevêtrement dans des engins de pêche, ingestion de déchets, diminution des ressources, pollution chimique et biologique, collisions, dérangement notamment par le bruit, perte ou dégradation d'habitat vital (Notabartolo di Sciara *et al.*, 2016), sont la conséquence directe ou indirecte d'activités humaines en mer et à terre. Les pressions sur les animaux sont multiples et peuvent s'additionner et/ou se potentialiser. Par exemple, la contamination par les produits chimiques présents dans la chaîne alimentaire peut entraîner un affaiblissement du système immunitaire (Cámara Pellissó *et al.*, 2008; Hall *et al.*, 2018), rendant les animaux plus sensibles aux agents pathogènes naturellement présents dans le milieu ou d'origine terrestre. Il est très compliqué d'évaluer les impacts de chaque pression et certaines pressions sont difficiles à appréhender (par exemple le changement climatique, la pollution diffuse, les nouveaux agents pathogènes) ou ne peuvent être traitées que partiellement pour être délimitées et gérées (E Hoyt and di Sciara, 2014).

La solution à ces menaces est généralement simple en théorie : interdire les activités impactantes par des lois ou des traités. Si dans le cas d'activités qui entraînent un impact direct évident, par ex. la chasse ou les captures dans les engins de pêche, l'interdiction peut apporter une solution rapide et efficace, dans le cas d'activités entraînant un impact indirect, cumulé et/ou à long terme, cela devient plus compliqué. D'autre part les solutions législatives ne sont efficaces que si elles sont correctement appliquées, sous-entendant un contrôle adéquat, ce qui est souvent problématique en mer, voire impossible en haute mer.

La conservation des mammifères marins est un problème social aussi bien qu'écologique, les valeurs sociales et les priorités politiques jouent souvent un rôle plus important que la probabilité d'extinction pour déterminer où les fonds de conservation sont dirigés (Reynolds *et al.*, 2009).

1.1.3 Approches

La conservation peut concerner des sites, des habitats, des communautés et des écosystèmes, mais traditionnellement, elle se focalise sur l'espèce (Reeves, 2018), classiquement définie comme une population ou un ensemble de populations dont les individus peuvent effectivement ou potentiellement se reproduire entre eux et engendrer une descendance viable et féconde, dans des conditions naturelles. Dans la pratique, la plupart des biologistes de la conservation conviennent que la préservation des espèces est insuffisante à elle seule ; il est également important de préserver la variété naturelle au sein des espèces, y compris les variantes génétiques et comportementales (Reeves, 2018). Une façon d'atteindre cet objectif plus ambitieux est d'assurer la survie des populations locales ou géographiques "stocks" (Dizon *et al.*, 1992).

Les outils internationaux

Pour protéger les espèces, populations ou stocks, différents outils cadres et initiatives existent à différents niveaux, international, régional, national ou local visant essentiellement à réguler, contraindre ou interdire les activités exerçant des pressions sur les cibles.

Il existe plusieurs conventions, accords ou initiatives à l'échelle internationale fournissant un cadre en faveur de la conservation des mammifères marins, mais très peu sont dédiés uniquement à ces espèces (Reeves, 2018). Ces instruments ont des champs d'application variés axés sur la protection de la nature (par exemple l'IUCN), de la biodiversité (ex. la Convention sur la diversité biologique (CBD)), de certaines espèces (par exemple la CMS et la Convention pour la protection des phoques antarctiques), sur la gestion des ressources (par exemple la Convention internationale pour la régulation de la chasse à la baleine) ou sur la gestion d'activités (par exemple l'Organisation Maritime Internationale (OMI) et la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES)).

Des outils internationaux, plus ou moins contraignants, existent également à des échelles plus régionales. Par exemple, en Europe, la Commission Européenne a émis deux directives (la Directive 92/43/CEE Habitat-Faune-Flore (DHFF) et la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin 2008/56/CE (DCSMM)) en faveur de la conservation des habitats, espèces et du milieu marin. Les directives instaurent une obligation de résultat, mais laissent les États

membres de l'Union Européenne libres quant aux moyens d'y parvenir. Lorsqu'un pays ne transpose pas une directive, la Commission peut engager une procédure d'infraction.

En Méditerranée deux accords internationaux visent spécifiquement la conservation des mammifères marins, l'Accord sur la Conservation des Cétacés de la Mer Noire, de la Méditerranée et de la zone Atlantique adjacente (ACCOBAMS) et l'Accord Pelagos.

L'ACCOBAMS, signé en 1996 et entré en vigueur en 2001, est un accord intergouvernemental dont l'objectif est de réduire les menaces qui pèsent sur les cétacés notamment en améliorant l'état des connaissances sur ces animaux. Cet accord est le fruit de consultations menées entre les secrétariats de quatre conventions : la convention de Barcelone pour la protection du milieu marin et du littoral de la Méditerranée et son protocole relatif aux aires spécialement protégées et à la diversité biologique en Méditerranée, la convention de Bonn sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage, la convention de Berne relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe et la convention de Bucarest sur la protection de la Mer Noire contre la pollution.

L'Accord Pelagos, signé en 1999 et entré en vigueur en 2002, est un accord tripartite entre la France, l'Italie et Monaco ayant pour objectif d'instaurer des actions concertées et harmonisées entre les trois pays pour la protection des cétacés et de leurs habitats contre toutes les causes de perturbation et créant le Sanctuaire Pelagos, un espace maritime de 87 500 km² reconnu comme Aire Spécialement Protégée d'Importance Méditerranéenne (selon le protocole relatif aux aires spécialement protégées et à la diversité biologique en Méditerranée (ASP/DB) de la Convention de Barcelone). L'originalité du Sanctuaire Pelagos pour les mammifères marins de Méditerranée réside dans le fait qu'il constitue une zone de gestion tripartite dans un territoire côtier et de haute mer appréhendé comme un "écosystème de grande dimension" d'un grand intérêt scientifique, socio-économique, culturel et éducatif. L'ensemble du Sanctuaire peut être considéré, de façon très générale, comme une sous-unité distincte biogéographiquement de l'Ecosystème Marin de Grande Dimension (LME) de Méditerranée.

L'échelle internationale est dans beaucoup de cas, la seule échelle pertinente, notamment pour la conservation des espèces à répartition mondiale et les instruments internationaux sont indispensables pour assurer un effort de conservation cohérent et impactant. Cependant, l'efficacité des instruments internationaux, quelle que soit leur échelle, repose sur l'engagement des parties, et sur le respect et l'application des décisions prises. En règle générale, les États souverains peuvent retirer des dispositions avec lesquelles ils sont en désaccord et ne sont plus contraints par une mesure pour laquelle ils ont déposé une objection (Reeves, 2018). D'autre

part, Ardron, *et al.* (2014) soulignent un manque crucial de coopération entre ces différents instruments qui représenterait le talon d'Achille de l'efficacité de cette constellation d'accords.

Le rôle des états

Les outils internationaux influencent et/ou contraignent les états pour mettre en œuvre les décisions ou recommandations. Selon leurs engagements dans les outils juridiques internationaux, qui peuvent parfois être contradictoires, et leur politique interne, les états élaborent et mettent en place des stratégies plus ou moins contraignantes et spécifiques. Peu de pays ont mis en place un cadre juridique national dédié à la conservation des mammifères marins, comme le Marine Mammal Protection Act aux Etats-Unis. En France la conservation des mammifères marins est mise en œuvre à travers la désignation de Zones Spéciales de Conservation (ZSC) pour les mammifères marins listés en Annexe II de la DHFF et à travers la Stratégie nationale pour la mer et le littoral (SNML) et sa déclinaison au niveau de la façade, le document stratégique de façade (DSF), qui constituent la réponse nationale aux objectifs européens fixés par la DCSMM et la directive cadre européenne « planification de l'espace maritime » (DCPEM). Un Plan d'Action pour la protection des Cétacés a été adopté en 2019 avec pour vocation de fixer une stratégie nationale cohérente avec les programmes et les plans déjà existants (plans de gestion du sanctuaire Agoa et du sanctuaire Pelagos par exemple) et d'assurer la coordination entre les différents secteurs en interaction avec les cétacés.

L'approche « Place-based »

A partir des années 70, la conservation connaît une évolution avec l'émergence d'une approche visant à focaliser les efforts plutôt sur des zones ou habitats fonctionnels que sur une espèce ou population. Ce concept communément appelé « place-based » ou « area-based » conservation, s'appuie le principe de protection des habitats critiques. L'habitat marin critique a été défini par Ray (1976) comme les "zones identifiables qui sont vitales pour la survie d'une espèce marine à un moment donné de son cycle de vie", et il a préconisé l'utilisation de ce concept dans le choix des zones marines protégées (Harwood, 2001). Ray a suggéré que l'accent mis sur les besoins des espèces individuelles n'était pas une approche optimale et a recommandé que les zones marines protégées soient sélectionnées pour protéger une mosaïque d'écosystèmes (Ray & McCormick-Ray, 1995). Cette approche, partagée par de nombreux auteurs (Christensen *et al.*, 1996; Robertson, 1992; Schwartz, 1999; Sherman and Duda, 1999), est à l'origine à partir

des années 70 d'une expansion marquée des aires protégées, dont les premières virent le jour au XIX^{ème} siècle avec la création du Parc Yellowstone en 1872 (Phillips, 2004). Les aires protégées ont aujourd'hui une place cruciale dans les stratégies de conservation, à terre comme en mer, même si le développement des aires marines protégées (AMPs) a été moins rapide et plus tardif (Watson *et al.*, 2014). L'objectif 11 des objectifs d'Aichi du Plan stratégique pour la diversité biologique 2011-2020 de la CBD, stipule que d'ici 2020, au moins 17 % des eaux terrestres et intérieures et 10 % des zones côtières et marines, en particulier les zones particulièrement importantes pour la biodiversité et les services écosystémiques, sont conservées grâce à des systèmes de zones protégées gérés de manière efficace et équitable, représentatifs sur le plan écologique et bien reliés entre eux, ainsi qu'à d'autres mesures efficaces de conservation par zone, et intégrées dans les paysages terrestres et marins plus vastes. L'IUCN définit les AMPs comme « Toute zone du terrain intertidal ou subtidal, ainsi que les eaux qui la couvrent, la flore, la faune et les caractéristiques historiques et culturelles associées, qui a été réservée par la loi ou par d'autres moyens efficaces pour protéger tout ou partie de l'environnement s'y trouvant » (Kelleher, 1999). Les AMPs couvrent de nombreux types de protection différents. Certaines sont des zones de non prélèvement, tandis que d'autres permettent une utilisation multiple de leurs ressources.

L'approche « place-based » pour la conservation des mammifères marins remonte au début des années 1970 (Hoyt and Sterling, 2011). La première zone protégée désignée spécifiquement pour les cétacés a été la zone de reproduction hivernale des baleines grises (*Eschrichtius robustus*) de la Laguna Ojo de Liebre (lagune de Scammon) en Basse Californie, au Mexique, désignée en 1972 (Hoyt and Sterling, 2011). A partir des années 90, les AMPs pour les mammifères marins se sont développées, principalement dans les limites des eaux territoriales ou des zones économiques exclusives (ZEE). En 1999, la désignation du Sanctuaire Pelagos, ouvre la voie des AMPs pour les mammifères marins en haute mer. Divers outils existent pour identifier des zones appropriées pour la conservation des mammifères marins, notamment les accords et protocoles d'accord établis dans le cadre de la CMS, les zones écologiquement et biologiquement importantes (EBSAs) établies dans le cadre de la CBD, les zones clés pour la biodiversité de l'IUCN (KBAs), et le nouveau concept de zones importantes pour les mammifères marins (IMMAs) proposé par le groupe de travail de l'IUCN sur les zones protégées pour les mammifères marins (Notabartolo di Sciara *et al.*, 2016).

1.2 Les enjeux de conservation du Grand dauphin en Méditerranée française

1.2.1 La population

Le Grand dauphin (*Tursiops truncatus*, Montagu ; cf. Figure 1) est une espèce commune en mer Méditerranée (Reeves & Notarbartolo di Sciara, 2006). Il a été observé le long de la plupart des côtes méditerranéennes (Bearzi, Fortuna & Reeves, 2009), de préférence sur le plateau continental (Gannier, 2005; Gnone *et al.*, 2011; Notarbartolo Di Sciara *et al.*, 1993), même si des groupes ont également été observés au large (Laran *et al.*, 2016).

Les différentes populations de grands dauphins de Méditerranée sont génétiquement différenciées les unes des autres et de celles de l'Atlantique dont elles sont issues, bien que des échanges entre populations aient lieu (Bearzi, Fortuna, and Reeves, 2009). D'après des analyses génétiques menées sur des échantillons prélevés de l'océan Atlantique Nord-Est à la mer Noire, cinq populations ont été identifiées : une autour de l'Ecosse, une en Atlantique Nord-Est, une à l'ouest de la Méditerranée, une à l'est de la Méditerranée et une en mer Noire (Natoli, Birkun, Aguilar, Lopez, and Hoelzel, 2005). La répartition de ces populations coïncide avec des transitions entre différents types d'habitats. Les deux populations méditerranéennes sont séparées par une frontière se trouvant au niveau de la péninsule italienne. L'isolement génétique de ces deux populations de grands dauphins est très marqué, indiquant peu voire pas d'échange entre les individus, même très proches géographiquement. L'isolement génétique entre la population de l'est de la Méditerranée et celle de la mer Noire est également très fort, tandis que celui entre les populations de l'ouest de la Méditerranée et de l'Atlantique est faiblement marqué indiquant un fort taux d'échange entre individus ou une division récente entre les deux populations (Natoli *et al.*, 2005). Louis *et al.* (2014) ont mis en évidence que des grands dauphins échoués en Corse appartenaient à une population comprenant des individus échantillonnés dans le détroit de Gibraltar, associée à une population plus large incluant des dauphins échantillonnés dans l'Atlantique nord-est et considérée comme pélagique (Louis *et al.*, 2014).

Les grands dauphins sont des animaux sociaux avec une structure sociale de type fission-fusion caractérisée par un haut degré de variation spatio-temporelle dans la taille et la composition des groupes (Connor, Wells, Mann, and Read, 2000). La taille du groupe peut aller de 1 à plus de 100 individus avec quelques exceptions de groupes allant jusqu'à 1 000 individus. Le plus souvent les groupes sont constitués de 2 à 15 dauphins (Bearzi *et al.*, 2009; Shane, Wells, Würsig, and Odell, 1986; Wells and Scott, 1990).

En Méditerranée, la taille des groupes de grands dauphins est en général légèrement inférieure à 10 individus (Bearzi *et al.*, 2009), bien que des groupes de plus de 50 dauphins aient été observés.

La taille totale de la population en Méditerranée est inconnue, mais elle pourrait se situer autour de 10 000 individus (Bearzi, Fortuna, and Reeves, 2012). En Méditerranée nord-occidentale, les campagnes de Suivi Aérien de la Mégafaune Marine (SAMM), conduites en 2011 et 2012, ont estimé les effectifs de Grand dauphin dans la ZEE de Méditerranée française plus les eaux italiennes du sanctuaire Pelagos et les eaux espagnoles dans la limite occidentale à 13 400 individus (IC 95% : 5 500- 32 600) en hiver et de 3 900 individus (IC 95% : 1 000-15 000) en été (Laran *et al.*, 2016). Gnone *et al.* (2011) ont estimé qu'entre 884 et 1 023 grands dauphins vivaient dans le Sanctuaire Pelagos. Plusieurs études ont été menées depuis les années 1990 le long du littoral de Méditerranée française, principalement basées sur la photo-identification (Bompar, Baril, Dhermain, and Ripoll, 1994; Dhermain, Ripoll, Bompar, David, and Di-megliio, 1999; Labach, Dhermain, and Dupraz, 2015). En 2000, l'opération Cap Ligures du WWF a réalisé un recensement dans la zone du Golfe du Lion et du Sanctuaire Pelagos qui faisait état de 424 à 515 individus, tandis que la même année le GECM en photo-identifiait 127 en Corse (Dhermain and Ripoll, 2000).



Figure 1. Grand dauphin (*Tursiops truncatus*). Crédit: Hélène Labach, Corse 2019.

Le Grand dauphin (*Tursiops truncatus*, Montagu, 1821)

Cette espèce appartient au sous-ordre des odontocètes et à la famille des *delphinidae*. Le Grand dauphin évolue dans les eaux marines tempérées et tropicales. Les limites d'occupation géographique de l'espèce sont définies par la température de l'eau et la distribution des proies (Wells and Scott, 1999). C'est une espèce cosmopolite, elle fréquente les côtes et les estuaires mais aussi les zones pélagiques des océans (Wells and Scott, 1999).

Il existe dans plusieurs régions deux écotypes génétiquement distincts chez cette espèce : l'écotype côtier et l'écotype pélagique (Hoelzel, Potter, and Best, 1998). L'écotype pélagique est généralement plus grand que l'écotype côtier et présente une coloration sombre et des appendices courts. Les mensurations du Grand dauphin relevées sur les côtes méditerranéennes françaises sont pour les adultes : 250-360 cm (200-300 kg) ; pour les nouveau-nés : 90-100 cm (15-20 kg) (Dhermain, Bompar, Jourdan, and Labach, 2016).

La durée de vie du Grand dauphin est d'environ 50 ans pour les femelles et 40 ans pour les mâles (Wells and Scott, 1999). En règle générale, les femelles atteignent la maturité sexuelle entre 5 et 13 ans alors que les mâles sont matures entre 10 et 13 ans (Wells and Scott, 1999), mais ce paramètre est dépendant de la région étudiée. La durée de gestation est d'environ un an et les femelles donnent naissance à un petit tous les 2 à 6 ans (Connor *et al.*, 2000).

Le Grand dauphin montre une grande variabilité dans l'amplitude de ses déplacements. Certains individus suivent des migrations saisonnières alors que d'autres peuvent être considérés comme résidents d'une zone (Shane *et al.*, 1986; Wells and Scott, 1999). La taille des domaines vitaux peut varier en fonction des régions et des groupes sociaux (Ballance, 1992; Defran and Weller, 1999; Shane *et al.*, 1986).

Le régime alimentaire est très variable en fonction de la région et de la disponibilité des proies et de la région (Blanco, Salomón, and Raga, 2001; Wells and Scott, 1999). En Méditerranée, le Grand dauphin se nourrit en grande partie de proies démersales telles que le Merlu commun, le Congre commun, le Rouget de vase et le Rouget de roche, la seiche, le poulpe et d'autres poissons et mollusques (Bearzi *et al.*, 2009). Le Grand dauphin est décrit comme une espèce opportuniste et adaptable. Il est souvent observé derrière les chaluts, dans les filets de pêche et autour des aquacultures.

1.2.2 Les menaces

Jusque dans les années 60s, l'élimination intentionnelle représentait la principale cause de mortalité des Grands dauphins en Méditerranée (Bearzi *et al.*, 2009; Bearzi, Holcer, and Notarbartolo Di Sciara, 2004). Du fait de sa présence côtière, les grands dauphins sont particulièrement exposés aux pressions d'origine terrestre et liées à la fréquentation croissante du littoral, ainsi qu'au développement des activités nautiques professionnelles et de loisirs (Bearzi *et al.*, 2009).

Le régime alimentaire et le comportement opportuniste de cette espèce sont les causes de nombreuses interactions avec les activités de pêche (Bearzi *et al.*, 2009). L'analyse des échouages fait apparaître qu'entre 18 et 26% des grands dauphins échoués sur les côtes de Méditerranée française entre 1972 et 2012 présentaient des traces de capture évidente ou probable par des engins de pêche (Dhermain *et al.*, 2015, 2011). Les effets de la surpêche ainsi que du changement climatique peuvent entraîner une diminution des ressources disponibles pour les dauphins (Azzellino, Gaspari, Airoidi, and Nani, 2008; Bearzi *et al.*, 2009; Canadas and Hammond, 2008).

Le risque de collisions ne concerne pas uniquement les grands cétacés. Les dauphins peuvent également être victimes de collisions avec des petits engins à moteur (Bechdel *et al.*, 2009; Felix *et al.*, 2017; Nowacek, Wells, and Solow, 2001; Wells *et al.*, 2008) et plusieurs animaux ont été observés avec de graves cicatrices dues à des hélices (Figure 2).



Figure 2. Grand Dauphin (*Tursiops truncatus*) probablement blessé par une hélice. Crédit : GECEM.

D'autre part, l'augmentation du bruit engendré par les activités nautiques peut entraîner l'évitement temporaire ou permanent d'une zone et perturber les activités vitales de communication, de reproduction et de repos des animaux (Fortuna, 2006; La Manna, Manghi, Pavan, Lo Mascolo, and Sarà, 2013; Nowacek *et al.*, 2001).

Le Grand Dauphin se situant en haut de la chaîne alimentaire, il accumule au cours de sa vie les contaminants présents dans le milieu marin et toute la chaîne alimentaire. Les niveaux de contaminants, en particulier de composés organochlorés, chez les grands dauphins de Méditerranée sont très élevés par rapport aux niveaux signalés pour les grands dauphins dans certaines autres zones (Aguilar, Borrell, and Reijnders, 2002; Borrell and Aguilar, 2007; Borrell *et al.*, 2006; Corsolini *et al.*, 1995; Fossi *et al.*, 2003; Marsili and Focardi, 1997; Storelli, Barone, Piscitelli, Storelli, and Marcotrigiano, 2007; Wafo *et al.*, 2005). Des taux variables

d'éléments traces métalliques sont aussi observés chez le Grand dauphin (Bearzi *et al.*, 2009). L'accumulation de composés tels que les PCB ou les HAP peuvent entraîner des troubles de la reproduction, du système immunitaire, ainsi que le développement de néoplasies (Hall *et al.*, 2006; Lahvis *et al.*, 1995; Reddy, Reif, Bachand, and Ridgway, 2001; Schwacke *et al.*, 2002).

1.2.3 Le statut et cadre de conservation

En Méditerranée, la sous-population de Grand dauphin est listée comme "vulnérable" sur la liste rouge de l'IUCN (Bearzi *et al.*, 2012). Bien qu'il n'existe aucune estimation de la population à l'échelle de la Méditerranée, il y aurait une tendance à la baisse depuis le début des années 1940 (Bearzi *et al.*, 2009).

Le Grand dauphin figure en Annexe II de la Convention de Washington sur le commerce international des espèces menacées, mesure renforcée en Europe via la réglementation 3626/82 qui lui confère un statut d'Annexe I, le niveau de protection le plus élevé. Il est inscrit en Annexe II de la Convention de Berne pour la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel en Europe, listant les espèces animales strictement protégées pour lesquelles il est nécessaire de préserver les habitats par le biais de mesures législatives et réglementaires.

En Méditerranée, il figure en Annexe II (espèces menacées ou en danger) du Protocole de la Convention de Barcelone sur les Aires Spécialement Protégées d'Importance Méditerranéenne (ASPIM) et fait l'objet d'un plan d'action spécifique en cours d'élaboration par l'Accord sur la conservation des cétacés de la mer Noire, de la Méditerranée et de la zone Atlantique adjacente (ACCOBAMS).

Le Grand dauphin est une des deux seules espèces de cétacés, avec le Marsouin commun (*Phocoena phocoena*), figurant dans l'Annexe II de la Directive Habitats du 21 mai 1992, listant les espèces animales et végétales d'intérêt communautaire, dont la protection nécessite la désignation de Zones Spéciales de Conservation.

La Directive européenne Cadre Stratégie pour le Milieu Marin, mise en œuvre en France à travers le Plan d'Action pour le Milieu Marin (PAMM), constituant aujourd'hui le volet environnemental du Document Stratégique de Façade (DSF) élaboré dans le cadre de la mise en œuvre nationale de la Directive européenne pour la Planification de l'Espace Maritime, prévoit notamment la mise en œuvre d'un programme de surveillance et d'un programme de mesures pour 17 thématiques, dont 1 concerne les mammifères. Le programme de surveillance

du PAMM prévoit notamment la mise en œuvre d'un suivi dédié par photo-identification des populations côtières de mammifères marins, dont le Grand dauphin.

D'autre part, le Grand dauphin est strictement protégé par l'arrêté du 01 juillet 2011 fixant la liste des mammifères marins protégés sur le territoire national et les modalités de leur protection, et pour laquelle sont interdits, entre autres, la destruction, la capture et le dérangement intentionnel.

Les Aires marines protégées en Méditerranée française

Le code de l'environnement français reconnaît aujourd'hui 15 types d'aires marines protégées (cf. encadré 2).

Encadré 2

Les aires marines protégées (AMPs) reconnues par le code de l'environnement (article L334-1 modifié le 24/07/2019)

- aires de protection de biotope, des habitats naturels et des sites d'intérêt géologique* (arrêtés ministériels ou préfectoraux)
- parcs nationaux* dont les cœurs et leurs éventuelles réserves intégrales, les aires d'adhésion et les aires maritimes adjacentes
- parcs naturels marins
- réserves naturelles* (nationales, régionales, de Corse) ainsi que leurs éventuels périmètres de protection
- réserves nationales de chasse et de faune sauvage*
- sites Natura 2000*, à savoir les :
 - zones de protection spéciale / directive Oiseaux
 - zones spéciales de conservation / directive Habitats-faune-flore
- parties maritimes du domaine relevant du Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres
- parties maritimes des parcs naturels régionaux
- zones de conservation halieutique,
- Biens inscrits sur la liste du Patrimoine mondial* (UNESCO)
- réserves de biosphère* (programme Man and Biosphere de l'UNESCO)
- zones humides d'importance internationale* (convention Ramsar)
- zones protégées de la convention Oslo-Paris (convention OSPAR)
- aires spécialement protégées d'importance méditerranéenne (convention de Barcelone)
- aires spécialement protégées de la convention de Carthage
- zones marines protégées de la convention de Nairobi
- aires spécialement protégées du traité de l'Antarctique*
- aires marines protégées créées en application des codes de l'environnement de la Polynésie française, de la Nouvelle-Calédonie et de ses provinces, ainsi que de Wallis-et-Futuna

* ayant une partie maritime

Source : <https://www.amp.milieufrance.fr/accueil-fr/definition>

De nouvelles catégories peuvent être reconnues par arrêtés ministériels. La plupart des aires marines protégées permettent de concilier les enjeux de protection et le développement durable d'activités. Leurs modes de gouvernance sont variés et associent le plus souvent les usagers, les élus et les experts à la gestion de l'espace marin classé.

En 2006 l'état français fonde l' Agence des aires marines protégées et des parcs naturels marins (AAMP), un établissement public sous tutelle du ministère de l'Ecologie, spécifiquement dédié à l'animation du réseau des aires marines protégées françaises, et des parcs naturels marins. En 2016, le regroupement de l'AAMP, de l' Office national de l'eau et des milieux aquatiques (ONEMA), l'Établissement public des parcs nationaux et le groupement d'intérêt public ATEN donne naissance à l'Agence Française pour la Biodiversité (AFB). En 2019, l'AFB fusionne avec l'Office national de la chasse et de la faune sauvage (ONCFS) et devient l' L'Office français de la biodiversité (OFB), un établissement public de l'État, sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et solidaire et du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, qui contribue, s'agissant des milieux terrestres, aquatiques et marins, à la surveillance, la préservation, la gestion et la restauration de la biodiversité ainsi qu'à la gestion équilibrée et durable de l'eau en coordination avec la politique nationale de lutte contre le réchauffement climatique.

L'OFB anime le réseau d'AMPs françaises et contribue à la participation de la France à la constitution et à la gestion des aires marines protégées décidées au niveau international.

En Méditerranée française, en 2016, on comptait une soixantaine d'AMPs (dont 1 Parc naturel marin, 2 Parcs nationaux, 3 réserves naturelles, 3 aires de protection de biotope, 13 Zone de Protection Spéciale (ZPS), 36 Zone Spéciale de Conservation (ZSC), 5 Aires Spécialement Protégée d'Importance Méditerranéenne (ASPIM) et 2 réserves de biosphère, représentant près de 34 % de la superficie de la Zone Economique Exclusive (ZEE) française (Figure 3). Toutes les AMPs sont incluses dans les eaux territoriales (limite des 12 milles nautiques (NM)), hormis le Parc naturel marin du Golfe du Lion, 1^{ère} AMP française de grande taille en Méditerranée avec une surface de 4 010 km², dont plus de 50% se situe au-delà des 12 milles nautiques et le Sanctuaire Pelagos, ASPIM de 87 500 km² faisant l'objet d'un Accord entre l'Italie, Monaco et la France. Toutes les AMPs de Provence-Alpes-Côte d'Azur à l'Est de Hyères et l'ensemble des AMPs de Corse se trouvent à l'intérieur de la zone du Sanctuaire. Le Sanctuaire Pelagos est la seule AMP (en 2016) dédiée aux cétacés en Méditerranée française.

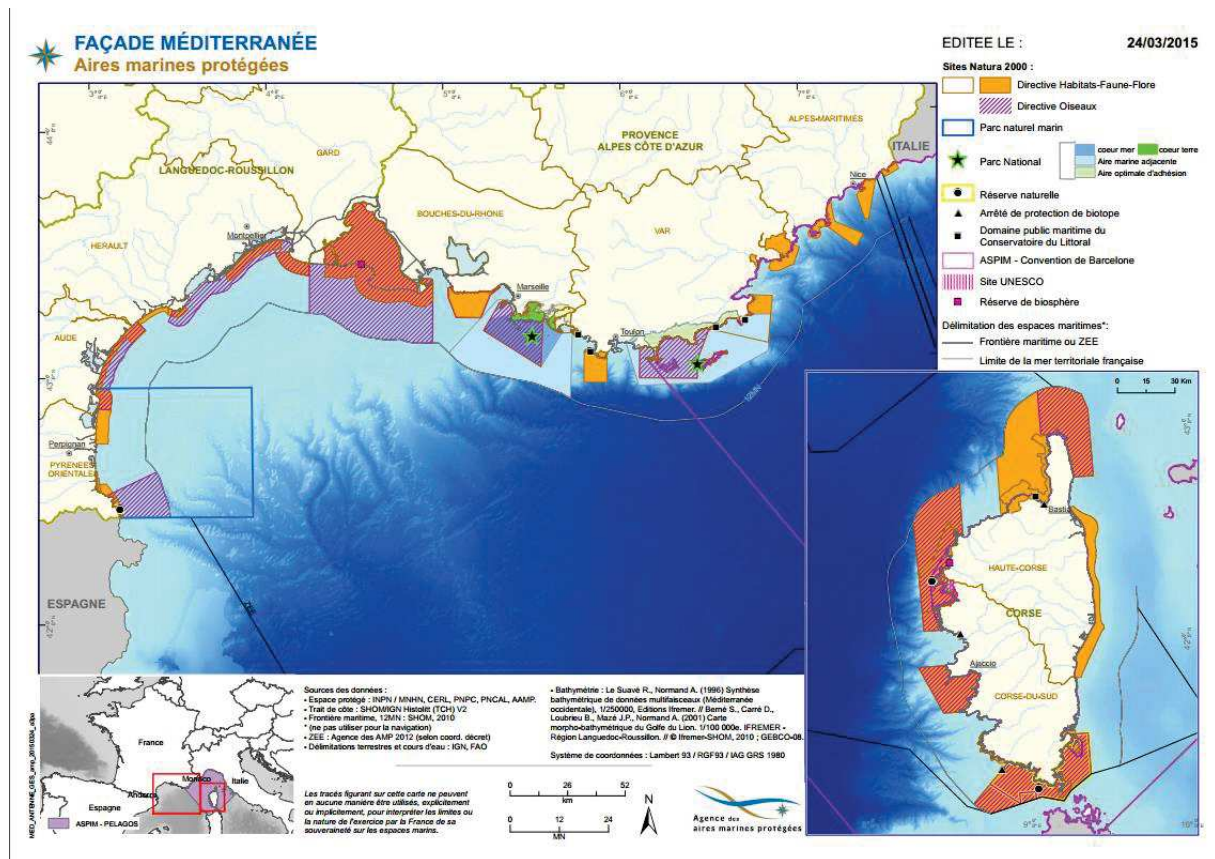


Figure 3. Aires marines protégées de Méditerranée française (source Cartomer 2015)

La nouvelle stratégie nationale pour les aires protégées prévoit de protéger dès 2022 30% de notre territoire national et des espaces maritimes sous juridiction, dont un tiers sous protection forte.

La stratégie nationale pour les aires protégées repose sur deux objectifs :

- 1) Un objectif de 30 % d'aires protégées, qui constituent la trame de protection du territoire ;
- 2) Un objectif de 10 % de protection forte, avec un niveau plus élevé de protection.

La stratégie ambitionne de penser la protection de la biodiversité de façon dynamique, en s'appuyant sur deux niveaux de protection : les aires protégées et les zones de protection forte qui font l'objet d'une protection plus élevée (incluant également des aires de protection intégrale) afin d'y limiter ou supprimer les pressions engendrées par les activités humaines.

A ce titre, la stratégie ne vise pas uniquement la création d'aires protégées supplémentaires mais également à garantir que celles-ci soient représentatives de la diversité des écosystèmes, bien gérées, interconnectées, disposant des moyens suffisants, ce afin de créer un réseau robuste d'aires protégées résilient aux changements globaux.

Résumé des enjeux de conservation du Grand dauphin en Méditerranée française

- Le grand dauphin est une espèce **vulnérable, menacée** par de nombreuses pressions en Méditerranée
- Le Grand dauphin est la seule espèce de cétacé en Méditerranée française **présente toute l'année** sur le plateau continental **près des côtes**, c'est l'espèce **la plus présente dans les AMPs**.
- Le Grand dauphin figure en Annexe II de la DHFF listant les espèces pour lesquelles **des ZSC doivent être désignées**
- Le programme de mesure de la DCSMM prévoit un **programme de surveillance spécifique** pour les populations résidentes côtières de Grands dauphins, notamment en Méditerranée
- l'ACCOBAMS, dont la France est signataire, élabore un **plan d'action spécifique** pour cette espèce
- **Très peu de connaissances** sur la distribution, la structure et la dynamique de la population fréquentant les eaux de Méditerranée française sont disponibles.

CHAPITRE 2. Contexte et objectif

L'objectif de cette thèse est de fournir des éléments pour permettre l'élaboration d'une stratégie de conservation du Grand dauphin sur la façade de Méditerranée française afin de répondre aux enjeux de conservation de l'espèce et de contribuer à l'atteinte des objectifs et au respect des engagements de la France.

2.1 Problématique et objectif

Elaborer et mettre en œuvre un projet de conservation est un processus en plusieurs étapes. J'ai choisi pour illustrer la réflexion et la contribution de ce travail de thèse à l'élaboration d'une stratégie de conservation, de me baser sur les normes de conservation élaborées le Conservation Measures Partnership (CMP), une communauté créée en 2002, d'ONG, d'agences gouvernementales, de bailleurs de fonds et d'entreprises privées qui travaillent collectivement pour guider la conservation dans le monde¹. Le CMP a développé un langage commun pour la terminologie de la gestion de projet, dont les normes de processus et leur synthèse ont conduit à l'élaboration des normes de conservation pour la pratique de la conservation (Conservation Standards for the Practice of Conservation, version 1.0) en 2004.

Le cycle projet des Open Standards (OS) proposé par le CMP est représenté sur la figure 4.

¹ <https://www.conservationmeasures.org/about-cmp/>



Figure 4. Cycle de projet Open Standards for the Practice of Conservation
(source: <https://www.miradi.org/open-standards/>)

La 1ère étape d’une stratégie (ou d’un projet) de conservation consiste à définir la portée de la stratégie, identifier la cible et évaluer son statut, définir la zone d’application, identifier les pressions et définir les objectifs. Pour cela, il est indispensable de disposer d’un minimum de connaissances sur la population (distribution spatio-temporelle, structure, résidence et dynamique, utilisation de la zone) et sur la nature, l’importance et l’impact des pressions qui s’exercent la population cible. Or ces connaissances sur le Grand dauphin en Méditerranée française sont lacunaires.

Ce travail de thèse vise à contribuer à l'élaboration d'une stratégie de conservation du Grand dauphin en Méditerranée en apportant deux types d'éléments.

- Premièrement, des éléments scientifiques sur la population de grands dauphins fréquentant le littoral de Méditerranée française nécessaires à l'étape **1. Evaluer**
- Deuxièmement, des éléments d'éclairage sur le potentiel du réseau d'aires marines protégées comme support à une stratégie de conservation du Grand dauphin en Méditerranée française pour l'étape **2. Planifier**

2.2 Démarche scientifique

La démarche scientifique de cette thèse est de répondre à travers ce travail aux questions scientifiques ci-dessous.

1/ Quelle est la population ou les unités à considérer pour le suivi et la mise en œuvre de mesures de conservation ?

Afin de répondre à cette question, je me suis intéressée à la structure de la population présente en Méditerranée française afin d'identifier d'éventuelles unités qui nécessiteraient une gestion spécifique. Pour cela, des analyses génétiques ont été réalisées par Pierre-Louis Stenger dans le cadre d'un master 2 au LIENS à La Rochelle encadré par Benoît Simon-Bouhet, avec ma participation, sur les échantillons collectés par biopsie lors du projet GDEGeM (cf. encadré 4) et des échantillons collectés sur des grands dauphins échoués. Pour compléter ces résultats, j'ai étudié la structure sociale de la population en évaluant les liens entre individus identifiés par photo-identification. L'article 1 « Bottleneck dolphin social communities in the French Mediterranean Sea » présente les résultats de l'inférence de la structure sociale des grands dauphins le long des côtes continentales de Méditerranée française et les domaines vitaux des unités sociales identifiées.

2/ Quelle est l'état de la population ?

Afin de répondre à cette question, j'ai évalué la distribution des observations de grands dauphins réalisées dans le cadre du projet GDEGeM sur le plateau continental de Méditerranée française et j'ai évalué les effectifs présents par la méthode de capture-recapture à partir des

données de photo-identification collectées dans le cadre du projet. L'article 2 « Distribution and abundance of common bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) over the French Mediterranean continental shelf » présente la distribution et l'estimation des effectifs dans la zone d'étude.

3/ Le réseau d'aires marines protégées peut-il constituer un outil pertinent pour la conservation de la population ?

Afin de répondre à cette question, je me suis intéressée à la couverture spatiale de la zone fréquentée par l'espèce, ainsi qu'à la présence des grands dauphins à l'intérieur et à l'extérieur des AMPs, en comparant les taux de rencontre et les abondances relatives calculés à partir des données collectées par le projet GDEGeM. Je me suis également intéressée à la place et à la conservation de l'espèce dans les AMPs, en analysant les réponses à un questionnaire envoyé aux gestionnaires d'AMPs dans le cadre du projet. L'article 3 « Potentiel du réseau d'aires marines protégées pour la gestion du Grand dauphin en Méditerranée française » présente les résultats de ces analyses.

Le tableau 1 présente la contribution des différentes parties de cette thèse aux questions scientifiques posées, ainsi qu'à l'élaboration d'une stratégie de conservation (basée sur les étapes du cycle de projet des OP présentées sur la figure 4).

Tableau 1. Contribution de la thèse à l'élaboration d'une stratégie de conservation du Grand dauphin en Méditerranée française

Etape	Éléments	Questions scientifiques	Contribution de la thèse
Evaluer	- But - Menaces critiques		Chapitre 1. Introduction générale 1.2 Les enjeux de conservation du Grand dauphin en Méditerranée française
	- Portée, vision et cibles	1/ Quelle est la population ou les unités à considérer pour le suivi et la mise en œuvre de mesures de conservation ?	Chapitre 3. Article 1. Bottlenose dolphin social communities in the French Mediterranean Sea
	- Statut de conservation	2/ Quel est l'état de la population ?	Chapitre 4. Article 2. Distribution and abundance of bottlenose dolphin (<i>Tursiops truncatus</i>) over the French Mediterranean continental shelf
Planifier	- Buts, stratégies, hypothèses et objectifs	3/ Le réseau d'aires marines protégées peut-il constituer un outil pertinent pour la conservation de la population ?	Chapitre 5. Article 3. Potentiel du réseau d'aires marines protégées pour la gestion du Grand dauphin en Méditerranée française

2.3 Contexte de travail

J'ai réalisé cette thèse dans le cadre de ma mission permanente de Coordinatrice et Chargée de projets au sein du Groupement d'intérêt Scientifique pour les Mammifères Marins de Méditerranée et leur environnement (GIS3M), puis de directrice de l'association MIRACETI. Le travail a reposé sur les données collectées dans le cadre du projet GDEGeM Grand dauphin Etude et Gestion en Méditerranée que j'ai élaboré, porté, coordonné et réalisé en partenariats avec plusieurs partenaires (cf. encadré 4).

Projet GDEGeM Grand dauphin Etude et Gestion en Méditerranée

Financement : Fondation MAVVA, Agence des aires marines protégées et Sanctuaire Pelagos partie française.

Période : 2013-2015

Coordination : Hélène Labach, GIS3M

Partenaires : GECEM, EcoOcéan Institut, BREACH, CARI, SOMME, Fondazione Acquario di Genova, Parc naturel régional de Corse, Parc national de Port-Cros, parc marin de la côte bleue, MedPan

Objectif : Améliorer les moyens de conservation du Grand Dauphin en Méditerranée nord-occidentale à travers trois objectifs spécifiques :

- 1) Améliorer les connaissances sur la population de Grands Dauphins le long des côtes méditerranéennes françaises.
- 2) Aider à la mise en place et au suivi de mesures de conservation au sein des aires marines protégées.
- 3) Faciliter la conservation du Grand Dauphin à l'échelle de la population méditerranéenne grâce à la création d'un réseau efficace.

2.4 Les données

2.4.1 Zone d'étude

Le littoral méditerranéen français présente une grande diversité et richesse d'habitats et de fonds marins (D'ortenzio and Ribera Dalcai, 2009). Le Golfe du Lion, de la frontière espagnole à Marseille, est un vaste plateau continental limité au nord par un littoral sableux et lagunaire et au sud par un talus large entaillé par de nombreux canyons. Le bassin corso-liguro-provençal présente un littoral rocheux prolongé par un plateau continental très étroit laissant rapidement la place à un talus abrupt et entaillé par de profonds canyons qui débouche rapidement sur la plaine abyssale. A l'est de la Corse, les reliefs sont moins profonds avec un plateau continental plus étendu.

L'objectif du projet GDEGeM a été de prospecter tout l'habitat potentiel du Grand Dauphin en Méditerranée française. La zone d'étude couvre le plateau continental de Méditerranée française entre la côte et l'isobathe des 500 m. Elle est délimitée par la frontière espagnole à l'ouest, la frontière italienne à l'est et comprend tout le littoral corse (Figure 4). La surface globale de la zone d'étude est de 24 481 km².

Le littoral a été divisé en neuf zones (Figure 4). Des partenariats scientifiques ont été établis avec cinq structures partenaires afin de réaliser les missions de photo-identification dans une ou plusieurs zones en fonction de la zone habituelle d'intervention de chaque structure :

- Zone Golfe du Lion Ouest (GDLO) : BREACH ;
- Zones Golfe du Lion Centre Est et Centre Ouest (GDLCE et GDLCO) : EcoOcéan Institut ;
- Zones Golfe du Lion Est ; Provence Ouest et Est (GDLE ; PO ; PE) : GECEM ;
- Zone Corse Nord (CN) : CARI Corse ;
- Zones Corse Sud et Ouest (CS ; CO) : Parc naturel régional de Corse.

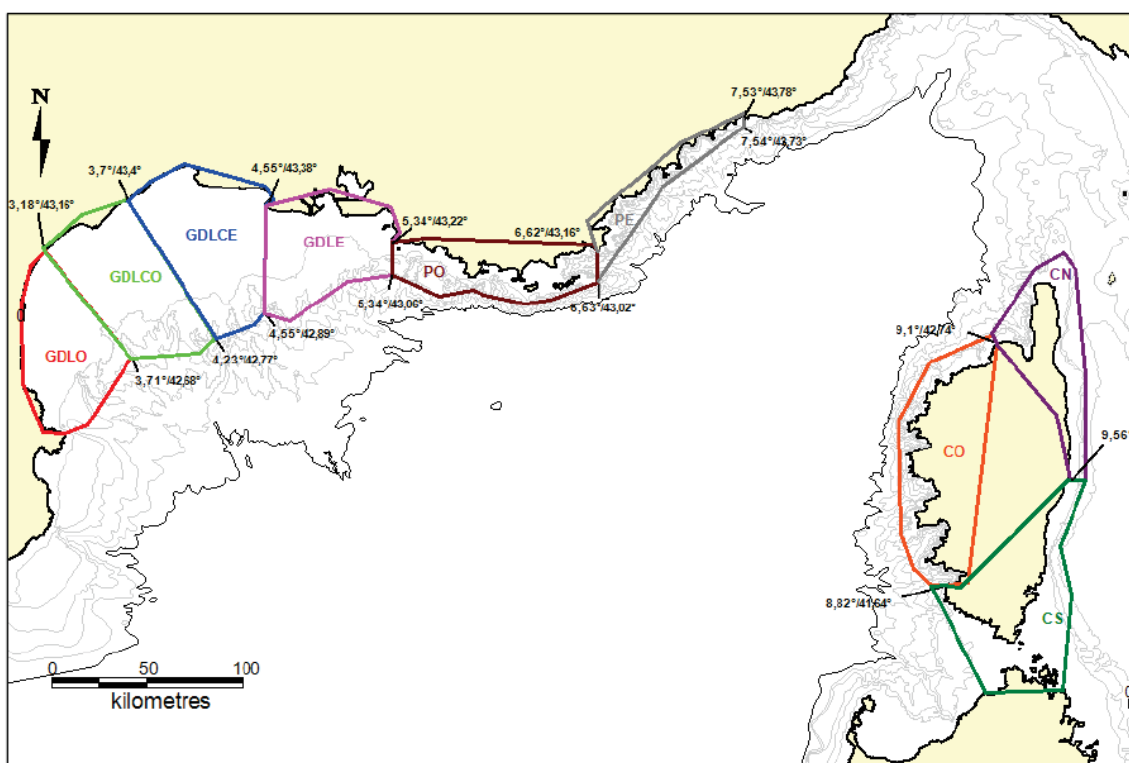


Figure 5. Zone d'étude et zones de prospection du projet GDEGeM

2.4.2 Collecte des données

L'objectif d'effort de prospection était de 4 campagnes de 4 jours (en moyenne 8 heures) par zone, par an, pendant 2 ans, soit un objectif total de 288 jours de mission. Les prospections devaient avoir lieu dans de bonnes conditions d'observation (vent inférieur à 3 Beauforts et visibilité « Bonne »).

Une campagne complémentaire de 2 semaines « Golfe du Lion - Grand Large » financée par la DREAL Languedoc-Roussillon a été organisée sur les secteurs les plus au large du plateau du Golfe du Lion, afin de compléter l'effort dans cette zone plus difficilement accessible. Les données de cette mission ont été intégrées aux analyses.

Les routes de prospection étaient définies de manière aléatoire en fonction des conditions météorologiques pour photo-identifier un maximum de groupes et couvrir un maximum de la zone d'étude.

Le type de plateforme (voilier, semi-rigide ou coque rigide), ainsi que le type de sorties (demi-journée, journée ou plusieurs jours embarqués) varie selon les partenaires.

Un protocole standard et commun à tous les partenaires du projet GDEGeM a été utilisé pour noter les données concernant les sorties, l'effort, la composition et le comportement (alimentation, repos, voyage et socialisation) des groupes, ainsi que les éventuelles interactions avec des activités humaines. Une application pour la récolte des données a été réalisée spécifiquement à l'aide du logiciel gratuit CyberTracker².

2.4.3 Photo-identification

La méthodologie choisie pour cette étude est la photo-identification (Würsig and Würsig, 1977) largement utilisée pour le Grand dauphin. Chaque partenaire était chargé de photographier tous les individus de chaque groupe rencontré, si possible des 2 côtés, à l'aide d'appareil photo réflexe numériques de marques variables munis d'objectifs ou de zoom de longueurs focales maximales comprises entre 200 et 400 mm.

Chaque partenaire était en charge du traitement de ses photos et de la création d'un catalogue de photo-identification pour sa ou ses zones prospectées.

Pour chaque observation, seules les photos utilisables pour la photo-identification (profils droit et gauche incluant la nageoire dorsale) et de qualité suffisante pour reconnaître un individu ont été conservées. Les photos ont été recadrées (sur la nageoire dorsale) et retouchées à l'aide d'un logiciel de développement numérique, de manière à mettre en évidence les marques (cicatrices, pigmentation, etc.) présentes sur la dorsale et le haut du dos. Les meilleures photos du profil

² <https://www.cybertracker.org/>

droit et du profil gauche de chaque individu, ont été rassemblées de façon à constituer un catalogue par partenaire.

Chaque partenaire a ensuite comparé son catalogue avec les catalogues de tous les autres partenaires du projet afin d'identifier des individus communs (recapturés) entre les différents catalogues. La comparaison ou « matching » de tous les individus a donc été réalisé 5 fois. Des catalogues ont été réalisés par région (Corse, Provence et Golfe du Lion) afin de réaliser des analyses. Un catalogue Provence–Golfe du Lion a ensuite été constitué en comparant et fusionnant les catalogues de Provence et du Golfe du Lion.

Les photos ont été notées en fonction de leur qualité (netteté, angle de prise de vue, cadrage, etc.) de 1 (bonne) à 3 (mauvaise) et en fonction du degré de marquage des individus de 1 (bien marqué) à 3 (peu marqué), selon les critères établis et utilisés par différents auteurs (Berrow, O'Brien, Groth, Foley, and Voigt, 2012; Ingram, 2000; Urian, Hohn, and Hansen, 1999; H Whitehead, 1997; B. Wilson, Hammond, and Thompson, 1999).

Une matrice a ensuite été créée retraçant l'histoire de captures de tous les individus identifiés lors du projet.

Toutes les données d'observation et de photo-identification ont été chargées sur la plateforme Intercet (www.intercet.it), développée par l'Acquario di Genova dans le cadre du projet GIONHA (Governance and Integrated Observation of marine Natural Habitat). Intercet est un outil permettant le partage et la gestion en ligne de données géoréférencées et photographiques sur les populations de cétacés et de tortues marines en Méditerranée.

CHAPITRE 3. Article 1. Bottlenose dolphin social communities in the French Mediterranean Sea

Hélène Labach, Olivier Gimenez and co-authors

Contribution

Hélène Labach: Conceptualization, Data curation, Formal analysis, Funding acquisition, Investigation, Methodology, Project administration, Validation, Visualization, Writing-original draft

Olivier Gimenez: Formal analysis, Methodology, Supervision, Validation, Visualization, Writing-original draft

Co-authors: Data curation, Investigation, Writing-original draft

Résumé

La sous-population de grands dauphins en Méditerranée (*Tursiops truncatus*) est classée comme vulnérable par l'Union internationale pour la conservation de la nature. Cette espèce est strictement protégée en France et la désignation de Zones Spéciales de Conservation (ZSC) est requise par la Directive Européenne Habitats Faune Flore (92/43/CEE). Cependant, peu d'informations sont disponibles sur la structure et la dynamique des grands dauphins dans les eaux méditerranéennes françaises. Nous avons étudié la structure sociale des grands dauphins fréquentant le plateau continental de Méditerranée française à l'aide de la méthode HWI basée sur des données de photo-identification entre 2013 et 2015. Nous avons identifié 4 clusters sociaux le long de la côte continentale. L'évaluation des zones vitales des clusters montrent que 3 clusters fréquentent préférentiellement le Golfe du Lion et le 4^{ème} la Provence. Aucune association n'a été trouvée entre les dauphins observés en Corse et les dauphins observés dans le Golfe du Lion et la Riviera, suggérant un ou plusieurs clusters sociaux indépendants dans cette zone. Nos résultats fournissent des informations importantes pour la stratégie de gestion et la mise en œuvre de mesures de conservation pour les grands dauphins dans les eaux méditerranéennes françaises.

Mots clés

Capture-recapture, Grand dauphin, Méditerranée française, photo-identification, unités de gestion, structure sociale, *Tursiops truncatus*

Abstract

The Mediterranean bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) sub-population is listed as vulnerable by the International Union for Conservation of Nature. This species is strictly protected in France and the designation of Special Areas of Conservation (SAC) is required under the EU Habitats Directive (92/43/EEC). However, little information is available about the structure and dynamics of bottlenose dolphins in French Mediterranean waters. We studied the social structure of the bottlenose dolphins frequenting the French Mediterranean continental shelf using the HWI method based on photo-identification data collected between 2013 and 2015. We identified 4 social clusters along the continental coast. The evaluation of the vital areas of the clusters show that 3 clusters frequent preferentially the Gulf of Lion and one the Riviera. No association was found between dolphins sighted in Corsica and dolphins sighted in Gulf of Lion and Riviera suggesting one or more independent social cluster in this area. Our results provide important information to inform management strategy and conservation measures implementation for the bottlenose dolphins in the French Mediterranean waters.

Keywords

Bottlenose dolphin, capture-recapture, French Mediterranean Sea, management units, photo-identification, social structure, *Tursiops truncatus*.

Introduction

The delineation of discrete, countable, and reasonable units is necessary to achieve effective management of wildlife populations (Coder, 1996; Evans and Teilmann, 2009). Traditionally, the most widely used conservation units have been "Evolutionary Significant Units" (ESU) conceptualized in 1986 (Ryder, 1986) and "Management Units" (MU) (Funk, McKay, Hohenlohe, and Allendorf, 2012). Although several definitions exist an ESU can generally be defined as a population or group of populations that warrants separate management or conservation priority due to its high genetic and ecological specificity (Funk *et al.*, 2012). At a smaller scale, MUs are populations that are demographically independent, meaning that their population dynamics (growth rates) are dependent on local birth and death rates rather than immigration (Funk *et al.*, 2012; Moritz, 1994). Generally, the definition of conservation units is mainly based on genetic data (Casacci, Barbero, and Balletto, 2014; Giménez *et al.*, 2017). With the growing recognition that both genetics and ecology influence evolutionary trajectories, the multidisciplinary and integrated approach is increasingly used to study population structure and define units for conservation that take into account ecologically similar individuals coexisting in space and time, and that are particularly appropriate for short- and medium-term management actions (Esteban *et al.*, 2016; Fraser and Bernatchez, 2001; Giménez *et al.*, 2017; Sveegaard *et al.*, 2015). Among the different methods, the study of social structure, related to environmental, ecological and genetic factors, is increasingly used (Esteban *et al.*, 2016; Giménez *et al.*, 2017; Hoelzel, Dahlheim, and Stern, 1998; Louis *et al.*, 2018; Lusseau *et al.*, 2006).

Marine mammals are social species organizing in social groups, which can be linked to spatio-temporal habitat utilization, foraging strategies and interactions with human activities (Sutherland, 1998; Hal Whitehead, Rendell, Osborne, and Würsig, 2004). Bottlenose dolphins live in fission-fusion societies characterized by highly dynamic and temporary associations (Connor *et al.*, 2000). It has been highlighted that some individuals share stronger bonds and organize into communities showing different ecological and behavioral strategies (C Connor, Smolker, and Richards, 1992; Daura-Jorge, Cantor, Ingram, Lusseau, and Simões-Lopes, 2012; Genov, Centrih, Kotnjek, and Hace, 2019; Lusseau *et al.*, 2003; Mann, Stanton, Patterson, Bienenstock, and Singh, 2012). Understanding social structure of populations is therefore important for their conservation and management (Wilson, 2000).

Our study focuses on bottlenose dolphin population in the French Mediterranean waters. The Mediterranean bottlenose dolphin sub-population is considered as "vulnerable" on IUCN

(International Union for Conservation of Nature) Red List. The French national implementation of the European Habitats Directive (92/43/EEC) and Marine Strategy Framework Directive (2008/56/EC) requires the implementation of a dedicated monitoring and conservation strategy of the population in the French Mediterranean waters. In French Mediterranean waters, bottlenose dolphins are encountered all over the continental shelf all year round, the population frequenting the continental coast has been estimated at > 700 individuals (Labach *et al.*, 2019). The different populations of Mediterranean bottlenose dolphins are genetically differentiated from each other and from the Atlantic populations from which they originate, although exchanges between populations do occur (Bearzi *et al.*, 2009). Based on genetic analyses of samples taken from the Northeast Atlantic Ocean to the Black Sea, five populations have been identified: one around Scotland, one in the Northeast Atlantic, one in the western Mediterranean, one in the eastern Mediterranean and one in the Black Sea (Natoli *et al.*, 2005). Louis *et al.* (2014) highlighted that bottlenose dolphins stranded in Corsica belonged to a population including individuals sampled in the Strait of Gibraltar, associated with a larger population including dolphins sampled in the Northeast Atlantic and considered pelagic (Louis *et al.*, 2014). Gnone *et al.* (2011) identified two sub-populations inside the Pelagos Sanctuary coinciding with the national boundaries between French and Italian territories and highlighted some long-distance movements. However, no information is available on the structuration of the population regularly present in the French Mediterranean waters.

The main objective of our study was to infer social structure of the bottlenose dolphin population frequenting the French Mediterranean continental shelf in order to inform monitoring and management strategies. We inferred the social structure, studying the relationships between individuals photo-identified during a two years dedicated survey conducted all year round all over the French continental shelf. We then evaluated the vital areas of the clusters identified.

Methods

Study area

The study area covers the continental shelf of the French Mediterranean waters between the coast and the 500 m isobath, bounded by the Spanish border to the west, the Italian border to the east, and includes the whole Corsican coastline (Fig. 6). The overall study area covers 24,481 km² and was divided into three regions according to their geographic and topographic

characteristics: Gulf of Lion (14,731 km²), Riviera (2,866 km²) and Corsica (6,884 km²). To ensure a homogeneous sampling over the whole study area, each region was divided into sub-regions of similar area (4 in Gulf of Lion, 2 in Riviera and 3 in Corsica) and assigned to 5 local organizations associated with marine mammals monitoring (BREACH, CARI, EcoOcéan Institut, GECEM and Parc naturel régional de Corse) according to their location and usual study areas, each organization covering one or two sub-regions.

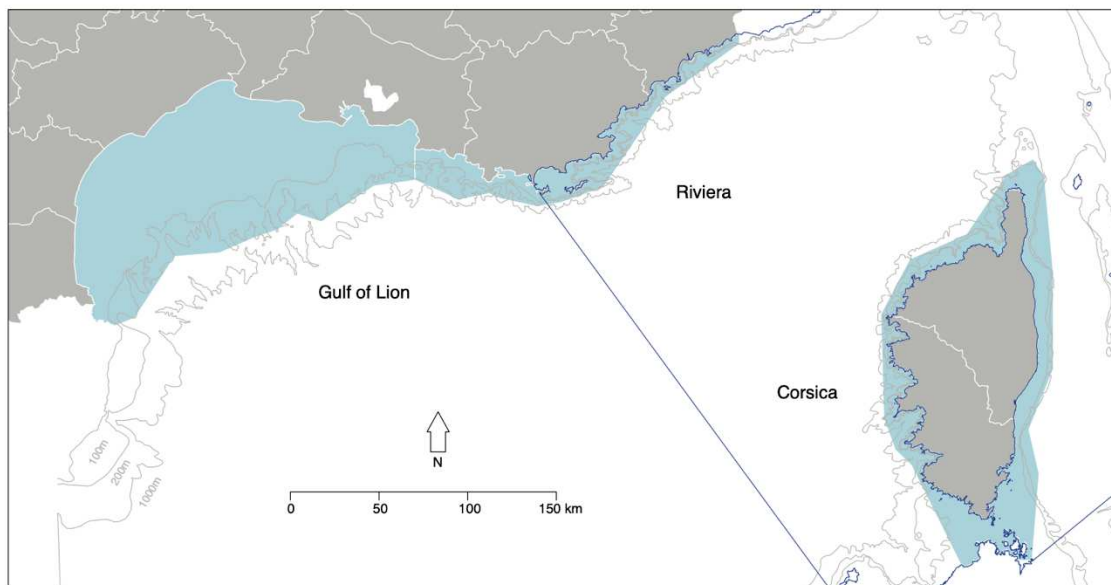


Figure 6. Study area (in light blue) encompassing the French Mediterranean continental shelf in north-western Mediterranean Sea. The Pelagos sanctuary boundaries appear in dark blue. The bathymetry is also displayed on the map.

Data collection

We conducted four days of boat-based surveys per season within each sub-region. We defined the survey effort as the length (in km) of track actively traveled prospecting the area with naked eyes by three observers in favorable weather conditions (Beaufort scale 0-3 and good visibility). This effort was estimated to ensure the coverage of at least 10% of the study area in each season. Seasons were defined as spring (March 22-June 21), summer (June 22-September 21), autumn (September 22-December 21) and winter (December 22-March 21). This survey was conducted twice between summer 2013 and summer 2015 using small sailing and motor boats. Routes

were planned on a variable basis, according to weather conditions, to optimize the study area sampling coverage. All partners applied a standard common protocol using a digital application for the data collection specifically designed with Cybertracker (<https://www.cybertracker.org/>), systematically recording survey tracks with a GPS receiver. When we encountered a group of bottlenose dolphins, we recorded the position of first contact, group size and composition along with the group main activity. We defined a group as all the dolphins seen with naked eye during the sighting. The estimated group size is the estimated number of individuals observed or photo-identified whenever the latter figure is greater than the estimated one.

Whenever possible, we took pictures with digital reflex camera of both sides of dorsal fins of all individuals of the group regardless of their markings.

Photo-identification

We identified individuals using natural marks: scars, nicks, and scratches on their dorsal fins (Würsig and Jefferson, 1990; Würsig and Würsig, 1977). We scored best pictures of each dolphin sighting according to their quality (Q1 for good, Q2 for medium and Q3 for bad) and the distinctiveness of animals (D1 for well-marked, D2 for moderately marked and D3 for poorly marked) (Berrow *et al.*, 2012; Ingram, 2000). The best photograph of each side of each individual in each sighting were selected to generate catalogs of identified dolphins and their sighting histories. Catalogs and associated data were incorporated into a common database which was uploaded onto the international web database INTERCET (<http://www.intercet.it/>). Each partner compared its own catalog with all the others, and a global matching was realized by one additional scientist ensuring that matching was realized by at least three people and minimizing bias due to false positive and negative matching. The matching process led to three regional catalogs and one global catalog. Due to the insufficient number of recaptures in Corsica, we did not pursue analyses for this dataset.

Social structure

For the analyses, we removed the photographs scored both Q3 and D3, and selected the individuals sighted at least three times. To infer the social structure, we analyzed the associations between individuals, considering that dolphins were associated when sighted in the same group. To convert these associations into relationship measures, we used the Half-Weight Index (HWI; ranging between 0 and 1; (Bejder, Fletcher, and Bräger, 1998)). The

association coefficients between two individuals seen at least 3 times was calculated for each dyad using the R *asnipe* package (Farine, 2013) in R (Team, 2018). To test whether the observed association values were larger than expected under the random association hypothesis, we used permutation tests (Bejder *et al.*, 1998) based on the standard error (SD) of the HWI (Hal Whitehead, 2008) and 1 000 permutations. The null hypothesis of random association was rejected if the p-value of the test was < 0.05 and we then concluded to preferential associations (Hal Whitehead, 2008). To describe the social organization of dolphins, we used dendrograms based on the HWI and classical clustering techniques based on the average-linkage method as short and long distances between individuals have less impact on the results than in other techniques (Whitehead and Dufault, 1999). We also used graphical approaches to represent the network (Newman, 2006), where associations were represented by non-oriented arrows whose length was weighted by the HWI, i.e. the close two individuals were, the more they were seen together.

Vital areas

We estimated the vital areas of the clusters with the Fixed k LoCoH method (Getz *et al.*, 2007) using the *AdhabitatHR* package (Calenge, 2015) in R (Team, 2018). We used all sightings of all individuals associated in a cluster to construct the convex hull. We represented the 70% and 90% (including respectively 70% and 90% of the sighting locations) for each cluster using the package *maptools* in R (Team, 2018).

Results

Sightings and photo-identification

We sighted 151 groups of bottlenose dolphins during the project. Group size was highly variable in the three regions: mean group size was similar in Riviera (15.7, SD = 10.3) and Gulf of Lion (16.6, SD = 13.2) and lower in Corsica (5.3, SD = 4.5). We did not record any recapture between continental and Corsican coast during the project, while we observed 43 individuals in both Riviera and Gulf of Lion.

After pictures scoring and sorting, 901 different dolphins were identified, of which 158 (18%) were observed at least three times during the project (Table 2).

Table 2. Distribution of individuals per number of captures.

Number of captures	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Number of individuals	598	145	85	36	21	7	3	4	2	901

Number of individuals identified (after picture scoring and sorting) 1, 2, 3, etc. times

Social structure

The permutation test was significant (p -value < 0.05), showing a non-random association between dolphins. HWI values varied between clusters (cluster 1: mean = 0.12, SD = 0.17; cluster 2: mean = 0.14, SD = 0.19; cluster 3: mean = 0.29, SD = 0.24; cluster 4: mean = 0.48, SD = 0.27). The results of the clustering showed 4 clusters (Fig. 7). The number of individuals in each cluster is presented in Table 3. The network of relationships between individuals and clusters represented in Figure 8 showed that the 4 clusters are connected, with three clusters showing close relationships and the fourth one appearing more distant. Cluster 4 showed an internal structuration with the majority of individuals having close relationships, and some other showing less intense relationships with the members of the cluster, but having relationships with 2 other clusters 1 and 3.

Table 3. Number of individuals in each cluster

Cluster ID	1	2	3	4	Total
Number of individuals	59	44	29	26	158

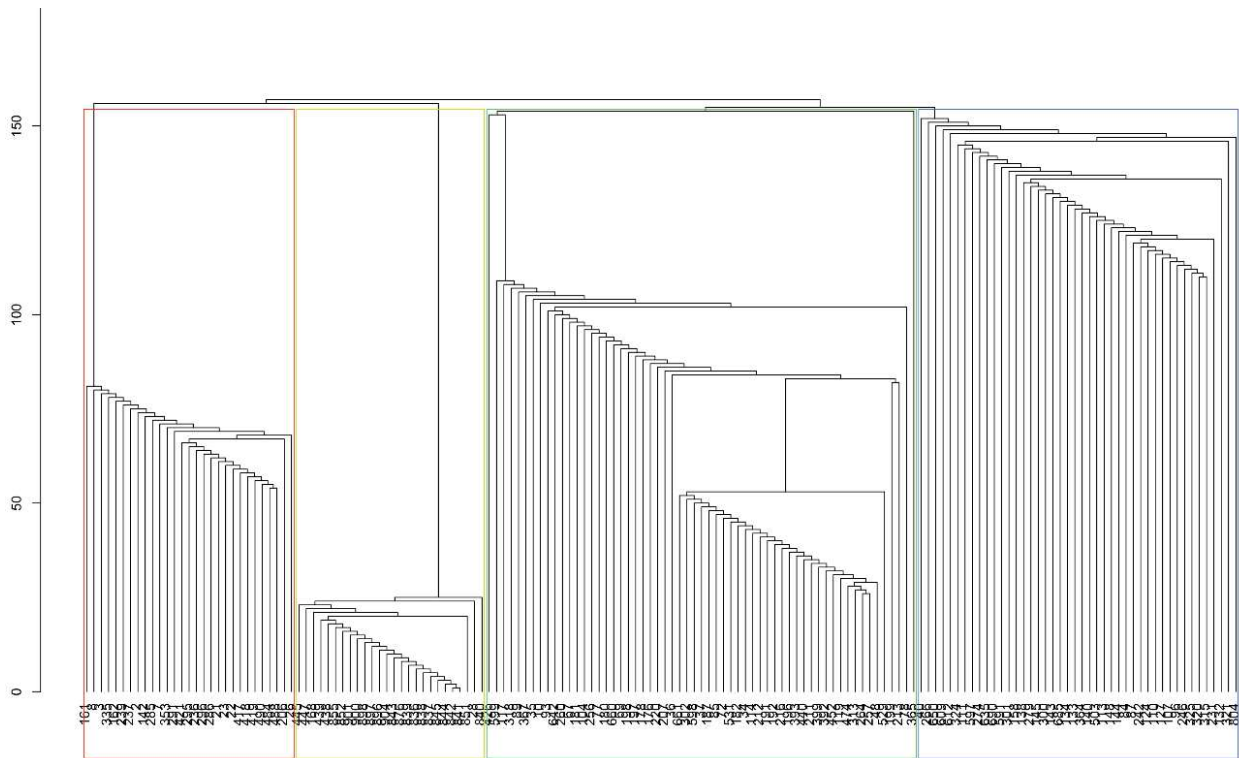


Figure 7. Hierarchical cluster diagram of the half-weight index coefficients between photo-identified bottlenose dolphins. Cluster number 1 is in green, number 2 in blue, number 3 in red and number 4 in yellow.

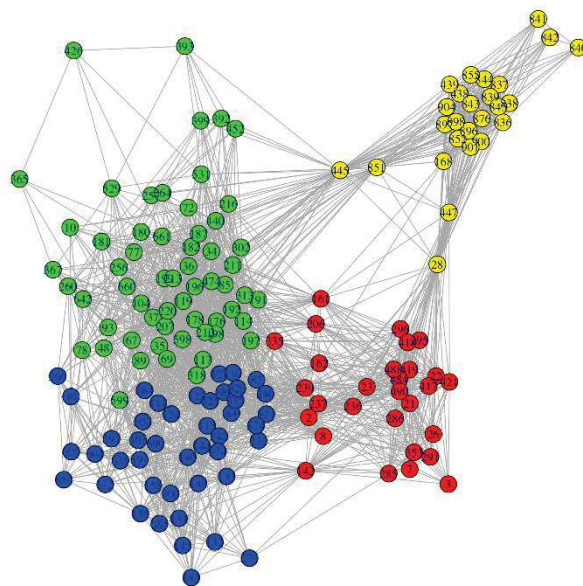


Figure 8. Social network of bottlenose dolphins photo-identified along French continental coast. The length of the lines between individuals is proportional to the half-weight index. Cluster number 1 is in green, number 2 in blue, number 3 in red and number 4 in yellow (see Fig. 2).

Vital areas

The mapping of the 4 clusters vital areas show geographic differences, mainly between cluster 4 localized in Riviera and clusters 1, 2 and 3 localized in the Gulf of Lion (Fig. 9). In the Gulf of Lion, large overlap appears between 2 of the clusters and some area appear to be used by three clusters.

The size of vital areas (Table 4) appears smaller in Riviera than in in the Gulf of Lion.

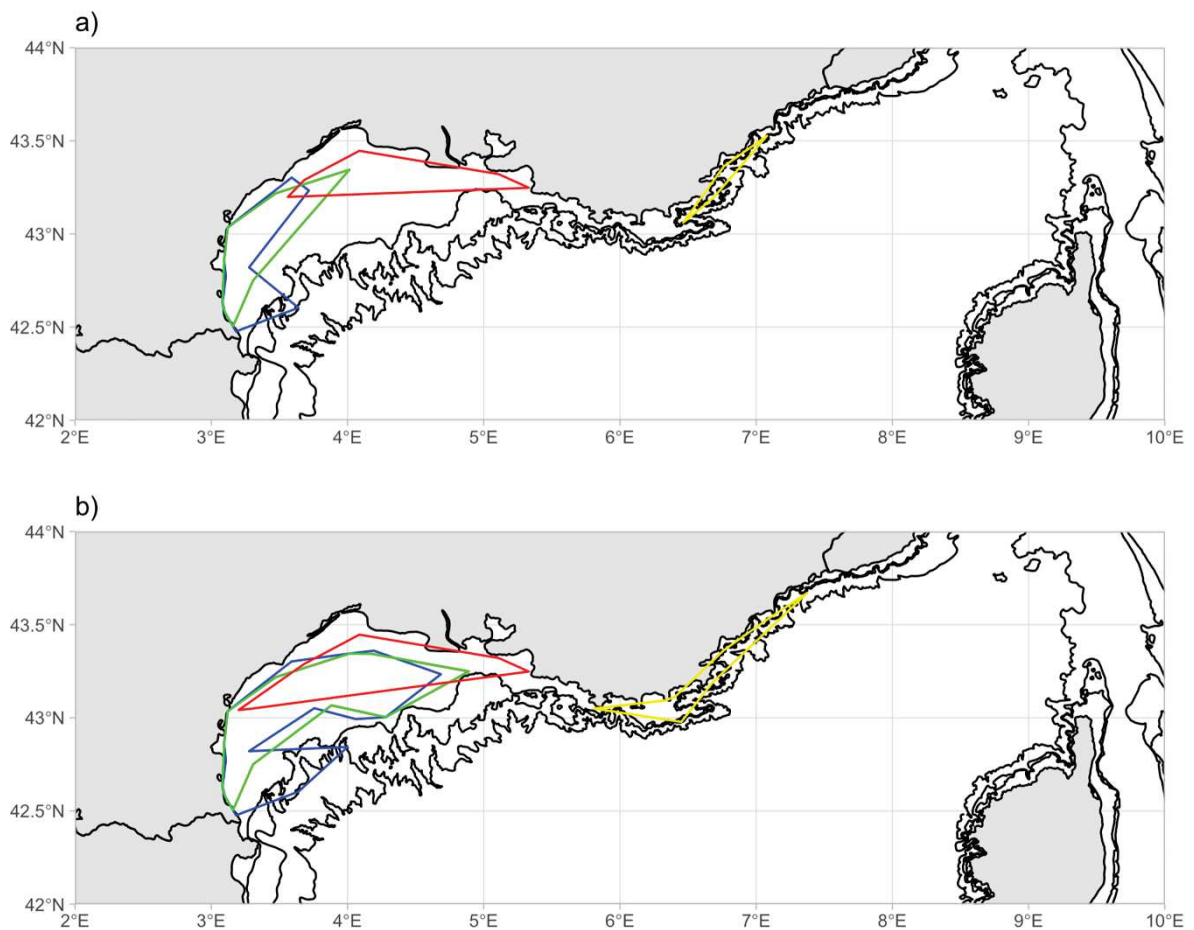


Figure 9. Vital areas of the 4 social clusters of bottlenose dolphins along French continental coast. LocoH utilization areas of clusters (1 in green, 2 in blue, 3 in red and 4 in yellow) a) 70% isopleth and b) 90% isopleth.

Table 4. Social cluster vital area sizes.

Cluster ID	Area 70% size (km2)	Area 90% size (km2)
1	4,606	11,726
2	4,581	9,461
3	4,267	6,739
4	635	2,240

Discussion

Our study provides the first insight into bottlenose dolphin population structure in the French Mediterranean waters providing important information for management strategies of this population.

The absence of recaptures between Corsica and continental areas during the project suggests the existence of distinct community in Corsica, although exchanges have been historically documented (Gnone *et al.*, 2011; Labach *et al.*, 2015). Gnone *et al.* (2011) identified 2 sub-populations in the Pelagos Sanctuary, one in the west and the other in the east of Corsica, reflecting the movements of some individuals between Corsica and the mainland. Intensifying the survey effort in Corsica will allow inferring the social structure of the population frequenting the Corsican waters.

The analysis of the social structure carried out on the relationships between individuals recaptured in Provence and in the Gulf of Lion showed a structure in the population into 4 clusters. The vital areas of the clusters show that the three closest clusters frequent preferentially the Gulf of Lion, while the more distant cluster frequent preferentially the Riviera. The sighting of 46 individuals both in Riviera the Gulf of Lion suggests that some dolphins use both areas and have relationships with dolphins of different social groups, as shown by the social network. This geographical segregation of the social groups may be driven by different ecological factors linked to different habitat characteristics. The Gulf of Lion, from the Spanish border to Marseille, is a vast continental shelf limited to the north by a sandy and lagoon coastline and to the south by a broad slope cut by numerous canyons, while the Corso-Liguro-Provençal basin (Riviera and west coast of Corsica) presents a rocky coastline prolonged by a very narrow continental shelf quickly giving way to an abrupt slope, cut by deep canyons. Difference in

ecology between regional clusters is also suggested by the difference in the size of vital areas. It would be interesting to study the isotopic and toxicological profiles, as well as the diets of the different communities in order to confirm or inform this ecological differentiation. On the other hand, it would be interesting to study the dynamics of these communities, as well as their degree of isolation. The collection of complementary data of photo-identification, as well as biopsies is necessary.

Our results suggest that the 3 regions of the study area (Corsica, Riviera and Gulf of Lion) are frequented preferentially by distinct social groups. These findings call for considering these 3 regional units for monitoring and conservation strategies of bottlenose dolphin in the French Mediterranean waters.

Acknowledgements

We thank MAVA Foundation, the French Biodiversity Agency and the Pelagos Sanctuary, who financially supported the GDEGeM project and also Fondation de France for funding through the INTERACT project. We thank all the partners for their involvement in the data collection: BREACH, CARI Corse, EcoOcéan Institut, GECCEM and Parc naturel régional de Corse as well as all the people who participated to the survey. We also acknowledge Guido Gnone and Michela Bellingeri for their support in the use of the INTERCET platform.

CHAPITRE 4. Article 2. Distribution and abundance of common bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) over the French Mediterranean continental shelf

Hélène Labach^{1,2}, Caroline Azzinari^{3,1}, Maxime Barbier¹, Cathy Cesarini⁴, Boris Daniel⁵, Léa David⁶, Frank Dhermain⁷, Nathalie Di-Méglio⁶, Benjamin Guichard⁵, Julie Jourdan⁷, Valentin Lauret^{2,1}, Nicolas Robert⁸, Marine Roul⁶, Nicolas Tomasi⁴, Olivier Gimenez^{2,1}

(1) GIS3M, MIRACETI, Martigues, France

(2) CEFÉ, Université Montpellier, CNRS, Université Paul Valéry Montpellier 3, EPHE, IRD, Montpellier, France

(3) BREACH, Ponteilla, France

(4) Association Cari Corse, Corte, France

(5) Office français de la biodiversité, Vincennes, France

(6) EcoOcéan Institut, Montpellier, France

(7) GECEM, MIRACETI, Martigues, France

(8) Parc naturel régional de Corse, Corte, France

Author's contribution

Hélène Labach: Conceptualization, Data curation, Formal analysis, Funding acquisition, Investigation, Methodology, Project administration, Validation, Visualization, Writing-original draft, Writing-review & editing

Caroline Azzinari: Data curation, Investigation, Writing-original draft

Maxime Barbier: Data curation, Investigation, Writing-original draft

Cathy Cesarini: Data curation, Investigation, Writing-original draft

Boris Daniel: Resources, Writing-original draft

Léa David: Conceptualization, Data curation, Investigation, Methodology, Writing-original draft

Frank Dhermain: Data curation, Investigation, Writing-original draft

Nathalie Di-Méglio: Conceptualization, Data curation, Investigation, Methodology, Writing-original draft

Benjamin Guichard: Resources, Writing-original draft

Julie Jourdan: Data curation, Investigation, Writing-original draft

Nicolas Robert: Data curation, Investigation, Writing-original draft

Marine Roul: Data curation, Investigation, Writing-original draft

Nicolas Tomasi: Data curation, Investigation, Writing-original draft

Olivier Gimenez: Formal analysis, Methodology, Supervision, Validation, Visualization, Writing-original draft, Writing-review & editing

Résumé

La sous-population de grands dauphins communs (*Tursiops truncatus*) en Méditerranée est classée comme vulnérable par l'Union internationale pour la conservation de la nature. Cette espèce est strictement protégée en France et la désignation de Zones Spéciales de Conservation (ZSC) est requise par la Directive Habitats de l'UE (92/43/CEE). Cependant, peu d'informations sont disponibles sur la structure et la dynamique des grands dauphins dans les eaux méditerranéennes françaises. Nous avons collecté des données de photo-identification sur l'ensemble du plateau continental méditerranéen français toute l'année entre 2013 et 2015. Nous avons observé 151 groupes de grands dauphins permettant la photo-identification de 766 animaux. La distribution du taux de rencontre a montré la présence de grands dauphins sur l'ensemble du plateau continental tout au long de l'année. Nous avons estimé pour la première fois, en utilisant des méthodes de capture-recapture, la taille de cette population de grands dauphins à 2 636 individus (intervalle crédible à 95% : 2 051-3 514). Nos résultats ont été utilisés pour soutenir la désignation d'une nouvelle ZSC dédiée dans le Golfe du Lion et fournissent une base de référence pour la surveillance du grand dauphin dans les eaux méditerranéennes françaises dans le contexte de la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin.

Mots clés

Abondance, capture-recapture, distribution, Grand dauphin, Méditerranée française, photo-identification, *Tursiops truncatus*.

Abstract

The common bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) subpopulation in the Mediterranean is listed as vulnerable by the International Union for Conservation of Nature. This species is strictly protected in France and the designation of Special Areas of Conservation (SAC) is required under the EU Habitats Directive (92/43/EEC). However, little information is available about the structure and dynamics of bottlenose dolphins in French Mediterranean waters. We collected photo-identification data over the whole French Mediterranean continental shelf year round between 2013 and 2015. We sighted 151 groups of bottlenose dolphins allowing the individual photo-identification of 766 animals. The encounter rate distribution showed the presence of bottlenose dolphins over the whole continental shelf year round. We estimated for the first time, using capture-recapture methods, the size of this bottlenose dolphin population at 2,636 individuals (95% credible interval 2,051-3,514). Our results were used in support of the designation of a new dedicated SAC in the Gulf of Lion and provide a baseline for the bottlenose dolphin monitoring in the French Mediterranean waters in the context of the Marine Strategy Framework Directive.

Keywords

Abundance, bottlenose dolphin, capture-recapture, distribution, French Mediterranean Sea, photo-identification, *Tursiops truncatus*

Introduction

The common bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*, Montagu, 1821; hereafter bottlenose dolphin) is considered as a regular species in the Mediterranean Sea (Reeves & Notarbartolo di Sciara, 2006). It has been observed along most of the Mediterranean coast (Bearzi, Fortuna & Reeves, 2009), preferentially over the continental shelf (Gannier, 2005; Gnone *et al.*, 2011; Notarbartolo Di Sciara *et al.*, 1993), even though groups have also been observed offshore (Laran *et al.*, 2016). Both resident populations and transient individuals have been reported (Gnone *et al.*, 2011). The Mediterranean bottlenose dolphin subpopulation is genetically differentiated from populations inhabiting the contiguous eastern North Atlantic and the Black Sea and is structured into a Western and an Eastern population corresponding to habitat boundaries (Natoli, Birkun, Aguilar, Lopez & Hoelzel, 2005).

The Mediterranean bottlenose dolphin subpopulation is considered as vulnerable on the IUCN (International Union for Conservation of Nature) Red List. It is listed in Annex II of the Washington Convention on International Trade in Endangered Species, in Appendix II of the Bern Convention for the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats, in Appendix II of the Protocol to the Barcelona Convention on Specially Protected Areas of Mediterranean Importance (SPAMI) and is one of only two species of cetaceans listed in Appendix II of the European Habitats Directive (92/43/CEE). It is also strictly protected in France by the decree of 1st July 2011 prohibiting, among other things, the destruction, capture and intentional disturbance of marine mammals. In addition, the bottlenose dolphin is the subject of a specific action plan under development by the Agreement on the Conservation of Cetaceans of the Black Sea, Mediterranean Sea, and contiguous Atlantic Area (ACCOBAMS).

In this context the population's conservation status, including population trends, needs to be assessed. Population indicators (e.g., distribution, abundance) should be regularly evaluated and compared with reference values through standardized long-term monitoring (Cairns, McCormick & Niederlehner, 1993; Dale & Beyeler, 2001).

In France, the monitoring program set up for the implementation of the European Marine Strategy Framework Directive (2008/56/EC; MSFD) recommends specific monitoring by photo-identification of resident coastal populations of marine mammal species, including bottlenose dolphins. Bottlenose dolphins can be individually identified from their natural markings, and the resulting longitudinal individual sighting histories can be analyzed with capture-recapture (CR) models (Hammond, 2009; Hammond, Mizroch & Donovan, 1990;

Rosel *et al.*, 2011) to estimate population abundance and survival. This application of photo-identification data has been widely used to monitor populations of bottlenose dolphins (e.g. Defran & Weller, 1999; Gnone *et al.*, 2011; Karczmarski & Cockcroft, 2014; Louis *et al.*, 2015; Shane, Wells, Würsig & Odell, 1986).

In French Mediterranean waters, several studies on bottlenose dolphins have been conducted since the 1990s, mainly based on photo-identification (Bompar, Dhermain & Ripoll, 1994; Dhermain, Ripoll, Bompar, David & Di Meglio, 1999; Labach, Dhermain & Dupraz, 2015; Labach, Dhermain, Dupraz & Colombey, 2011; Ripoll *et al.*, 2001), although these studies remain limited to small areas over short periods. The knowledge of the population structure, ecology, and dynamics remains poor and unequal.

In this study, we conducted the first large-scale bottlenose dolphin photo-identification survey in French Mediterranean waters. Standardized photo-identification data were collected all over the French Mediterranean continental shelf all year round over two years through a standard protocol by a network of organizations. The objectives of our study were to evaluate the distribution of bottlenose dolphins and to provide the first population abundance estimate over the French continental shelf.

Methods

Study area

The French Mediterranean waters present a great diversity and richness of habitats and seabed. The Gulf of Lion, from the Spanish border to Marseille, is a vast continental shelf limited to the north by a sandy and lagoon coastline and to the south by a broad slope cut by numerous canyons. The Corso-Liguro-Provençal basin (Riviera and west coast of Corsica) presents a rocky coastline prolonged by a very narrow continental shelf quickly giving way to an abrupt slope, cut by deep canyons. To the east of Corsica, the reliefs are shallower with a larger continental shelf. The Corso-Liguro-Provençal basin and the Gulf of Lion are highly productive areas attracting a great diversity of species (D'ortenzio & Ribera Dalcaì, 2009).

The study area covers the continental shelf of the French Mediterranean waters between the coast and the 500 m isobath, bounded by the Spanish border to the west, the Italian border to the east, and includes the whole Corsican coastline (Fig. 10). The overall study area covers 24,481 km² and was divided into three regions according to their geographic and topographic

characteristics: Gulf of Lion (14,731 km²), Riviera (2,866 km²) and Corsica (6,884 km²). To ensure homogeneous sampling over the whole study area, each region was divided into subregions of similar area, covering on average 2,500 (+/- 500) km² (4 in Gulf of Lion, 2 in Riviera and 3 in Corsica) and assigned to 5 local organizations associated with marine mammal monitoring (BREACH, CARI, EcoOcéan Institut, GECEM and Parc naturel régional de Corse) according to their location and usual study areas, with each organization covering one or two subregions.

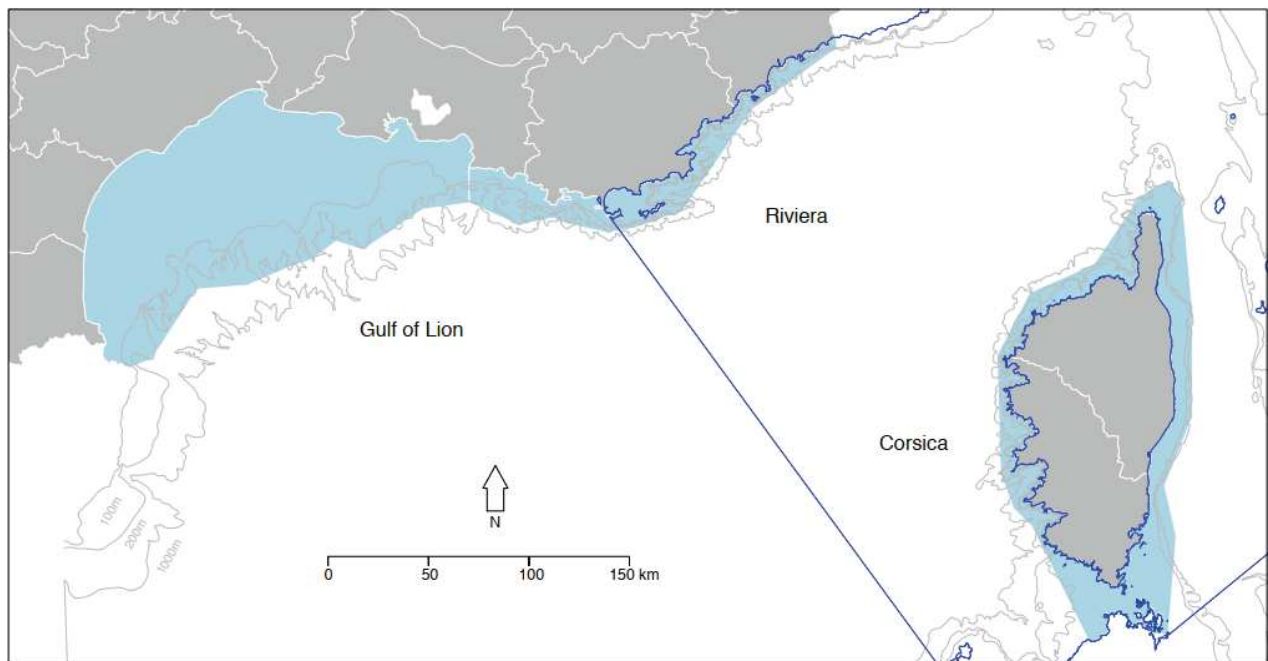


Figure 10. Study area (in light blue) encompassing the French Mediterranean continental shelf in north-western Mediterranean Sea. The Pelagos sanctuary boundaries appear in dark blue. The bathymetry is also displayed on the map.

Data collection

The objective of the survey was to conduct four days of boat-based survey effort per season within each subregion. We defined the survey effort as the length (in km) of track actively travelled prospecting the area with naked eyes by three observers in favourable weather conditions (Beaufort scale 0-3 and good visibility). Seasons were defined as spring (March 22-June 21), summer (June 22-September 21), autumn (September 22-December 21), and winter (December 22-March 21). This survey design was conducted twice between 2013 and 2015 using small sailing and motor boats. Routes were planned on a variable basis, according to

weather conditions, to optimize the study area sampling coverage. All partners applied a standard common protocol using a digital application for the data collection specifically designed with Cybertracker (<https://www.cybertracker.org/>), systematically recording survey tracks with a GPS receiver. When we encountered a group of bottlenose dolphins, we recorded the position of first contact, group size, and composition along with the group's main activity. We defined a group as all the dolphins seen with naked eye during the sighting. The estimated group size is the estimated number of individuals observed or photo-identified when the latter figure is greater than the estimated one.

Whenever possible, we took photographs with a digital reflex camera of both sides of the dorsal fins of all individuals of the group, regardless of their markings.

Photo-identification

We identified individuals using natural marks: scars, nicks, and scratches on their dorsal fins (Würsig & Jefferson, 1990; Würsig & Würsig, 1977). The best photographs of each side of each individual at every encounter were selected and scored according to their quality (Q1 for good, Q2 for medium and Q3 for bad) and the distinctiveness of animals (D1 for well-marked, D2 for moderately marked and D3 for poorly marked) (Berrow, O'Brien, Groth, Foley & Voigt, 2012; Ingram, 2000) to generate catalogs of identified dolphins. Catalog and associated data were incorporated into a common database which was uploaded onto the international web database INTERCET (<http://www.intercet.it/>). Each partner compared its own catalog with all the other catalogs compiled within the project, and a global matching was conducted by one additional scientist ensuring that matching was conducted by at least three people, minimizing bias due to false positive and negative matching. The matching process led to three regional catalogs and one global catalog. A matrix of sighting histories was associated to each catalog gathering all the sighting data and information of all the dolphins identified. For the analyses, we used only medium and good quality photographs (quality scores = 1 or 2) of moderately and well-marked individuals (distinctiveness score = 1 or 2). The proportion of moderately and well-marked individuals was evaluated as the number of individuals identified during the project by at least one photograph (right or left side) scored D1 or D2 (removing all pictures scored D3) among individuals identified by at least one photograph (right or left side) scored Q1 or Q2 (removing all pictures scored Q3) (see also the Abundance estimation section).

Distribution

We calculated the encounter rate (ER) as the number of sightings per km of effort traveled in each region and within each 5'x5' cell of the Marsden grid WGS 84. All maps and spatial analyses were done in R 3.5.0 (Team, 2018).

Abundance estimation

To estimate the abundance of bottlenose dolphins occurring within the study area, we fitted CR models to the photo-identification data (Hammond et al., 1990). We defined a capture as the time an individual was identified using photo-identification, and a recapture as the resighting of an individual already seen during the project. Because some individuals were sighted both in Gulf of Lion and in the Riviera during the study period, we performed three separate analyses corresponding to the sightings made in the Gulf of Lion, in the Riviera and along the continental coast (Gulf of Lion plus Riviera). We did not pursue CR analyses with the Corsican sightings because of the insufficient number of recaptures (Table 5).

Tableau 5. Distribution of individuals per number of captures.

	1	2	3	4	5	6	Total
Corsica	78	16	0	1	0	0	95
Riviera	79	9	5	3	1	0	97
Gulf of Lion	411	100	51	15	1	2	580
Continental coast	458	123	61	21	6	2	671

Number of moderately and well-marked individuals identified (on the basis of good and medium quality photos) 1, 2, 3, etc. times in each dataset. Continental coast refers to Riviera plus Gulf of Lion

We used Bayesian closed population models (McClintock, 2015) to estimate abundance while accounting for a capture probability less than one. We considered the eight seasons as our capture occasions. The main assumptions underlying closed population CR models are 1) the population is demographically closed (i.e., natality and mortality events do not occur) during the study period; 2) all individuals are correctly identified at each capture occasion and 3) the marks are considered permanent.

To fit CR models, we used the package *multimark* (McClintock, 2015) in R (Team, 2018) which implements Markov Chain Monte Carlo (MCMC) simulations. We performed an analysis for

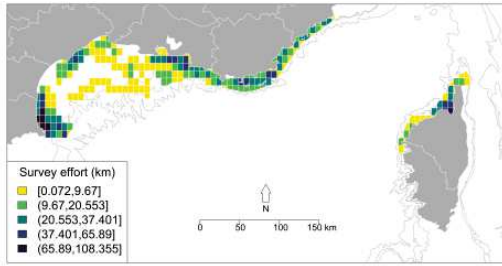
each dataset, which is the Gulf of Lion, the Riviera and the continental coast (Gulf of Lion plus Riviera). For each analysis, we fitted eight models including a model with constant detection probability (M_0), a model with time variation in the detection probability (M_t), a model with heterogeneity in the detection probability (M_h) under the form of an individual random effect, a model with behavioral response in the detection probability (M_b) and combinations of these effects (M_{bt} , M_{ht} , M_{bh} , M_{bht}). To determine the model best supported by the data, we calculated posterior model probabilities (Barker and Link, 2013). Because we used only moderately and well-marked individuals (assumed to be adults) in the CR analyses, the abundance including poorly marked individuals (juveniles and neonates) was obtained by correcting the CR abundance by the proportion of moderately and well-marked individuals (Williams, Dawson a Slooten, 1993) estimated as :

$\Delta = n_{QD12}/n_{Q12}$ where Δ is the proportion of moderately and well-marked individuals, n_{Q12} is the number of individuals identified after removing bad quality photos (Q3) and n_{QD12} is the number of individuals identified after removing bad quality photos (Q3) and poorly marked individuals (D3) evaluated on the global dataset (all captures included) for each dataset. In practice, the Bayesian approach using MCMC made it easy to apply this correction. We divided all the MCMC values drawn in the posterior distribution of abundance by Δ , therefore providing the posterior distribution of the corrected CR abundance. We reported posterior means and 95% credible intervals for abundance and detection probabilities.

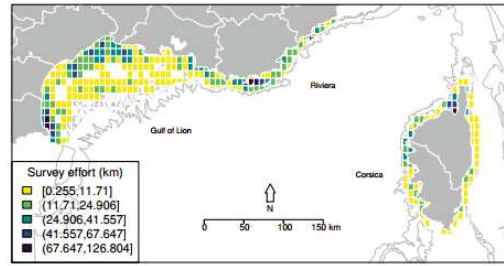
Results

Survey effort

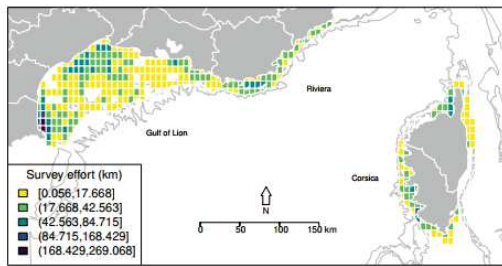
We travelled a total of 21,464 km in survey effort. The distribution of the effort between the 3 regions was heterogeneous with a high coverage of Riviera but low coverage of Corsica and the offshore areas of Gulf of Lion. Summer was the best prospected season, autumn and winter being less prospected in the three regions (Fig. 11).



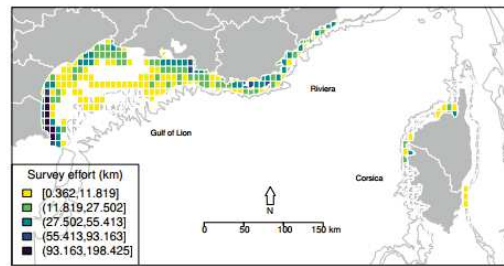
(a) Autumn



(b) Spring



(c) Summer

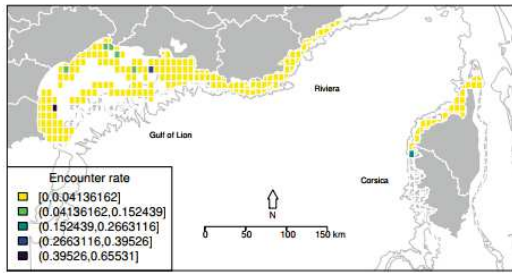


(d) Winter

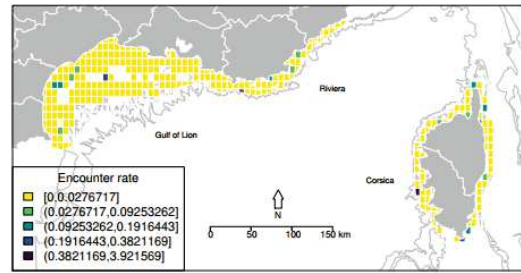
Figure 11. Seasonal distribution of survey effort (number of kilometers actively traveled per 5'x5' cell) between 2013 and 2015 over the French Mediterranean continental shelf.

Distribution

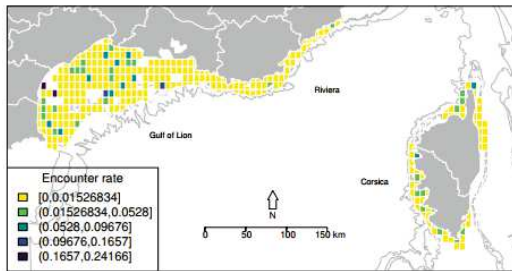
We sighted bottlenose dolphins across the study area in all seasons (Fig. 3). Global ER was higher in Corsica (0.012) than in Gulf of Lion (0.007) and in Riviera (0.003) (Table 6). In Riviera, ER appeared higher in spring (Fig. 12), while in Gulf of Lion and Corsica, ER appeared higher in summer (Fig. 12).



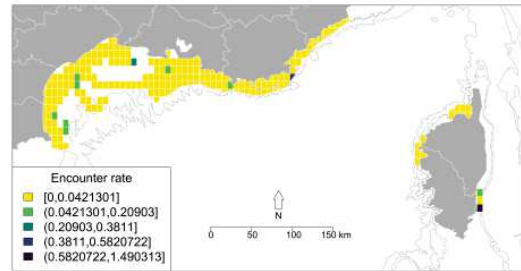
(a) Autumn



(b) Spring



(c) Summer



(d) Winter

Figure 12. Seasonal distribution of bottlenose dolphins over French Mediterranean waters between 2013 and 2015. Encounter rates (number of sightings/km) per 5'x5' cell.

Sightings and photo-identification

We sighted 151 groups of bottlenose dolphins during the project. Group size was highly variable in the three regions, mean group size was similar in Riviera (15.7 SD 10.3) and Gulf of Lion (16.6 SD 13.2) and lower in Corsica (5.3 SD 4.5) (Table 6). We did not record any recapture between continental and Corsican coast during the project, while we observed several individuals in both Riviera and Gulf of Lion.

After photos scoring and sorting, 766 different moderately and well-marked dolphins were identified on the basis of good and medium quality photos (Table 6), of which 30% were observed more than once during the project. The percentage of individuals recaptured was higher in Gulf of Lion (29%) than in Riviera (19%) and in Corsica (18%). Six individuals were sighted both in Gulf of Lion and Riviera.

Tableau 6. Sightings and photo-identification of bottlenose dolphins

	Sightings	Encounter rate	Mean Group size (SD)	Identified individuals	Recaptured individuals
Corsica	41	0.012	5.3 (4.5)	95	17 (18%)
Riviera	18	0.003	15.7 (10.3)	97	18 (19%)
Gulf of Lion	92	0.007	16.6 (13.2)	580	169 (29%)
Global	151	0.007	13.6 (12.5)	766	230 (30%)

Number of sightings, encounter rates, mean group size and standard deviation (SD), number of moderately and well-marked individuals identified on the basis of good and medium quality photos, number of recaptured individuals (sighted more than once) in each region.

Abundance estimates

We excluded 15% of the 1,705 photographs from the analyses because of their low quality (Q3). The percentage of moderately- and well-marked individuals was 68% in Riviera, 79% in Gulf of Lion and 76% in the whole continental coast (Riviera and Gulf of Lion). Many dolphins (68% in continental coast) were seen only once. The maximum number of captures was 6 for two dolphins (Table 5).

The model best supported by the Gulf of Lion and whole continental coast data included heterogeneity and temporal variation in the detection probability (posterior probability = 0.70 and 0.78 respectively), while the model best supported by the Riviera data was the one considering heterogeneity, a behavioural response and temporal variation in the detection probability (posterior probability = 1). Detection probabilities varied between 0.02 (0.01-0.03) and 0.16 (0.11-0.22) for Gulf of Lion, between 0.07 (0.01-0.19) and 0.44 (0.19-0.68) for Riviera, and between 0.02 (0.02-0.03) and 0.15 (0.11-0.19) for the whole continental coast.

Abundance (corrected by the ratio of moderately and well-marked individuals) of population was estimated at 242 (165-414) individuals in Riviera, 2,387 (1,700-3,393) in Gulf of Lion and 2,636 (2,051-3,514) along the whole continental coast.

Discussion

Our study provides the first large-scale dedicated photo-identification survey for the bottlenose dolphin in the French Mediterranean waters. We demonstrate the power of a collaborative and coordinated survey to study a mobile species at population's scale. Our results show that the whole continental shelf is frequented by bottlenose dolphins, including the entire Gulf of Lion, all year round. Our study provides the first abundance estimate of bottlenose dolphins frequenting the French continental shelf of Riviera and Gulf of Lion.

The effort of 21,464 km covered 87% of the study area. We found heterogeneity in this effort, mainly between Corsica and the continental coast, which we explain by a later start of the survey in Corsica and difficult survey conditions during the study. The results obtained in Gulf of Lion and Riviera show that the survey effort is sufficient to provide consistent estimates of abundance and distribution. In further campaigns, completing the survey planned for this study in Corsica would also provide consistent estimates for this region. With the objective of identifying population trends in abundance and distribution, as required for the surveillance program of the MSFD, we are currently working on the evaluation of the efficacy of the survey design to plan an efficient adaptive long-term monitoring of the population in this large study area.

The global encounter rate (0.007) was higher than the encounter rates obtained with the program "Surveillance Aérienne de la Mégafaune Marine" (SAMM) (0.0041 in winter and 0.0028 in summer) (Laran *et al.*, 2016). This difference could be explained by the fact that this comprehensive aerial survey of marine megafauna conducted by the French Biodiversity Agency in 2011 and 2012 over the whole French Exclusive Economic Zone (EEZ), encompasses continental shelf, slope, and oceanic waters (Laran *et al.*, 2016). Another likely reason might be that aerial surveys consistently have lower encounter rates than boat-based surveys because of the order of magnitude difference in survey speed. The ER in Riviera (0.003) and in Corsica (0.012) were also higher than the maximum ER obtained by Gnone *et al.* (2011) between 1994 and 2007 in Provence (ER = 0.0006) and in Corsica (ER = 0.0086), which suggest an increase in dolphin abundance in these two regions.

The distribution of ER showed that bottlenose dolphins were present over the entire French Mediterranean continental shelf all year round. The higher ER in summer in the Gulf of Lion and Corsica was consistent with the results of the SAMM survey, which despite showing higher ER in winter than summer in the global EEZ, also showed contrasting seasonal distributions,

with encounters concentrating in coastal areas of the Gulf of Lion and Corsica in the summer (Laran *et al.*, 2016). These results suggest a seasonal migration of bottlenose dolphins between offshore waters in winter to coastal waters in summer, especially in Gulf of Lion and Corsica. The sighting of dolphins both in Riviera and Gulf of Lion also points towards some eastward and westward movements. No movement between the continental areas and Corsica was observed during the project. In previous studies (Gnone *et al.*, 2011), 5 individuals were identified both in Corsica and the continental coast, highlighting that some dolphins perform long distance travels. The high percentage of dolphins captured only once (70%) during the project can be explained by the short period and the large study area of the project decreasing the recapture probability. It may also highlight that an important proportion of bottlenose dolphins sighted over the French Mediterranean continental shelf are transient animals coming from remote areas, as suggested by the seasonal differences in the ER and the movements identified, while other animals are resident as suggested by sightings of some individuals all year round for more than 20 years (authors unpublished data). Pursuing photo-identification at this scale over the long term will allow to further explore and characterize residency patterns. In their study, Gnone *et al.* (2011) identified two subpopulations inside the Pelagos Sanctuary coinciding with the national boundaries between French and Italian territories. The identification of distinct units and the characterization of connections between them along the French continental coast is the object of ongoing work using population genetic and social structure analyses based on photo-identification and biopsy data collected during the present study. Sharing photo-identification catalogs and associated metadata through the INTERCET platform will make possible the characterization of bottlenose dolphin movements and social structure at wider Mediterranean scale. The higher percentage of poorly marked individuals in Riviera (32%) suggests in this region a higher percentage of immature dolphins than in Gulf of Lion (22%).

The robust estimation of abundance relies on the validation of CR model assumptions. The two-year sampling period and the fact that new-borns were observed in the study area suggest that assumption 1 of the CJS model is likely to have been violated, although we expect little bias in the abundance estimates because we considered adults only, and they have high survival probability. Assumptions 2 and 3 are ensured by the fact that only moderately and well-marked individuals with medium and good-quality photographs were included in the analysis. Also, if the marks evolve, the short sampling period would allow recognition of the animals.

The population abundance along the continental coast was higher than the estimates of the only previous census campaign dedicated to bottlenose dolphins in the same area, which estimated by observed count (not corrected by imperfect detection) the number of bottlenose dolphins between 200 and 209 in the Gulf of Lion and 16 in Provence (Ripoll *et al.*, 2001). These figures are not inconsistent with our abundance estimates which accounted for imperfect detection by correcting the observed counts by the estimated detection probability. Our abundance estimates are coherent with the results obtained from the program SAMM with the distance sampling methodology, which estimated the absolute abundance of bottlenose dolphins in the Gulf of Lion at 63 (95% CI 17-241) in winter and at 1,331 (95% CI 466-3,805) in summer and over the continental slope inside the French EEZ waters and including some Italian and Spanish waters at the eastern and western borders at 1,795 (95% CI 769-4,190) in winter and 10 (95% CI 3-30) in summer (Laran *et al.*, 2016).

Implications for conservation

Our study provides an operational framework as well as a baseline for the implementation of a long-term large-scale monitoring of bottlenose dolphin population in the French Mediterranean waters in the framework of the Marine Strategy Framework Directive. We shared the data on the international webGIS platform INTERCET (<http://www.intercet.it/>), which will allow enlarging the study of this species beyond French boundaries to the basin and Mediterranean scale.

The results of our study together with those from the SAMM survey (Laran *et al.*, 2016) led to an update of the Mediterranean bottlenose conservation status in the national IUCN Red List which was changed from “vulnerable” in 2009 to “near threatened” in 2017 because of improved knowledge. Our demonstration of the presence of bottlenose dolphins in the entire Gulf of Lion led France to submit the designation of a dedicated offshore SAC encompassing the whole Gulf of Lion continental shelf beyond the territorial waters and to the recognition of this area as an important marine mammal area (IMMA) for bottlenose dolphins (<https://www.marinemammalhabitat.org/imma-eatlas/>). Our results will also contribute to update the ACCOBAMS bottlenose dolphin conservation plan.

We recommend that the photo-identification monitoring of bottlenose dolphins over the French Mediterranean continental shelf is continued in the long term to allow the identification of

trends in the population and the implementation of adaptive management of the species at the sub-regional scale.

Acknowledgements

We acknowledge MAVVA Foundation, the French Biodiversity Agency and the Pelagos Sanctuary, who financially supported the GDEGeM project and also thank Fondation de France for funding through the INTERACT project. We thank all the partners for their involvement in the data collection: BREACH, CARI Corse, EcoOcéan Institut, GECCEM and Parc naturel régional de Corse as well as all the people who participated to the survey. We also acknowledge Guido Gnone and Michela Bellingeri for their support in the use of the INTERCET platform.

CHAPITRE 5. Article 3. Potentiel du réseau d'aires marines protégées pour la gestion du Grand dauphin en Méditerranée française

Hélène Labach, Olivier Gimenez et co-auteurs

Contribution

Hélène Labach : Conceptualisation, recherche de financement, coordination du projet, méthodologie, traitement et analyse des données, rédaction du manuscrit

Olivier Gimenez : Supervision, Validation

Résumé

Le Grand dauphin est une espèce patrimoniale menacée et strictement protégée en France. Il est présent sur tout le plateau continental de Méditerranée française tout au long de l'année. Les eaux de Méditerranée française sont couvertes par une trentaine d'aires marines protégées réparties tout le long du littoral du Golfe du Lion, de Provence et de Corse. Afin d'évaluer le potentiel de ce réseau pour la conservation de la population de Grand dauphin, nous avons évalué la couverture du réseau d'aires marines protégées (AMPs) dans les 3 régions en comparant les taux de rencontre et les abondances relatives de grands dauphins à l'intérieur et à l'extérieur des AMPs, calculées à partir de données collectées entre 2013 et 2015. Les résultats montrent qu'en Corse et dans le Golfe du Lion, les taux de rencontre et l'abondance relative sont plus élevés à l'extérieur qu'à l'intérieur du réseau d'AMPs. En Provence, 69% de la surface de la zone d'étude est couverte par des AMPs, le taux de rencontre est 3 fois plus élevé à l'intérieur qu'à l'extérieur du réseau. Nous avons également évalué la place et la prise en compte du Grand dauphin dans les AMPs à travers un questionnaire soumis aux gestionnaires. Les réponses ont montré que, bien que le Grand dauphin soit présent dans toutes les AMPs ayant répondu (soit environ 90% des AMPs méditerranéennes françaises), pratiquement aucune n'effectue de suivi de l'espèce, ni n'a de mesures spécifiques en place pour l'espèce.

Il apparaît donc que le réseau d'AMPs présente une couverture adéquate en Provence et à compléter en Corse et dans le golfe du Lion, pour contribuer de manière efficace à la conservation de la population de Grand dauphin en Méditerranée française. Les capacités de gestion des AMPs pourraient être renforcées en améliorant la connaissance des enjeux de

conservation de la population, en renforçant les moyens d'action des AMPs et en développant les collaborations entre les AMPs et avec les autres acteurs de la façade.

Mots clés

Aires marines protégées, conservation, Grand dauphin, *Tursiops truncatus*.

Introduction

Au cours des dernières décennies, les aires marines protégées (AMPs) sont devenues des éléments essentiels des stratégies de conservation marine (Halpern and Warner, 2002; Watson *et al.*, 2014) et ont été considérées comme un moyen efficace de réduire la perte d'habitat (Edgar *et al.*, 2014; Micheli and Niccolini, 2013) et de biodiversité (Claudet *et al.*, 2008; Lubchenco, Palumbi, Gaines, and Andelman, 2003). En ce qui concerne la gestion d'espèces très mobiles, à larges domaines vitaux, comme les mammifères marins, la pertinence et l'efficacité des AMPs n'est pas si évidente, notamment en raison de la difficulté pour les AMPs d'englober la globalité ou la majorité des domaines vitaux ou des habitats clés des espèces considérées (Agardy, di Sciara, and Christie, 2011; Daly *et al.*, 2018; Davidson and Dulvy, 2017; Hooker *et al.*, 2011; Mazaris, Almpandou, Wallace, Pantis, and Schofield, 2014; Reeves, 2000). La notion de protection des espèces dans toute leur aire de répartition n'est pas nouvelle et a été appliquée dans les écosystèmes terrestres (Hooker *et al.*, 2011; Luthin, 1987; Rabinowitz and Zeller, 2010; Shimazaki, Tamura, Darman, and Andronov, 2004), son application est en développement dans le milieu marin (Hawkes *et al.*, 2006; Hooker *et al.*, 2011; Inchausti and Weimerskirch, 2002; Shillinger *et al.*, 2008; B. Wilson, Reid, Grellier, Thompson, and Hammond, 2004). L'idée d'établir un réseau d'aires marines protégées représentatives ou thématiques a été adoptée et promue par l'UICN en 1988 (Kelleher and Kenchington, 1992) et l'organisation des AMPs individuelles en réseaux a notamment été préconisée lors du Sommet mondial sur le développement durable (Johannesburg, 2002). La conservation des cétacés grâce à des réseaux d'AMPs commence à être considérée (Hooker *et al.*, 2011; Notarbartolo di Sciara, 2011; B. Wilson *et al.*, 2004) et est recommandée comme un résultat souhaitable d'un effort de conservation coopératif régional (Notarbartolo di Sciara, 2011). Il existe plusieurs exemples de réseaux d'aires protégées qui sont devenus, ou sont en passe de devenir, des systèmes unifiés

assurant la protection des mammifères marins et d'autres organismes au niveau des populations (Reeves, 2000).

En 2016, le littoral de Méditerranée française compte plus d'une soixantaine d'AMPs réparties de manière relativement homogène le long de toute la façade et couvrant 34% de la Zone Economique Exclusive (ZEE). Les AMPs couvrent essentiellement des zones comprises dans la limite des eaux territoriales, à l'exception du Parc naturel marin du Golfe du Lion et du Sanctuaire Pelagos, zone de 87 500 Km² englobant des eaux de haute mer. Huit types juridiques d'AMPs sont représentés, dont 36 Sites d'Intérêt Communautaire (SIC) ou Zones Spéciales de Conservation (ZSC), désignés dans le cadre de la mise en œuvre de la Directive Habitat Faune Flore (DHFF). Aucune AMP n'est spécifiquement désignée pour les cétacés.

Le Grand dauphin, seule espèce de cétacé côtière résidente et listée en annexe II de la DHFF nécessitant la désignation de SIC, est une espèce d'intérêt pour les AMPs et représente un bon modèle pour étudier le potentiel du réseau d'AMPs pour la conservation des cétacés en Méditerranée française. Selon Labach *et al.* (cf. Article 2), l'espèce est présente sur l'ensemble du plateau continental de Méditerranée française et ce toute l'année. Les auteurs ont évalué les effectifs fréquentant le plateau continental du Golfe du Lion et de Provence à 2,636 individus (95% CI 2,051-3,514). Labach *et al.* (cf. Article 1) ont montré l'existence d'une structuration sociale et géographique de la population et ont suggéré de considérer 3 unités régionales pour le suivi et la conservation de l'espèce dans le Golfe du Lion, en Provence et en Corse.

L'évaluation de l'efficacité des AMPs et des réseaux d'AMPs est essentielle pour justifier leur désignation et évaluer leur pertinence en tant qu'outils de gestion (Kelleher, 1999). Bien que divers indicateurs aient été proposés pour évaluer l'efficacité des AMPs individuelles, il n'existe aucun ensemble complet d'indicateurs pour les réseaux d'AMPs, en particulier pour la cible 11 d'Aichi. Les éléments qualitatifs de cet objectif reconnaissent la valeur des facteurs sociaux, économiques, de gouvernance et écologiques dans la réalisation d'une conservation efficace de la biodiversité (Meehan, Ban, Devillers, Singh, and Claudet, 2020). La gestion efficace est généralement l'élément qualitatif le plus évalué en matière de conservation (Pelletier, 2011). La représentation écologique est souvent évaluée à travers la couverture spatiale de zones par les AMPs (Gannon *et al.*, 2019), ainsi qu'à travers la proportion des distributions d'espèces couvertes par des aires protégées (Butchart *et al.*, 2015; Gannon *et al.*, 2019).

L'objectif de cette étude est d'évaluer le potentiel du réseau d'aires marines protégées pour la gestion du Grand dauphin en Méditerranée française. Pour ce faire, nous avons évalué la couverture par le réseau d'AMPs du plateau continental et des observations de l'espèce en

Méditerranée française et dans chacune des trois régions Golfe du Lion, Provence et Corse à partir de données d'observation collectées dans le cadre du projet GDEGeM entre 2013 et 2015. Nous avons également étudié la prise en compte de l'espèce et les moyens disponibles au sein des AMPs à travers l'analyse de réponses à des questionnaires envoyés aux gestionnaires d'AMPs.

Méthodologie

Zone d'étude

La zone d'étude couvre le plateau continental des eaux françaises de la Méditerranée entre la côte et l'isobathe de 500 m, délimité par la frontière espagnole à l'ouest, la frontière italienne à l'est, et comprend l'ensemble du littoral corse (Fig. 13). L'ensemble de la zone d'étude couvre 24 481 km² et a été divisé en trois régions selon leurs caractéristiques géographiques et topographiques : Golfe du Lion (14 731 km²), Côte d'Azur (2 866 km²) et Corse (6 884 km²). Labach *et al.* (2019) ont montré que l'ensemble du plateau était régulièrement fréquenté par les grands dauphins tout au long de l'année.

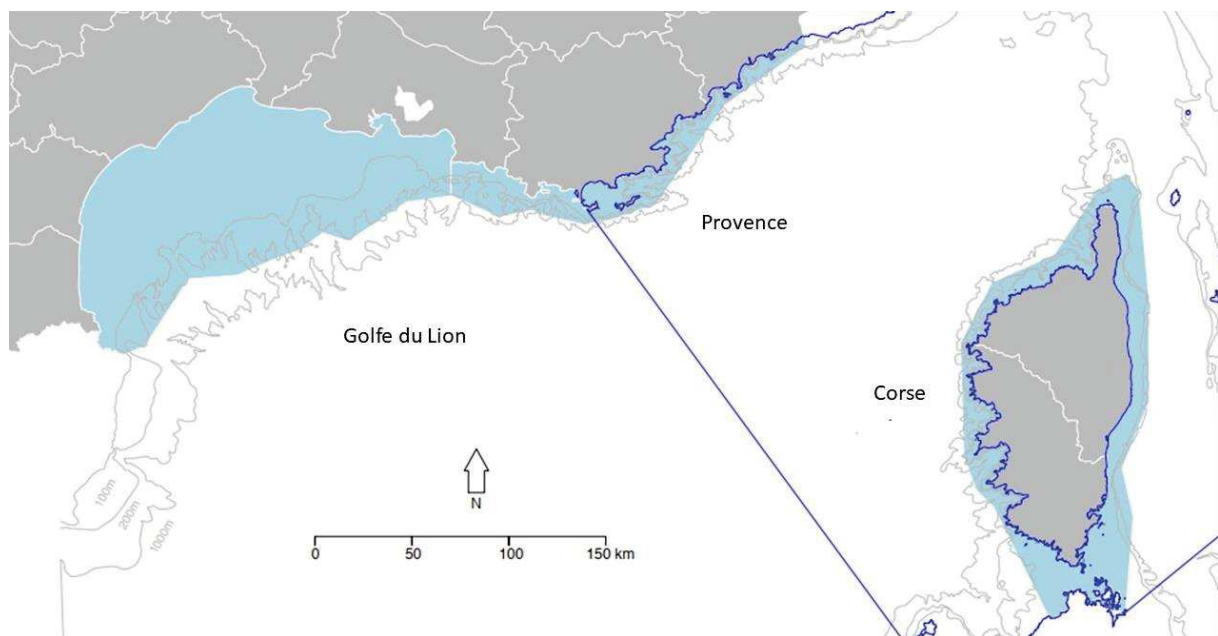


Figure 13. Zone d'étude (en bleu clair) englobant le plateau continental de la Méditerranée française. Les limites du sanctuaire Pelagos apparaissent en bleu foncé. La bathymétrie est également indiquée sur la carte.

En 2016, le littoral méditerranéen français comptait plus d'une soixantaine d'aires marines protégées (dont 1 Parc naturel marin, 2 Parcs nationaux, 3 réserves naturelles, 3 aires de protection de biotope, 13 Zone de Protection Spéciale (ZPS), 36 Zone Spéciale de Conservation (ZSC), 5 Aires Spécialement Protégée d'Importance Méditerranéenne (ASPIM) et 2 réserves de biosphère) représentant près de 34 % de la superficie de la Zone Economique Exclusive (ZEE) française (Fig. 14).

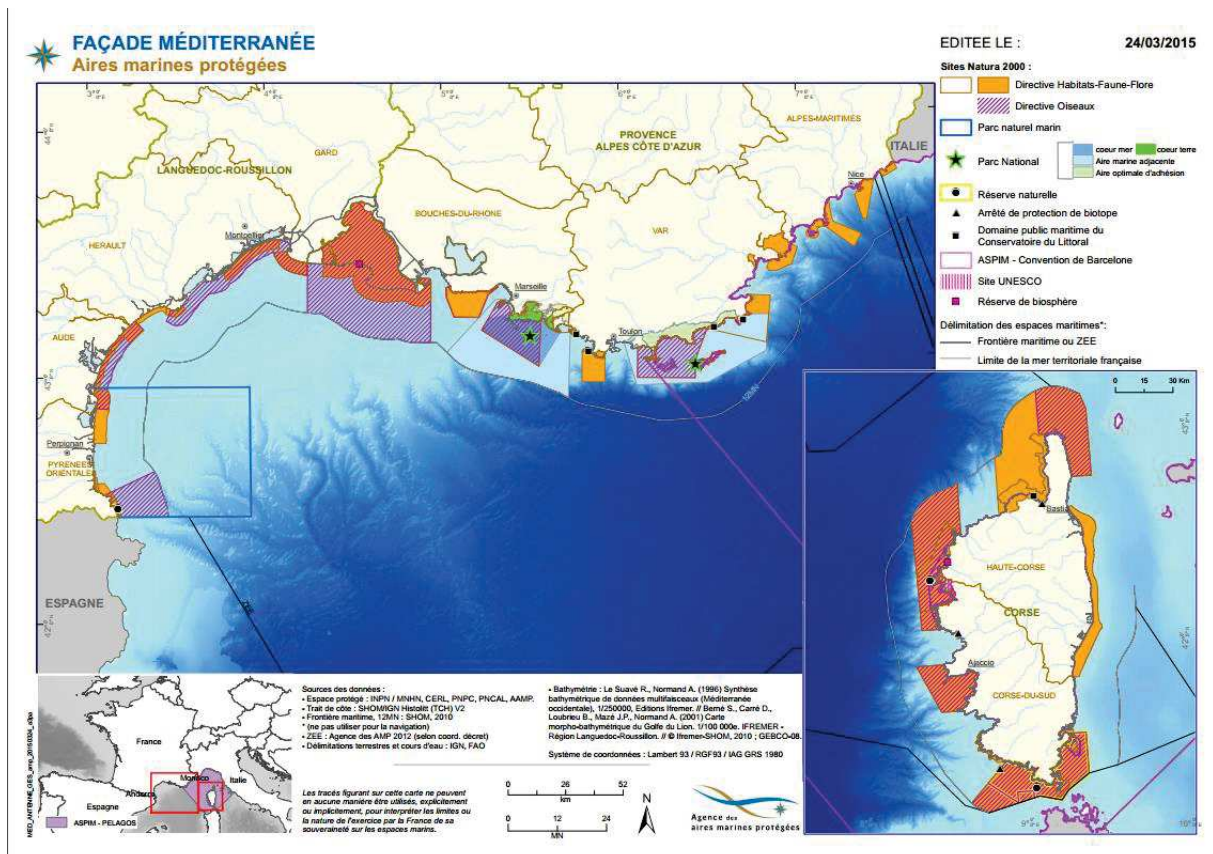


Figure 14. Carte des aires marines protégées sur la façade méditerranéenne

Les analyses du réseau d'aires marines protégées (AMPs) ont été réalisées dans chaque région (Golfe du Lion, Provence et Corse) en considérant uniquement les AMPs pouvant prendre en compte spécifiquement le Grand dauphin dans leurs documents de gestion, c'est-à-dire les Sites d'Intérêt Communautaire (SIC) et Zone Spéciale de Conservation (ZSC) définis par la Directive européenne Habitats Faune Flore du 21/05/1992, les Parcs nationaux et les Parcs naturels marins. Le Sanctuaire Pelagos, reconnu comme Aire Spécialement Protégée d'Importance Méditerranéenne (ASPIM), qui englobe une grande partie de la zone d'étude, ainsi que de nombreuses autres AMPs, n'a pas été pris en compte dans les analyses.

Taux de rencontre et abondance relative

Les taux de rencontre (TR) et les abondances relatives (AR) de Grands dauphins ont été calculés à partir des données d'observation du Grand dauphin, collectées sur l'ensemble de la zone d'étude 4 fois par an pendant 2 ans de 2013 à 2015 dans le cadre du projet GDEGeM (Labach *et al.*, 2019). Nous définissons TR comme le nombre d'observations par km d'effort parcouru à l'intérieur de la zone considérée et AR comme le nombre d'individus observés par km d'effort parcouru dans la zone considérée. Le nombre d'individus observés correspond au nombre estimé d'individus ou photo-identifiés si ce dernier est supérieur.

Evaluation de la couverture du réseau

La couverture du réseau d'AMPs a été étudiée sur l'ensemble de la zone d'étude et dans chacune des 3 régions (Golfe du Lion, Provence et Corse) en considérant la surface du réseau (global et par type d'AMP) à l'intérieur de la zone d'étude. Les taux de rencontre et abondances relatives sont calculés à l'intérieur et à l'extérieur du réseau (global et par type d'AMP) dans la zone d'étude. Les calculs de surfaces et d'effort ont été réalisés sur QGIS 2.4.0 à l'intérieur de la zone d'étude grâce à l'outil « Intersection ».

L'effort a été analysé en calculant la longueur totale (km) des transects réalisés en effort de prospection à l'intérieur de chaque zone étudiée.

Prise en compte du Grand dauphin dans les AMPs

Un questionnaire (Annexe 1) a été réalisé sur Google Form et envoyé à 24 gestionnaires de 37 aires marines protégées : Parc naturels marins, Parc nationaux, SIC, ZSC, ASPIM, réserves naturelles.

Le questionnaire comprenait 24 questions principales et 9 optionnelles, réparties en 4 thèmes :

- Les connaissances sur le Grand dauphin en Méditerranée nord-occidentale
- Les connaissances du contexte législatif et réglementaire
- La place du Grand dauphin au sein de l'aire marine protégée
- L'amélioration de la conservation du Grand au sein du réseau d'aires marines protégées

Résultats

Couverture du réseau

Sur l'ensemble de la façade, le réseau d'AMPs couvre 45% de la zone d'étude, 33% sont couverts par des de SIC. Le TR global est plus élevé à l'intérieur du réseau d'AMPs (0,009) qu'à l'extérieur (0,008), ainsi que dans l'ensemble de la zone d'étude (0,006). Le TR global est le même à l'intérieur et à l'extérieur du réseau de SIC (0,006).

En Corse, le réseau considéré est composé uniquement de SIC. 53% de la zone d'étude est comprise à l'intérieur du réseau. Le taux de rencontre et l'abondance relative de grands dauphins sont plus élevés à l'extérieur qu'à l'intérieur du réseau (Tableau 7).

Tableau 7. Surfaces, taux de rencontre et abondances relatives de grands dauphins à l'intérieur et à l'extérieur du Réseau d'AMPs en Corse

	Zone d'étude (ZE)	Réseau AMPs (SIC) dans la ZE	Hors réseau AMPs dans la ZE
Surface (km ²)	6 884	3 674	3 210
% Surface ZE	100	53	47
Effort (km)	3 409	2 765	644
% Effort ZE	100	81	19
Nombre d'observations	41	31	10
Taux de rencontre (Nb obs/km)	0.012	0.011	0.016
Abondance relative (Nb ind/km)	0.064	0.055	0.104

En Provence, le réseau d'AMPs compte 9 SIC, le Parc national de Port-Cros (PNPC) et une partie du Parc national des Calanques (PNCal). La zone d'étude Provence est couverte à 69% par des AMPs (Tableau 2). Il est à noter que les Parcs nationaux (PN) chevauchant des SIC, une partie des surfaces, de l'effort et du nombre d'observations est comptabilisé à la fois dans les SIC et dans les PN. Le taux de rencontre est 4 fois plus élevé et l'abondance relative presque

2 fois plus élevée à l'intérieur qu'à l'extérieur du réseau d'AMPs. Le PNPC présente un TR et une AR plus élevés que dans la globalité du réseau (Tableau 8).

Tableau 8. Surfaces, taux de rencontre et abondances relatives de grands dauphins à l'intérieur et à l'extérieur du Réseau d'AMPs en Provence et dans le Parc national des Calanques

	Zone d'étude (ZE)	AMPs dans la ZE	SIC dans la ZE	PNPC dans la ZE	PNCal dans la ZE	PN dans la ZE	Secteurs hors AMPs dans la ZE
Surface (km ²)	2 866	1 982	1 250	1 000	586	1586	884
% Surface ZE	100	69	44	35	20	55	31
Effort (km)	5 196	3 848	2 889	2 252	763	3 015	1 348
% Effort ZE	100	74	56	43	15	58	26
Nb d'obs.	18	16	13	11	0	11	2
TR	0,003	0,004	0,004	0,005		0,004	0,001
AR	0,054	0,062	0,058	0,071		0,053	0,033

Dans le Golfe du Lion, le réseau d'AMPs est composé de plusieurs SIC et du Parc naturel marin du Golfe du Lion (PNM). Seulement 36% de la surface de la zone d'étude est incluse dans des AMPs. Il est à noter que le PNCal et le PNM chevauchant des SIC, une partie des surfaces, de l'effort et du nombre d'observations est comptabilisé à la fois dans les SIC et dans le PN et PNM.

Le taux de rencontre et l'abondance relative les plus élevés sont observés à l'extérieur du réseau d'AMPs. Le taux de rencontre et l'abondance relative de grands dauphins dans le Parc naturel marin du Golfe du Lion sont environ 2 fois plus élevés que dans le réseau de SIC (Tableau 9).

Tableau 9. Surfaces, taux de rencontre et abondances relatives de grands dauphins à l'intérieur et à l'extérieur du Réseau d'AMPs dans le Golfe du Lion

	Zone d'étude (ZE)	AMPs dans la ZE	SIC dans la ZE	PNM dans la ZE	PN (PNCal) dans la ZE	Secteurs hors AMPs dans la ZE
Surface (km ²)	14 731	5 274	3 257	3 694	589	9 457
% Surface ZE	100	36	22	25	4	64
Effort (km)	12 859	7 856	2 541	5 927	722	5 003
% Effort ZE	100	61	20	46	6	39
Nb d'obs.	92	48	10	42	1	44
TR	0,007	0,006	0,004	0,007	0,001	0,009
AR	0,120	0,103	0,067	0,125	0,044	0,147

Prise en compte du Grand dauphin dans les AMPs

22 gestionnaires d'AMPs, soit 92% des personnes interrogées, ont répondu au questionnaire.

68% des répondants considèrent avoir des connaissances générales moyennes sur l'espèce et la population (biologie, écologie, répartition, présence, statut en Méditerranée nord-occidentale), 23% considèrent leurs connaissances faibles et 9% seulement les considèrent bonnes.

En ce qui concerne le contexte législatif et réglementaire, les connaissances sont globalement moyennes à bonnes, avec une meilleure connaissance du Sanctuaire Pelagos et du Réseau National Echouage que de l'ACCOBAMS et de l'arrêté ministériel du 1er juillet 2011 (Tableau 10).

Tableau 10. Répartition des réponses aux questions sur le contexte législatif et réglementaire (% de réponses pour chaque réponse proposée)

	Peu (%)	Moyennement (%)	Bien (%)
Connaissez-vous les objectifs et actions du Sanctuaire Pelagos?	0	45	55
Connaissez-vous les objectifs et actions de l'accord ACCOBAMS?	27	50	23
Connaissez-vous les principales obligations et interdictions de l'arrêté ministériel du 1er juillet 2011 ?	23	45	32
Connaissez-vous le Réseau National Echouage et son fonctionnement ?	10	30	60
Connaissez-vous la démarche à suivre en cas d'échouage ?	5	50	45

Concernant la situation et la gestion du Grand dauphin au sein des AMPs, 100% déclarent avoir connaissance d'observation de l'espèce dans leur AMP, mais 86% déclarent n'avoir aucune mesure spécifique en place pour l'espèce au sein de leur AMP. Les mesures mises en œuvre par 14% des AMPs répondantes concernent : la sensibilisation auprès des plaisanciers ; la réduction de vitesse dans certaines zones de l'AMP et le suivi des échouages.

82% déclarent avoir des mesures en projet pour le Grand dauphin dans des AMPs concernant l'encadrement des activités de *whale-watching*, le travail de recensement des observations avec les pêcheurs et les plaisanciers, la veille sur les observations et les échouages de l'espèce dans l'AMP, la réduction des risques de collision avec les cétacés et la mise en œuvre de protocole de suivi et de capteurs sonores.

La moitié des répondants déclare ne pas avoir de problématique particulière concernant le Grand dauphin au sein de leur AMP. L'autre moitié évoque des problématiques liées aux interactions avec les pêcheries, le dérangement par les activités de *whale-watching*, la diminution de la population, les collisions et le dérangement par les activités côtières (plaisance, loisirs nautiques motorisés) (Figure 15).

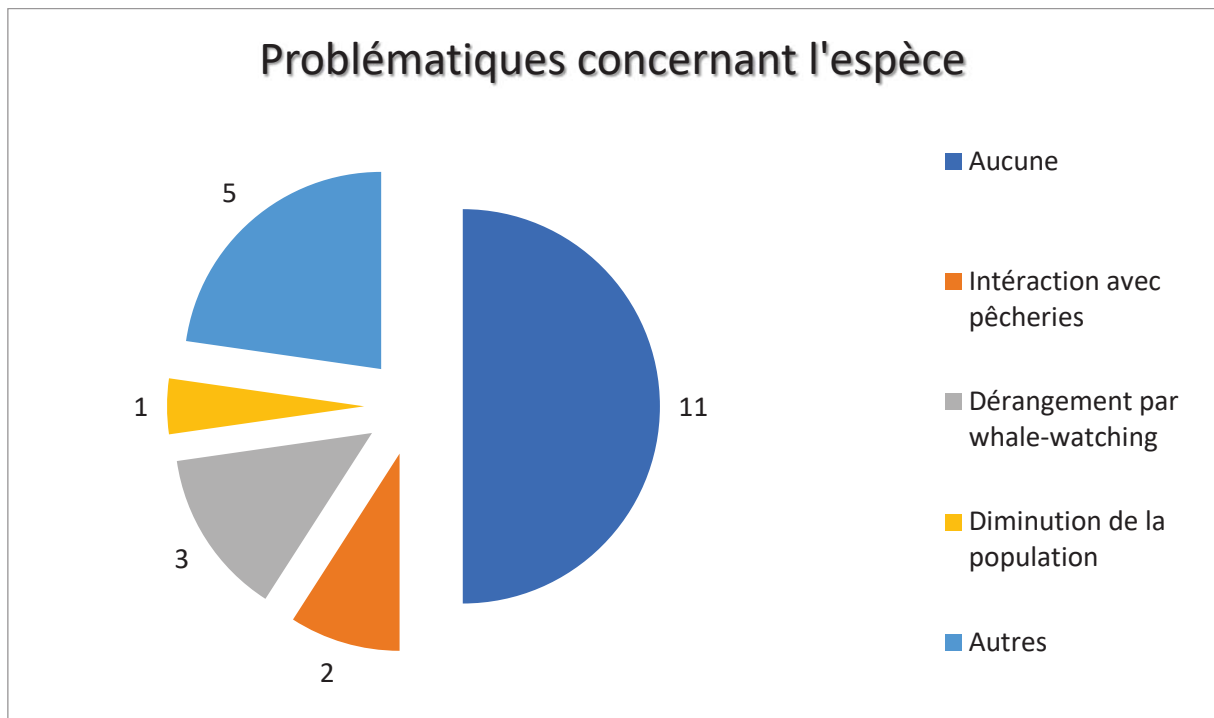


Figure 15. Répartition des problématiques concernant le Grand dauphin rencontrées au sein des AMPs (nombre de réponses obtenues pour chaque problématique). « Autres » concernent les collisions et le dérangement par les activités côtières (plaisance, loisirs nautiques motorisés).

Une grande majorité des répondants considèrent qu’il est nécessaire et possible d’améliorer la gestion de l’espèce au sein de leur AMP. En effet, 81% estiment nécessaire la mise en place de mesures spécifiques pour le Grand dauphin dans leur AMP et 95% pensent qu’il serait possible d’améliorer la gestion du Grand dauphin au sein de leur AMP. Les gestionnaires pensent en grande majorité (91%) que leur AMP pourrait, au moins en partie, contribuer à la conservation du Grand dauphin à l’échelle de la Méditerranée nord-occidentale.

Enfin, plus de 60% des répondants déclarent avoir besoin de formation, de collaboration avec les scientifiques et les autres AMPs, de conseil, de financement et de protocoles. Dans une moindre mesure, la moitié ou moins considère manquer de personnel, de moyens matériels et d’accès à la connaissance concernant l’espèce.

Discussion

Couverture du réseau

Les résultats de l'évaluation de la couverture du réseau montrent que presque la moitié (45%) de la zone d'étude (qui englobe la totalité du plateau continental de la côte à l'isobathe des 500m) est comprise dans des AMPs et que les SIC en couvrent 33%. Le TR global est plus élevé à l'intérieur du réseau qu'à l'extérieur du réseau d'AMPs, ce qui suggère que globalement à l'échelle de la façade, le réseau d'AMPs apparaît pertinent, même si des études supplémentaires seraient nécessaires pour évaluer s'il est représentatif de la population et suffisant pour la protéger la population (cf. plus bas). Les TR identiques à l'intérieur et à l'extérieur du réseau de SIC, suggèrent que le réseau de SIC seul n'est pas suffisant pour protéger la population. Ces résultats sont cohérents avec les résultats de Juliette Delavenne qui estime que les sites Natura 2000 couvrent 27% en hiver et 47% en été des taux de rencontre calculés à partir des données collectées lors des campagnes aériennes de surveillance de la mégafaune marine (SAMM) en 2011 et 2012 sur l'ensemble de la ZEE (Delavenne, Lepareur, Pettex, Touroult, and Siblet, 2014). Lambert *et al.* (2017) ont estimé que 22,2% (n= 6) des sites Natura 2000 étaient pertinents (c'est-à-dire, selon leur méthodologie, contenaient au moins 1% de la population de la sous-région marine) pour les grands dauphins en été, et seulement 11,1% (n=3) en hiver. L'ensemble du réseau (sites Natura 2000, Parcs naturels marins et Parcs nationaux), a été évalué adéquat (c'est-à-dire englobant plus de 20% de la population) uniquement en été (Lambert *et al.*, 2017).

Cependant la configuration du réseau d'AMPs est différente dans les 3 régions, avec un réseau essentiellement composé de SIC en Corse, la présence de 2 Parcs nationaux en Provence et la présence du vaste Parc naturel marin du Golfe du Lion dans le Golfe du Lion. D'autre part, les caractéristiques de la zone d'étude diffèrent également, puisque dans le Golfe du Lion elle comprend un large plateau continental qui s'étend au large bien au-delà de la limite des 12 milles de la côte, dont uniquement le PNM couvre une partie. Alors qu'en Provence et en Corse, la zone d'étude demeure très côtière et est donc plus facilement couverte par les AMPs. Les résultats de l'étude de l'adéquation du réseau montrent qu'en Corse, le réseau de SIC couvre environ 50% de l'habitat du Grand dauphin, cependant les taux de rencontre et les abondances relatives sont plus élevés à l'extérieur qu'à l'intérieur du réseau. D'après ces résultats, le réseau n'apparaît pas adéquat ou suffisant pour la conservation de l'espèce, il gagnerait à être complété. La création en 2016 du Parc naturel marin du cap Corse et de l'Agriate (PnmCCA),

un espace de 6 830 km² au nord de la Corse, devrait contribuer de manière significative à la conservation du Grand dauphin en Corse. En Provence, le réseau semble pertinent. En effet, 69% de la surface de la zone est comprise dans des AMPs, le taux de rencontre est 3 fois plus élevé et l'abondance relative 2 fois plus élevée à l'intérieur qu'à l'extérieur du réseau d'AMPs. Le Parc national de Port-Cros, qui présente un taux de rencontre et une abondance relative plus élevés que dans la globalité du réseau, a un rôle prépondérant à jouer dans la conservation de l'espèce en Provence. Dans le Golfe du Lion, le réseau apparaît largement insuffisant, comme cela avait déjà été mentionné lors du séminaire biogéographique Natura 2000 à Brindisi en 2010. Les AMPs couvrent seulement 36% de la surface de la zone d'étude et le taux de rencontre et l'abondance relative sont plus élevés à l'extérieur qu'à l'intérieur du réseau d'AMPs. Tel que le réseau se présente au moment de l'étude, le Parc naturel marin du Golfe du Lion apparaît comme l'AMP la plus importante pour l'espèce dans le Golfe du Lion, alors que le réseau de SIC semble inadéquat ou insuffisant pour la conservation de l'espèce. Les résultats de l'étude sur la distribution et les effectifs du Grand dauphin sur le plateau continental de Méditerranée française (cf. Article 1), ont contribué à la désignation spécifique d'une SIC « Grands dauphins du Golfe du Lion » sur la quasi-totalité du plateau du Golfe du Lion au large (au-delà de la limite des 12 milles des côtes). Cette SIC couvre une grande partie de l'habitat et des observations de Grand dauphins dans le Golfe du Lion et aura donc un rôle important à jouer dans la conservation de la population.

Pour évaluer si la couverture du réseau est suffisante pour protéger la population fréquentant régulièrement le plateau continental, il faudrait évaluer la proportion de la population à l'intérieur du réseau et définir dans une stratégie nationale ou régionale les objectifs que l'on souhaiterait que le réseau atteigne et ce dans les trois régions. Cependant, malgré sa simplicité séduisante, l'approche de la représentativité ne garantit pas nécessairement la conservation des zones essentielles aux processus écologiques et aux espèces qu'elles abritent (y compris les mammifères marins) (Reeves 2000). Pour cela il est également nécessaire d'identifier et caractériser les populations résidentes, ainsi que leurs zones vitales et d'évaluer la couverture de ces habitats essentiels pour la population, notamment pour la reproduction et l'alimentation, ainsi que l'existence et la couverture d'éventuels corridors de déplacement (Hoyt and Sterling, 2011). Pour cela, il est donc nécessaire de poursuivre la collecte de données et les études sur la population, notamment sur le comportement des animaux. D'autre part, l'étude de la population et du réseau doit être complétée par une étude détaillée des menaces pour l'espèce et de leurs

impacts sur la population, afin de pouvoir mettre en œuvre une stratégie efficace de conservation.

Prise en compte du Grand dauphin dans les AMPs

Avec la création du PnmCCA et de la SIC « Grands dauphins du Golfe du Lion », le réseau d'AMPs en Méditerranée française fournit une couverture adéquate de l'habitat et des observations de l'espèce. Cependant, si le réseau propose un potentiel intéressant à travers une couverture jugée adéquate, son efficacité, quant à elle, repose sur les capacités de gestion, qui dépendent largement des facteurs sociaux, économiques et de gouvernance de chaque AMPs, ainsi que du réseau en lui-même. L'évaluation des capacités de conservation des AMPs de Méditerranée française, à travers les réponses au questionnaire soumis aux gestionnaires, a montré que bien que le Grand dauphin soit présent dans toutes les AMPs ayant répondu (soit environ 90% des AMPs méditerranéennes françaises), pratiquement aucune n'effectue de suivi de l'espèce ou n'a de mesures spécifiques mises en place pour l'espèce. Une des raisons majoritairement évoquées est que les documents d'objectif des sites sont encore en cours d'élaboration. Les deux seules mesures de conservation existantes sont « une sensibilisation auprès des plaisanciers » et « une réduction de vitesse dans certaines zones ». Plus de 90% des répondants jugent que leur AMPs pourrait améliorer les moyens de gestion en faveur du Grand dauphin et évoquent un manque de collaboration avec les scientifiques et les autres AMPs, un manque de moyens financiers, de protocoles et de formations. Il est cependant encourageant de constater que des mesures sont en projet pour le Grand dauphin dans la majorité des AMPs questionnées, bien qu'elles ne soient pas encore bien définies. En conclusion, il semblerait que le Grand dauphin soit bien considéré comme un enjeu important dans la quasi-totalité des AMPs, mais qu'à l'heure actuelle très peu d'actions concrètes dédiées ne soient mises en œuvre malgré la volonté des gestionnaires. Pinn (2018) soulève que de nombreuses AMPs échouent à atteindre leurs objectifs de conservation en raison, notamment, du manque d'application des mesures de conservation. Il est également important de noter que selon les types d'AMPs, les stratégies et moyens d'action diffèrent.

Enfin, même si la couverture, les capacités et les intentions des AMPs sont adéquates, l'efficacité dépend des actions et mesures concrètes mises en œuvre. Il serait donc pertinent d'évaluer les actions existantes pour la conservation de l'espèce au sein du réseau et mettre en place un cadre de suivi intégré qui permette d'évaluer l'impact de ces mesures sur les pressions et les populations concernées.

Implication pour la conservation de la population

D'après les résultats de cette étude, il apparaît que le réseau d'AMPs présente un potentiel intéressant pour contribuer de manière efficace à la conservation de la population de Grand dauphin en Méditerranée française. Ce potentiel pourrait être valorisé en améliorant la connaissance des enjeux de conservation de la population, en renforçant les moyens d'action des AMPs, ainsi qu'en renforçant les collaborations entre les AMPs et avec les autres acteurs de la façade.

CHAPITRE 6. Discussion générale

6.1 Synthèse et intérêt des résultats

L'élaboration et la mise en œuvre d'une stratégie de conservation nécessite des connaissances sur les populations, leur sensibilité, les pressions qui s'exercent sur elles et le contexte socio-économique dans lequel s'inscrit la stratégie de conservation. L'objectif de ce travail de thèse était de fournir des éléments sur la population et le cadre de gestion à partir de données collectées dans le cadre du projet GDEGeM pour alimenter l'élaboration d'une stratégie de conservation du Grand dauphin en Méditerranée française.

Ce projet représente le plus grand effort dédié de collecte de données sur le Grand dauphin en Méditerranée française à l'échelle de la façade. Les résultats de cette thèse montrent qu'un suivi par photo-identification à grande échelle à travers la mise en œuvre de partenariats et l'utilisation d'un protocole standard, permet de fournir des résultats pertinents.

Les résultats présentés dans l'article 1 fournissent les premières informations sur la structure sociale des grands dauphins fréquentant le plateau continental de Méditerranée française. Ils ont mis en évidence une structuration sociale en plusieurs communautés. L'évaluation des domaines vitaux des communautés, ainsi que les recaptures et absence de recaptures entre le Golfe du Lion, la Provence et la Corse suggèrent des communautés distinctes dans ces trois régions avec quelques échanges entre elles. Ces résultats supportent la proposition de 3 unités régionales pour le suivi et la conservation de l'espèce.

Les résultats présentés dans l'article 2 ont permis de montrer que les grands dauphins étaient présents sur la globalité de la zone d'étude (plateau continental de Méditerranée française) tout au long de l'année. Ils ont également fourni la 1^{ère} estimation des effectifs de Grands dauphins fréquentant le plateau continental du Golfe du Lion et de Provence. Ces résultats pourront servir de référence pour suivre l'évolution des tendances de distribution et d'effectifs de la population à travers un suivi long-terme.

Les résultats présentés dans l'article 3 montrent que la composition et la couverture du réseau d'aires marines protégées en 2016 ne sont pas équivalentes entre les 3 régions. En l'état, le réseau apparaît insuffisant dans le Golfe du Lion et en Corse, alors qu'il montre une couverture pertinente en Provence. Les résultats de l'article 2 ont contribué à la désignation de nouvelles SIC pour le Grand dauphin dans le Golfe du Lion et en Corse, qui avec la création du Parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate devraient renforcer le réseau et fournissent une

couverture pertinente pour la gestion du Grand dauphin dans ces 2 régions. L'article 3 montre également un fort intérêt des gestionnaires d'aires marines protégées de Méditerranée française pour la gestion de l'espèce, mais met en lumière le manque de mesures concrètes mises en place et des besoins de moyens, de connaissances et de collaborations.

Les résultats de ce travail ont apporté des informations élémentaires sur la population et le potentiel du réseau d'AMPs pour la gestion de l'espèce. Ces éléments pourront alimenter l'élaboration d'une stratégie de conservation de l'espèce à l'échelle de la sous-région marine.

6.2 Population ou unités à considérer pour le suivi et la mise en œuvre de mesures de conservation

Afin d'identifier la population ou les unités à considérer pour le suivi et la mise en œuvre de mesures de conservation du Grand dauphin en Méditerranée française, je me suis intéressée à la structure de la population fréquentant la zone d'étude. Un travail mené parallèlement à cette thèse, dans la cadre d'un stage de master 2 que j'ai co-encadré avec Benoît Simon-Bouet du laboratoire LIENS à La Rochelle, a étudié la structure génétique des grands dauphins en Méditerranée nord-occidentale³. Des analyses génétiques ont été réalisées sur 16 échantillons prélevés par biopsies lors des campagnes GDEGeM, complétés par 46 échantillons provenant de Grands dauphins échoués le long des côtes de Méditerranée française et 5 le long des côtes de Méditerranée italienne. Ces échantillons ont été intégrés aux échantillons prélevés en Atlantique dans le cadre du travail réalisé par Marie Louis (Louis *et al.*, 2014). L'inférence de la structure de la population, réalisée à l'aide de marqueurs microsatellites et d'ADN mitochondrial, a montré une population en Méditerranée nord-occidentale, distincte de 2 autres populations identifiées à Gibraltar et en Galice. Aucune structure génétique n'a été trouvée parmi les dauphins échantillonnés en Méditerranée nord-occidentale, cependant l'augmentation de la taille de l'échantillon prélevé par biopsie (afin de limiter les biais liés à l'incertitude de la provenance des animaux échoués), ainsi que l'utilisation d'autres méthodologies comme la génomique ou le séquençage de nouvelle génération permettrait d'étudier la structure de la population à plus petite et récente échelle (Allendorf, Hohenlohe, and Luikart, 2010; Milano *et al.*, 2014). D'autre part, il serait intéressant de pouvoir inclure dans les analyses génétiques, des échantillons prélevés sur les dauphins fréquentant le sud du bassin de Méditerranée occidentale

³ Stenger P.L. (2016). Inférence de la structure de population des grands dauphins *Tursiops truncatus*, Montagu, 1821, dans la Méditerranée Nord Occidentale. Rapport de stage de M2, Université de La Rochelle.

pour savoir s'il existe une structuration de la population au sein de la population de Méditerranée occidentale caractérisée par Natoli *et al.* (2005).

Les résultats de l'inférence de la structure sociale présentés dans l'article 2 montrent l'existence de plusieurs communautés sociales le long des côtes méditerranéennes françaises localisées dans les 3 régions et ayant peu d'échange entre les régions. La différenciation sociale entre les communautés de Provence, du Golfe du Lion et de Corse pourrait être liée à des différences écologiques entre les dauphins fréquentant ces trois régions, dont les habitats diffèrent, comme cela a été montré dans d'autres populations (Ansmann, Parra, Chilvers, and Lanyon, 2012; Louis *et al.*, 2018; Hal Whitehead, 2010). Cette différence écologique est d'ailleurs suggérée par la différence de taille entre les domaines vitaux, ainsi que par la différence de comportement d'alimentation observée beaucoup plus fréquemment en interaction avec des activités de pêche (chaluts essentiellement) dans le Golfe du Lion⁴ qu'en Provence⁵. Il serait intéressant d'étudier les profils isotopiques et toxicologiques, ainsi que les régimes alimentaires des différentes communautés afin de confirmer ou infirmer cette différenciation écologique.

Traditionnellement, les unités de conservation les plus utilisées sont les "Unités évolutivement significatives" (ESU) conceptualisées en 1986 (Ryder, 1986) et les "Unités de gestion" (MU) (Funk *et al.*, 2012). Bien qu'il existe plusieurs définitions, une ESU peut généralement être définie comme une population ou un groupe de populations qui justifie une priorité de gestion ou de conservation distincte en raison de sa grande spécificité génétique et écologique (Funk *et al.*, 2012). À une plus petite échelle, les MU sont des populations qui sont démographiquement indépendantes, ce qui signifie que la dynamique de leur population (taux de croissance) dépend des taux de natalité et de mortalité locaux plutôt que de l'immigration (Funk *et al.*, 2012; Moritz, 1994). Il serait donc pertinent d'évaluer le degré d'isolement et la dynamique des communautés sociales identifiées afin d'apporter un éclairage supplémentaire sur la nécessité d'une gestion spécifique, commune et/ou intégrées de ces communautés. Pour cela, la collecte de données complémentaires de photo-identification, ainsi que de biopsies est nécessaire.

Enfin, il est également intéressant de noter que les pressions liées aux activités humaines diffèrent également entre les trois régions. Dans le cadre du projet INTERACT, dont j'ai assuré

⁴ Di-Méglio N., Roul M., David L., Gimenez O., Azzinari C., Jourdan J., Barbier M. et Labach H. 2015. Abondance et répartition spatio-temporelle et fonctionnelle du Grand dauphin dans le Golfe du Lion. Projet GDEGeM Grand dauphin Etude et Gestion en Méditerranée 2013-2015. Rapport GIS3M, fait par EcoOcéan Institut, BREACH et le GECEM. 79 p.+ 9p annexes

⁵ Jourdan J., Chambellant M., Dhermain F., Barbier M., Gimenez O. et Labach H., 2015. Abondance, répartition spatio-temporelle et comportements du Grand Dauphin en Provence. Projet GDEGeM Grand Dauphin Etude et Gestion en Méditerranée 2013-2015. Rapport pour le GIS3M. 64 p. + annexes

la co-coordination avec Olivier Gimenez, il a été mis en évidence un risque plus élevée d'interactions entre les grands dauphins et les activités de pêche dans le Golfe du Lion qu'en Provence et inversement avec les activités de plaisance et de *whale-watching*⁶. Il serait peut-être également intéressant de considérer la nature et l'importance des pressions s'exerçant sur les communautés, ainsi que leur vulnérabilité dans l'élaboration d'une stratégie de gestion de l'espèce, comme suggéré par Pouget *et al.* (2018).

Les grands dauphins observés en Méditerranée française appartiennent à une population génétique, cependant en l'état actuel des connaissances et à l'issue de ce travail, il m'apparaît pertinent de considérer 3 unités régionales pour le suivi et la conservation du Grand dauphin en Méditerranée française, en raison d'une structuration sociale et géographique de la population avec de faibles échanges entre les communautés régionales, une très probable différenciation régionale dans l'écologie des animaux, ainsi que dans la nature et l'importance des pressions.

Je suggère que la collecte de données de photo-identification soit poursuivie et que des études complémentaires soient conduites pour approfondir la caractérisation de la structure de la population.

6.3 Etat de la population

Pour évaluer l'état de la population, je me suis intéressée à la distribution et aux effectifs de grands dauphins dans la zone d'étude. Les résultats de l'article 2 fournissent ainsi les premières informations sur la distribution de l'espèce sur l'ensemble du plateau continental de Méditerranée française, ainsi que les premiers effectifs de la population fréquentant le plateau continental du Golfe du Lion et de Provence. Ces résultats fournissent un état de référence pour suivre l'évolution des tendances de la distribution et des effectifs dans cette zone à travers un suivi long-terme. L'effort et le nombre de recaptures en Corse se sont avérés insuffisants pour fournir une estimation robuste des effectifs, mais si l'effort de photo-identification est complété et poursuivi selon la méthodologie employée dans le projet GDEGeM, ces informations pourront être évaluées.

L'étude des populations de cétacés représente un vrai défi, notamment en raison de leurs vastes domaines vitaux, ainsi que leur difficulté d'accès, vivant en mer, une grande partie du temps

⁶ Scénarios pour une coexistence durable entre humains et dauphins sur le littoral méditerranéen français (INTERACT) (2019). Programme Littoral et Mer – Fondation de France, Rapport final. 30 P.
<https://bit.ly/3aGBdvZ>

sous la surface et parfois très loin des côtes. Les moyens nécessaires à la collecte de données suffisantes, régulière et sur le long terme sont importants et coûteux. L'effort déployé dans le projet GDEGeM est inédit et il a montré qu'il s'était avéré suffisant pour fournir des informations robustes sur la distribution et les effectifs dans le Golfe du Lion et la Provence. Cependant les données ont également montré qu'il avait été insuffisant en Corse et demeure insuffisant pour fournir certaines informations sur la population, comme la caractérisation de la résidence, la fidélité des individus et l'identification de zones fonctionnelles. La méthodologie employée dans le projet GDEGeM a cependant montré qu'il était possible de déployer un tel effort grâce à la collaboration de différents partenaires et l'harmonisation des protocoles. Afin d'optimiser les études et suivis mis en œuvre, Valentin Lauret propose, dans le cadre de sa thèse⁷ à laquelle j'ai la chance de collaborer, d'étudier l'intérêt et le potentiel de combiner les données issues des campagnes GDEGeM (cf. Article 2) et des campagnes SAMM (Laran *et al.*, 2016), qui utilisent des stratégies d'échantillonnage et des méthodologies différentes. Il montre que les 2 jeux de données sont complémentaires et que leur intégration améliore, notamment, la précision des estimations de distribution (Lauret, Labach, Authier, and Gimenez, 2019).

Afin d'alimenter une stratégie de conservation, il est maintenant nécessaire d'identifier et de caractériser des zones fonctionnelles (Erich Hoyt and Sterling, 2011). Pour ce faire il est nécessaire, dans un premier temps, d'identifier des zones de plus grande occurrence en intensifiant l'effort ou en utilisant des modèles d'habitat afin de combler le manque de données spatiales exhaustives (Di Tullio, Fruet, and Secchi, 2016; Pérez-Jorge *et al.*, 2015) et/ou en identifiant des zones présentant une haute fidélité de certains individus grâce à la photo-identification (Dinis *et al.*, 2016; Passadore, Möller, Diaz-Aguirre, and Parra, 2017; Weller, 2015). Il est également intéressant pour la conservation de caractériser l'utilisation (alimentation, reproduction, repos, etc.) de ces zones à travers la description et l'analyse des comportements exprimés par les animaux en surface et sous l'eau, notamment grâce à l'acoustique passive (Acevedo-Gutiérrez and Stienessen, 2004; Nuuttila *et al.*, 2013).

L'observation de grands dauphins toute l'année suggère la présence d'animaux résidents, cependant la courte période d'étude, ainsi que le faible nombre de recaptures ne permettent pas, pour l'instant, de caractériser une population résidente. Les données historiques, ainsi que mon expérience personnelle sur l'étude des grands dauphins en Méditerranée française depuis 2009 suggèrent l'existence de plusieurs modes de fréquentation de la zone (Labach *et al.*, 2015), dont

⁷ « Gestion adaptative du réseau d'aires marines protégées de Méditerranée française : le suivi des mammifères marins comme cas d'étude » encadrée par Olivier Gimenez Thèse de Valentin Lauret

des animaux résidents observés le long du littoral depuis plus de 20 ans et ce toute l'année et des individus *transients*, ce qui est suggéré par une proportion toujours importante de nouveaux individus depuis plus de 20 ans et la détection d'un fort effet *transient* par le modèle de Cormack-Jolly-Seber (Labach *et al.*, 2019). Afin de caractériser une population ou des communautés résidentes, il faudrait intensifier l'effort localement, et étudier la fidélité au site. Il serait alors intéressant d'étudier les domaines vitaux des individus résidents, ce qui nécessite un nombre de captures et recaptures plus important et donc un effort plus intense (Martinez-Serrano, Serrano, Heckel, and Schramm, 2011; Mazzoil *et al.*, 2008).

En conclusion, la globalité du plateau continental est fréquentée par les grands dauphins et doit faire l'objet d'un suivi et de mesures de gestion pour l'espèce. L'effort initié lors du projet GDEGeM doit être complété afin de fournir un état de référence sur la distribution et les effectifs de grands dauphins en Corse et poursuivi sur le long terme afin d'évaluer d'éventuelles tendances de la population et de permettre l'évaluation régulière du statut de conservation de la population.

6.4 Pertinence du réseau d'aires marines protégées pour la conservation de la population

La connaissance des enjeux de conservation est le prérequis à l'élaboration de toute stratégie de conservation. Pour s'assurer de sa bonne mise en œuvre, il est également important de prendre en compte dès le début du processus le cadre, les outils et les moyens nécessaires, disponibles et manquants. La conservation des cétacés représente un véritable challenge, notamment en raison de leur grande mobilité et de leurs vastes domaines vitaux. Plusieurs stratégies existent à différents niveaux (cf. chapitre 1.1.3). Dans ce travail, nous nous sommes intéressés au potentiel que pouvait fournir le réseau d'AMPs en Méditerranée française pour la conservation du Grand dauphin.

Les résultats de l'article 3 montrent une configuration et une couverture différentes de l'habitat et de l'espèce par le réseau d'AMPs entre les 3 régions (Golfe du Lion, Provence et Corse). Ceci conforte la proposition de considérer la gestion de l'espèce à l'échelle de 3 unités régionales. Il conviendrait à présent d'évaluer la couverture des effectifs des 3 unités régionales par le réseau dans chaque région, ainsi que la couverture de leurs zones fonctionnelles. Cette analyse pourrait alimenter une évaluation de la responsabilité de chaque AMPs vis-à-vis de la conservation de la population, comme cela est fait à l'échelle nationale (Schmeller, Gruber,

Bauch, *et al.*, 2008; Schmeller, Gruber, Budrys, *et al.*, 2008), ce qui permettrait d'identifier des zones importantes où concentrer les efforts de conservation et d'accroître ainsi l'efficacité de la conservation. Cela permettrait également aux AMPs de mieux évaluer leurs enjeux et priorités de conservation pour l'espèce.

La nature et la configuration des AMPs influencent leur capacité de gestion et leur efficacité (Edgar *et al.*, 2014; Gill *et al.*, 2017), une analyse plus précise des objectifs et des moyens de chaque AMP permettrait de mieux évaluer le potentiel de gestion du réseau.

La considération d'un réseau pour la gestion d'une espèce, souvent évalué en termes de couverture et/ou de représentativité d'un habitat ou d'une population (Hooker *et al.*, 2011; Lambert *et al.*, 2017), ne signifie pas nécessairement une gestion de la population par et à l'échelle du réseau. Les AMPs au sein d'un réseau doivent fonctionner de manière coopérative et synergique (Meehan *et al.*, 2020), de manière à ce que le réseau d'AMPs soit plus que la somme de ses parties et apporte une valeur ajoutée pour une variété d'objectifs de gestion écologiques, économiques et sociaux (Grorud-Colvert *et al.*, 2014). A ce jour, il existe peu de preuves que les AMPs d'un réseau donné agissent en synergie (Grorud-Colvert *et al.*, 2014). Agardy *et al.* (2011) suggèrent d'intégrer la planification des aires marines protégées dans une approche à une échelle et avec une vision plus large pour développer des efforts de planification stratégiques, complets et coordonnés. Afin de valoriser au mieux le potentiel du réseau d'AMPs pour la conservation du Grand dauphin en Méditerranée française, il serait donc intéressant de proposer une stratégie développée à l'échelle du réseau, avec une approche coordonnée et intégrée. Pour cela, un cadre de concertation et des outils de partage et d'intégration adéquats doivent être développés.

D'autre part, même une stratégie développée et mise en œuvre à l'échelle d'un réseau local ou national, peut ne pas répondre totalement aux enjeux de conservation d'une espèce sur l'ensemble de son aire de répartition. La stratégie développée au sein du réseau doit être cohérente et pouvoir s'intégrer dans les approches et initiatives européennes et régionales, telles que le réseau Natura 2000, le réseau d'ASPIM et le plan d'action de l'ACCOBAMS.

En conclusion, globalement la couverture du réseau d'AMPs, en tenant compte des nouvelles AMPs désignées et créées depuis 2016, apparaît pertinente pour fournir une base de gestion de l'espèce sur la façade. Cependant pour l'instant très peu d'actions ou de mesures sont mises en œuvre. Pour valoriser ce réseau et le transformer en outil de gestion pertinent et efficient, il faudrait renforcer les moyens d'action des AMPs et développer une stratégie permettant de

fournir un cadre et des outils permettant un suivi et une gestion coordonnée et intégrée à l'échelle du réseau et de la façade.

6.5 Stratégie de conservation du Grand dauphin en Méditerranée française

Les résultats de cette thèse fournissent des informations permettant de proposer des éléments et des recommandations pour l'élaboration d'une stratégie de conservation de la population de Grand dauphin en Méditerranée française, présentés dans le tableau 11 dans le cadre du cycle projet des CMP présenté dans le chapitre 2.1.

Tableau 11. Contribution de la thèse à l'élaboration d'une stratégie de conservation de la population de Grand dauphin en Méditerranée française

Etapes		Apports de la thèse	Recommandations
Evaluer	Objet & équipe	Objet : Conservation du Grand dauphin en Méditerranée française	Equipe : Ministère de la Transition Ecologique, Office Française pour la Biodiversité, les AMPs de Méditerranée française (y compris le Sanctuaire Pelagos), les scientifiques et les ONGs
	Portée, vision, cibles	Portée : Plateau continental de Méditerranée française Vision : Gestion basée sur le réseau des AMPs à l'échelle régionale, intégrée à l'échelle de la façade Cibles : - Grands dauphins fréquentant le plateau de Méditerranée française - Grands dauphins résidents du Golfe du Lion	

		<ul style="list-style-type: none"> - Grands dauphins résidents du Golfe de Provence - Grands dauphins résidents de Corse 	
	Menaces critiques	<ul style="list-style-type: none"> - Captures accidentelles - Collisions - Contamination - Dérange ment - Diminution des ressources - Pollution acoustique de l'environnement 	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluer spatio-temporellement les risques sur toute la façade - Evaluer les enjeux dans chaque AMPs - Evaluer les impacts des activités humaines sur les unités régionales et la population
	Statut de conservation	<ul style="list-style-type: none"> - Présence régulière de l'espèce sur tout le plateau continental de Méditerranée française tout au long de l'année - Effectifs estimés à 242 (165-414) individus en Provence et 2 387 (1700-3393) dans le Golfe du Lion 	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluer les effectifs en Corse - Caractériser les communautés résidentes et évaluer leur dynamique - Mettre en place un suivi long-terme pour évaluer la tendance des communautés et de la population
Planifier	Buts, stratégies, hypothèses & objectifs	<p>Hypothèses :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La population est menacée par les activités humaines - Le réseau d'AMPs fournit un cadre pertinent pour la conservation de la population <p>Stratégies :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Renforcer le réseau d'AMPs et les moyens des AMPs pour constituer un outil de gestion intégré 	<p>Buts :</p> <p>Fournir un cadre efficient pour la conservation de l'espèce dans les eaux de Méditerranée française</p> <p>Objectifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Maintenir ou augmenter les effectifs et l'aire de distribution - Limiter les impacts des menaces critiques sur les individus et la population
	Plan de suivi	<p>Evaluer l'évolution d'indicateurs d'abondance et de distribution par rapport aux valeurs référentes présentées dans l'article 2</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en œuvre de la stratégie de suivi du Grand dauphin en Méditerranée pour la mise en œuvre du programme de

			<p>surveillance du Plan d'Action pour le Milieu Marin⁸</p> <ul style="list-style-type: none"> - Elaborer et évaluer des indicateurs à l'échelle des unités régionales et de la façade - Appuyer et renforcer un suivi harmonisé et intégré du Grand dauphin dans les AMPs - Intégrer les données des suivis des AMPs, des programmes scientifiques et du programme SAMM - Elaborer un programme de suivi des pressions
	Plan opérationnel	- Favoriser les retours d'expériences et le partage des outils entre AMPs	- Identifier et mettre en place de mesures de conservation prioritaires dans les AMPs en regard des enjeux
Mise en œuvre	Plan de travail et calendrier		- A déterminer avec toutes les parties prenantes lors de la rédaction détaillée de la stratégie
	Budget		- Elaborer un plan de financement en tenant compte des moyens engagés et disponibles dans les AMPs
	Plan d'implémentation		- A déterminer avec toutes les parties prenantes lors de la rédaction détaillée de la stratégie
Analyser et adapter	Préparer les données	- Mettre à jour le catalogue de photo-ID et les données associées à l'échelle de la façade	- Harmoniser et centraliser les données sur les populations et les pressions

⁸ Stratégie de suivi du Grand dauphin en Méditerranée pour la mise en œuvre du programme de surveillance du Plan d'Action pour le Milieu Marin. Rédigé en Octobre 2018 par Hélène Labach en collaboration avec Julie Jourdan et Olivier Gimenez dans le cadre de la convention AAMP/16/096

	Analyser les résultats	- Distribution des taux de rencontre - Evaluation des effectifs à l'aide de modèle de capture-recapture	- Identifier les acteurs scientifiques et élaborer un cadre d'analyse et de valorisation des données
	Adapter les plans		Elaborer un système partagé basé sur des indicateurs permettant d'évaluer l'efficacité de la mise en œuvre de la stratégie
Partager	Documenter l'apprentissage		Produire et diffuser régulièrement des bilans
	Partager l'apprentissage	Animer le réseau d'AMPs sur la thématique	
	Favoriser l'apprentissage	Mettre en place des formations	

En vert les informations issues de la bibliographie, en rouge les résultats des analyses conduites dans le cadre de la thèse, en bleu les propositions basées sur l'interprétation des résultats

6.6 Perspectives

Cette thèse s'intègre dans un travail mené sur le long terme, initié en 2013, basé sur le développement des collaborations entre les différents acteurs, la valorisation et l'intégration des initiatives existantes et le développement des compétences et des moyens visant à améliorer les connaissances sur les populations de cétacés en Méditerranée et de favoriser leur conservation à travers une gestion intégrée. L'élaboration d'une stratégie de conservation du Grand dauphin en Méditerranée française pourra s'appuyer sur les initiatives et projets existants et développés parallèlement à ce travail.

Les résultats de cette thèse ont servi à l'élaboration d'une proposition de stratégie de suivi par photo-identification du Grand dauphin en Méditerranée française dans le cadre du programme de surveillance de la DCSMM⁹. Le suivi proposé est basé sur le dispositif et le protocole mis en place dans le cadre du projet GDEGeM. Cette stratégie de suivi propose également d'intégrer les données de suivis mis en place dans les AMPs. Pour cela, une harmonisation des protocoles

⁹ Stratégie de suivi du Grand dauphin en Méditerranée pour la mise en œuvre du programme de surveillance du Plan d'Action pour le Milieu Marin. Rédigé en Octobre 2018 par Hélène Labach en collaboration avec Julie Jourdan et Olivier Gimenez dans le cadre de la convention AAMP/16/096

est actuellement en cours dans le cadre du programme TURSMED¹⁰, à travers la création d'un protocole de collecte de données de suivis des cétacés à destination des gestionnaires d'AMPs sur l'outil OBSenMER¹¹, la création d'une base de données unique hébergée par l'antenne méditerranée de l'OFB et la formation des gestionnaires à l'application du protocole. Les résultats de cette thèse, complétés par des données collectées en Corse en 2019 et 2020, fourniront un état de référence pour l'évaluation d'indicateurs d'abondance et de distribution à l'échelle de la façade, notamment dans le cadre du programme de surveillance de la DCSMM et de la DHFF.

D'autre part, les connaissances sur la nature, la distribution spatio-temporelle et des pressions liées aux activités humaines sont aujourd'hui encore largement indisponibles concernant la population de Grands dauphins en Méditerranée française. Les résultats obtenus dans le cadre de cette thèse ont permis, dans le cadre du projet INTERACT¹², de caractériser en Provence et dans le Golfe du Lion des zones de co-occurrence où le risque d'interactions entre Grands dauphins et activités humaines, notamment de whale-watching et de pêche, est plus important. Dans le cadre du projet TURSMED2 (2020-2023), mis en œuvre en partenariat avec l'OFB, un protocole d'évaluation des enjeux de conservation des cétacés dans les AMPs à destination des gestionnaires est en cours de développement. D'autre part, le projet MARKER (2021-2022) mis en œuvre par MIRACETI dans le cadre d'une convention avec la DIRM Méditerranée vise à fournir des outils (indicateurs et méthodologie) pour évaluer, dans le cadre de la mise en œuvre du programme de surveillance et de mesures de la DCSMM, l'impact du dérangement des cétacés par les activités de *whale-watching*, ainsi que l'impact de la certification HQWW¹³ comme mesure de gestion en Méditerranée.

Les résultats de l'analyse du réseau et du questionnaire ont servi à élaborer le programme TURSMED ayant pour objectif d'améliorer la gestion des cétacés au sein des AMPs et de renforcer le réseau d'AMPs pour une gestion intégrée au sein du réseau. Des entretiens avec les personnels des AMPs, gestionnaires, chargés de mission scientifiques, et agents de terrain, ont

¹⁰ TURSMED (2018-2020) est un programme coordonné par Hélène Labach du GIS3M en partenariat avec l'OFB dans le cadre d'une convention pluriannuelle d'objectifs.

¹¹ OBSenMER <https://www.obsenmer.org/> est une plateforme collaborative qui facilite la saisie et l'analyse des observations en mer, développée par le GECC et animé en Méditerranée par Cybelle Méditerranée

¹² INTERACT Scénarios pour une coexistence durable entre humains et dauphins sur le littoral méditerranéen français (2017-2019). Projet financé par la Fondation de France, coordonné par le CEFE et le GIS3M en partenariats avec le GECEM, le WWF France, Souffleurs d'Ecume, EcoOcéan Institut et le LIENS <https://sites.google.com/view/f2finteract/>. Rapport final <https://bit.ly/3aGBdvZ>

¹³ High Quality Whale-Watching est une marque déposée par l'Accord sur la conservation des cétacés de la mer Noire, de la Méditerranée et de la zone Atlantique adjacente et développée conjointement avec le Sanctuaire Pelagos

permis d'évaluer les objectifs et contraintes de gestion des AMPs et faciliteront ainsi l'élaboration de stratégies pérennes. Les gestionnaires d'AMPs ont montré un grand intérêt, ainsi qu'une volonté forte pour développer leurs actions dans leurs zones, collaborer avec les autres AMPs et contribuer à une gestion de la population intégrée à l'échelle du réseau. Ce programme, développé à l'échelle du réseau, est renforcé par la mise en place de collaborations bilatérales avec certaines AMPs pour leur apporter un appui à l'élaboration de stratégies de suivi et de conservation des cétacés, spécifiques et intégrées aux efforts mis en œuvre à l'échelle de la façade.

Le Grand dauphin, en Méditerranée, en tant qu'espèce côtière et patrimoniale représente un bon proxy pour la gestion des cétacés au sein des aires marines protégées. La stratégie, les moyens et les outils développés peuvent être appliqués pour les autres espèces de cétacés et valorisées au-delà des eaux françaises, notamment grâce au réseau MedPan à travers des formations et ateliers d'échange d'expérience¹⁴.

¹⁴ Labach H. « Merging science and management for the long term conservation of bottlenose dolphin in the French Mediterranean Sea – how MPA can contribute to the conservation of marine mammals. 5th International Conference on Marine Mammal Protected Area. Greece, 8-12/04/2019. Communication orale.

Bibliographie

- Acevedo-Gutiérrez, A., & Stienessen, S. C. (2004). Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) Increase Number of Whistles When Feeding. *Aquatic Mammals*, *30*, 357–362.
- Agardy, T., di Sciara, G. N., & Christie, P. (2011). Mind the gap: Addressing the shortcomings of marine protected areas through large scale marine spatial planning. *Marine Policy*, *35*(2), 226–232. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2010.10.006>
- Aguilar, A., Borrell, A., & Reijnders, P. J. H. (2002). Patterns in geographical and temporal variation of organochlorine pollutant concentrations in marine mammals. *Marine Environmental Research*, *53*, 425–452. [https://doi.org/10.1016/S0141-1136\(01\)00128-3](https://doi.org/10.1016/S0141-1136(01)00128-3)
- Allendorf, F. W., Hohenlohe, P. A., & Luikart, G. (2010). Genomics and the future of conservation genetics. *Nature Reviews Genetics*, *11*(10), 697–709. <https://doi.org/10.1038/nrg2844>
- Ansmann, I. C., Parra, G. J., Chilvers, B. L., & Lanyon, J. M. (2012). Dolphins restructure social system after reduction of commercial fisherie. *Animal Behaviour*, *84*, 575–581.
- Ardron, J., Rayfuse, R., Gjerde, K., & Warner, R. (2014). The sustainable use and conservation of biodiversity in ABNJ : What can be achieved using existing international agreements ? *Faculty of Law, Humanities and the Arts - Papers*.
- Azzellino, A., Gaspari, S., Airoidi, S., & Nani, B. (2008). Habitat use and preferences of cetaceans along the continental slope and the adjacent pelagic waters in the western Ligurian Sea. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, *55*(3), 296–323. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2007.11.006>
- Ballance, L. T. (1992). Habitat Use Patterns and Ranges of the Bottlenose Dolphin in the Gulf of California, Mexico. *Marine Mammal Science*, *8*(3), 262–274.
- Barker, R. J., & Link, W. A. (2013). Bayesian multimodel inference by RJMCMC: A Gibbs sampling approach. *American Statistician*, *67*(3), 150–156. <https://doi.org/10.1080/00031305.2013.791644>
- Bearzi, G., Fortuna, C. M., & Reeves, R. R. (2009). Ecology and conservation of common bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* in the Mediterranean Sea. *Mammal Review*, *39*(2), 92–123. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2907.2008.00133.x>

- Bearzi, G., Fortuna, C. M., & Reeves, R. R. (2012). *Tursiops truncatus* (Mediterranean subpopulation).
- Bearzi, G., Holcer, D., & Di Sciara, G. N. (2004). The role of historical dolphin takes and habitat degradation in shaping the present status of northern Adriatic cetaceans. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 14(4), 363–379. <https://doi.org/10.1002/aqc.626>
- Bechdel, S. E., Mazzoil, M. S., Murdoch, M. E., Howells, E. M., Reif, J. S., McCulloch, S. D., ... Bossart, G. D. (2009). Prevalence and impacts of motorized vessels on bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Indian River Lagoon, Florida. *Aquatic Mammals*, 35(3), 367–377. <https://doi.org/10.1578/AM.35.3.2009.367>
- Bejder, L., Fletcher, D., & Bräger, S. (1998). A method for testing association patterns of social animals. *Animal Behaviour*, 56(3), 719–725. <https://doi.org/10.1006/anbe.1998.0802>
- Berrow, S., O'Brien, J., Groth, L., Foley, A., & Voigt, K. (2012). Abundance estimate of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Lower River Shannon candidate special area of conservation, Ireland. *Aquatic Mammals*, 38(2), 136–144. <https://doi.org/10.1578/AM.38.2.2012.136>
- Blanco, C., Salomón, O., & Raga, J. A. (2001). Diet of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in the western Mediterranean Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 81(6), 1053–1058. <https://doi.org/10.1017/S0025315401005057>
- Bompar, J., Baril, D., Dhermain, F., & Ripoll, T. (1994). Estimation of the Corsican population of bottlenose dolphins *Tursiops truncatus*: is there a real conflict with fishermen? *European Research on Cetacean*, 92–94.
- Borrell, A., & Aguilar, A. (2007). Organochlorine concentrations declined during 1987–2002 in western Mediterranean bottlenose dolphins, a coastal top predator. *Chemosphere*, 66(2), 347–352. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.04.074>
- Borrell, A., Aguilar, A., Tornero, V., Sequeira, M., Fernandez, G., & Alis, S. (2006). Organochlorine compounds and stable isotopes indicate bottlenose dolphin subpopulation structure around the Iberian Peninsula. *Environment International*, 32(4), 516–523. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2005.12.001>
- Butchart, S. H. M., Clarke, M., Smith, R. J., Sykes, R. E., Scharlemann, J. P. W., Harfoot, M., ... Burgess, N. D. (2015). Shortfalls and Solutions for Meeting National and Global

- Conservation Area Targets. *Conservation Letters*, 8(5), 329–337.
<https://doi.org/10.1111/conl.12158>
- Cairns, J., McCormick, P. V., & Niederlehner, B. R. (1993). A Proposed Framework for Developing Indicators of Ecosystem Health for the Great Lakes Region A proposed framework for developing indicators of ecosystem health. *Hydrobiologia*, 263.
<https://doi.org/10.1007/BF00006084>
- Calenge, C. (2015). Home Range Estimation in R : the adehabitatHR Package. *R Vignette*, 1–60. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2006.01186.x>
- Cámara Pellissó, S., Muñoz, M. J., Carballo, M., & Sánchez-Vizcaíno, J. M. (2008). Determination of the immunotoxic potential of heavy metals on the functional activity of bottlenose dolphin leukocytes in vitro. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 121(3–4), 189–198. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2007.09.009>
- Canadas, A., & Hammond, P. S. (2008). Abundance and habitat preferences of the short-beaked common dolphin *Delphinus delphis* in the southwestern Mediterranean: Implications for conservation. *Endangered Species Research*, 4(3), 309–331.
<https://doi.org/10.3354/esr00073>
- Casacci, L. P., Barbero, F., & Balletto, E. (2014). The “Evolutionarily Significant Unit” concept and its applicability in biological conservation. *Italian Journal of Zoology*, 81(2), 182–193. <https://doi.org/10.1080/11250003.2013.870240>
- Christensen, N. L., Bartuska, A. M., Brown, J. H., Carpenter, S., D’Antonio, C., Francis, R., ... others. (1996). The report of the Ecological Society of America committee on the scientific basis for ecosystem management. *Ecological Applications*, 6(3), 665–691.
- Claudet, J., Osenberg, C. W., Benedetti-Cecchi, L., Domenici, P., García-Charton, J.-A., Pérez-Ruzafa, Á., ... Planes, S. (2008). Marine reserves: size and age do matter. *Ecology Letters*, 11(5), 481–489. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01166.x>
- Coder, K. D. (1996). Defining Ecological Management Units. *University of Georgia Cooperative Extension Service Forest Resources Publication FOR96-28*. 3pp.
- Connor, R C, Smolker, R. A., & Richards, A. F. (1992). Two levels of alliance formation among male bottlenose dolphins (*Tursiops* sp.). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 89(3), 987–990. <https://doi.org/10.1073/pnas.89.3.987>
- Connor, Richard C., Wells, R. S., Mann, J., & Read, A. J. (2000). The bottlenose dolphin: social

- relationships in a fission-fusion society. In *Cetacean societies: field studies of whales and dolphins* (University, pp. 91–126). Chicago.
- Corsolini, S., Focardi, S., Kannan, K., Tanabe, S., Borrell, A., & Tatsukawa, R. (1995). Congener profile and toxicity assessment of polychlorinated biphenyls in dolphins, sharks and tuna collected from Italian coastal waters. *Marine Environmental Research*, *40*(1), 33–53. [https://doi.org/10.1016/0141-1136\(94\)00003-8](https://doi.org/10.1016/0141-1136(94)00003-8)
- D'ortenzio, F., & Ribera Dalcaì, M. (2009). On the trophic regimes of the Mediterranean Sea: a satellite analysis. In *Biogeosciences* (Vol. 6). Retrieved from www.biogeosciences.net/6/139/2009/
- Dale, V. H., & Beyeler, S. C. (2001). Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators*, *1*(1), 3–10. [https://doi.org/10.1016/S1470-160X\(01\)00003-6](https://doi.org/10.1016/S1470-160X(01)00003-6)
- Daly, R., Smale, M. J., Singh, S., Anders, D., Shivji, M., Clare, C. A., ... Barnett, A. (2018). Refuges and risks: Evaluating the benefits of an expanded MPA network for mobile apex predators. *Diversity and Distributions*, *24*(9), 1217–1230. <https://doi.org/10.1111/ddi.12758>
- Daura-Jorge, F. G., Cantor, M., Ingram, S. N., Lusseau, D., & Simões-Lopes, P. C. (2012). The structure of a bottlenose dolphin society is coupled to a unique foraging cooperation with artisanal fishermen. *Biology Letters*, *8*(5), 702–705. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2012.0174>
- Davidson, L. N. K., & Dulvy, N. K. (2017). Global marine protected areas to prevent extinctions. *Nature Publishing Group*, *1*(January), 1–6. <https://doi.org/10.1038/s41559-016-0040>
- Defran, R. H., & Weller, D. W. (1999). Occurrence, distribution, site fidelity, and school size of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) off San Diego, California. *Marine Mammal Science*, *15*(2), 366–380. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.1999.tb00807.x>
- Defran, R., & Weller, D. (1999). Occurrence, distribution, site fidelity, and school size of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) off San Diego, California. *Marine Mammal Science*, *15*(April), 366–380. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.1999.tb00807.x>
- Delavenne, J., Lepareur, F., Pettex, E., Touroult, J., & Siblet, J.-P. (2014). *Extension du réseau Natura 2000 au-delà de la mer territoriale pour les oiseaux et mammifères marins*.

- Dhermain, F., Astruc, G., Cesarini, C., Dupont, L., Dupraz, F., Godenir, J., ... Wafo, E. (2015). *Recensement des échouages de cétacés sur les côtes françaises de Méditerranée , entre 2010 et 2012*. *126*, 103–126.
- Dhermain, F., Bompar, J., Jourdan, J., & Labach, H. (2016). Grand Dauphin *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821). In *Atlas des mammifères de PACA* (Biotopie ed).
- Dhermain, F., Dupraz, F., Dupont, L., Keck, N., Godenir, J., Cesarini, C., & Wafo, E. (2011). Recensement des échouages de cétacés sur les côtes françaises de Méditerranée . Années 2005-2009. *Scientifique Report of Port-Cros National Park*, *25*, 121–141.
- Dhermain, F., & Ripoll, T. (2000). *Recensement des Grands Dauphins Tursiops truncatus autour de la Corse. Campagne estivale 2000*.
- Dhermain, F., Ripoll, T., Bompar, J., David, L., & Di-megliio, N. (1999). First evidence of the movement of a bottle-nosed dolphin *Tursiops truncatus* between Corsica and Hyères archipelago, south-eastern France. *European Research on Cetaceans*, 306–311.
- Di Tullio, J. C., Fruet, P. F., & Secchi, E. R. (2016). Identifying critical areas to reduce bycatch of coastal common bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* in artisanal fisheries of the subtropical western South Atlantic. *Endangered Species Research*, *29*(1), 35–50. <https://doi.org/10.3354/esr00698>
- Dinis, A., Alves, F., Nicolau, C., Ribeiro, C., Kaufmann, M., Cañadas, A., & Freitas, L. (2016). Bottlenose dolphin *Tursiops truncatus* group dynamics, site fidelity, residency and movement patterns in the Madeira Archipelago (North-East Atlantic). *African Journal of Marine Science*, *2338*(July), 1–10. <https://doi.org/10.2989/1814232X.2016.1167780>
- Dizon, A. E., Lockyer, C., Perrin, W. F., Demaster, D. P., & Sisson, J. (1992). Rethinking the Stock Concept: A Phylogeographic Approach. *Conservation Biology*, *6*(1), 24–36. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1992.610024.x>
- Edgar, G. J., Stuart-smith, R. D., Willis, T. J., Kininmonth, S., Baker, S. C., Banks, S., ... Thomson, R. J. (2014). Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features. *Nature*, *506*(7487), 216–220.
- Esteban, R., Verborgh, P., Gauffier, P., Giménez, J., Martín, V., Pérez-Gil, M., ... De Stephanis, R. (2016). Using a multi-disciplinary approach to identify a critically endangered killer whale management unit. *Ecological Indicators*, *66*, 291–300. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.01.043>

- Evans, P. G. H., & Raga, J. A. (2012). *Marine mammals: biology and conservation* (Springer S).
- Evans, P. G. H., & Teilmann, J. (2009). ASCOBANS/HELCOM Small Cetacean Population Structure Workshop. *Bonn, Germany: ASCOBANS*.
- Farine, D. R. (2013). Animal social network inference and permutations for ecologists in R using asnipe. *Methods in Ecology and Evolution*, 4(12), 1187–1194. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12121>
- Felix, F., Van Waerebeek, K., Sanino, G. P., Castro, C., Van Bresseem, M. F., & Santillán, L. (2017). *Morphological variation in dorsal fins among common bottlenose dolphin populations in the Southeast Pacific Ocean. Report to the International Whaling Commission SC*.
- Fortuna, C. M. (2006). *Ecology and Conservation of bottlenose dolphins (Tursiops truncatus) in the North-Eastern Adriatic Sea. PhD(December), 275*.
- Fossi, M. C., Marsili, L., Neri, G., Natoli, A., Politi, E., & Panigada, S. (2003). The use of a non-lethal tool for evaluating toxicological hazard of organochlorine contaminants in Mediterranean cetaceans: New data 10 years after the first paper published in MPB. *Marine Pollution Bulletin*, 46(8), 972–982. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(03\)00113-9](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(03)00113-9)
- Fraser, D. J., & Bernatchez, L. (2001). Adaptive evolutionary conservation: towards a unified concept for defining conservation units. *Molecular Ecology*, 10(12), 2741–2752. <https://doi.org/10.1046/j.0962-1083.2001.01411.x>
- Funk, W. C., McKay, J. K., Hohenlohe, P. A., & Allendorf, F. W. (2012). Harnessing genomics for delineating conservation units. *Trends in Ecology and Evolution*, 27(9), 489–496. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.05.012>
- Gales, N., Hindell, M., & Kirkwood, R. (2003). *Marine Mammals: Fisheries, Tourism and Management Issues: Fisheries, Tourism and Management Issues* (Csiro Publishing, Ed.).
- Gannier, A. (2005). Summer distribution and relative abundance of delphinids in the Mediterranean Sea. *Revue d'Ecologie (La Terre et La Vie)*, 60(3), 223–238.
- Gannon, P., Dubois, G., Dudley, N., Ervin, J., Ferrier, S., Gidda, S., ... Shestakov, A. (2019). Editorial essay: An update on progress towards aichi biodiversity target 11. *Parks*, 25(2), 7–18. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2019.PARKAS-25-2PG.en>

- Genov, T., Centrih, T., Kotnjek, P., & Hace, A. (2019). Behavioural and temporal partitioning of dolphin social groups in the northern Adriatic Sea. *Marine Biology*. <https://doi.org/10.1007/s00227-018-3450-8>
- Getz, W. M., Fortmann-Roe, S., Cross, P. C., Lyons, A. J., Ryan, S. J., & Wilmers, C. C. (2007). LoCoH: Nonparametric Kernel methods for constructing home ranges and utilization distributions. *PLoS ONE*, 2(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000207>
- Gill, D. A., Mascia, M. B., Ahmadi, G. N., Glew, L., Lester, S. E., Barnes, M., ... Fox, H. E. (2017). Capacity shortfalls hinder the performance of marine protected areas globally. *Nature*, 543(7647), 665–669. <https://doi.org/10.1038/nature21708>
- Giménez, J., Louis, M., Barón, E., Ramírez, F., Verborgh, P., Gauffier, P., ... de Stephanis, R. (2017). Towards the identification of ecological management units: A multidisciplinary approach for the effective management of bottlenose dolphins in the southern Iberian Peninsula. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, (May), 1–11. <https://doi.org/10.1002/aqc.2814>
- Gnone, G., Bellingeri, M., Dhermain, F., Dupraz, F., Nuti, S., Bedocchi, D., ... Wurtz, M. (2011). Distribution, abundance, and movements of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in the Pelagos Sanctuary MPA (north-west Mediterranean Sea). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 21(4), 372–388. <https://doi.org/10.1002/aqc.1191>
- Grorud-Colvert, K., Claudet, J., Tissot, B. N., Caselle, J. E., Carr, M. H., Day, J. C., ... Walsh, W. J. (2014). Marine protected area networks: Assessing whether the whole is greater than the sum of its parts. *PLoS ONE*, 9(8), 1–7. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102298>
- Hall, A. J., Hugunin, K., Deaville, R., Law, R. J., Allchin, C. R., & Jepson, P. D. (2006). The risk of infection from polychlorinated biphenyl exposure in the harbor porpoise (*Phocoena phocoena*): A case-control approach. *Environmental Health Perspectives*, 114(5), 704–711. <https://doi.org/10.1289/ehp.8222>
- Hall, A. J., McConnell, B. J., Schwacke, L. H., Ylitalo, G. M., Williams, R., & Rowles, T. K. (2018). Predicting the effects of polychlorinated biphenyls on cetacean populations through impacts on immunity and calf survival. *Environmental Pollution*, 233, 407–418. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.10.074>
- Halpern, B. S., & Warner, R. R. (2002). Marine reserves have rapid and lasting effects. *Ecology*

Letters, (5), 361–366.

- Hammond, P S, Mizroch, S., & Donovan, G. P. (2019). *Report of the workshop on individual recognition and the estimation of cetacean population parameters*. 12, 3–17.
- Hammond, Philip S. (2009). Mark–Recapture. *Encyclopedia of Marine Mammals*, 705–709. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373553-9.00163-2>
- Hammond, Philip S, Mizroch, S. a, & Donovan, G. P. (1990). Individual Recognition of Cetaceans : Use of Photo-Identification and Other Techniques to Estimate Population Parameters. *Report of the International Whaling Commission*, (12), 448.
- Harwood, J. (2001). MARINE MAMMALS AND THEIR ENVIRONMENT IN THE TWENTY-FIRST CENTURY. *Journal of Mammalogy*, 82(3), 630–640.
- Hawkes, L. A., Broderick, A. C., Coyne, M. S., Godfrey, M. H., Lopez-Jurado, L. F., Lopez-Suarez, P., ... Godley, B. J. (2006). Phenotypically Linked Dichotomy in Sea Turtle Foraging Requires Multiple Conservation Approaches. *Current Biology*, 16(10), 990–995. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2006.03.063>
- Hoelzel, A. R., Dahlheim, M., & Stern, S. J. (1998). Low genetic variation among killer whales (Orcinus orca) in the Eastern North Pacific and genetic differentiation between foraging specialists. *Journal of Heredity*, 89(2), 121–128. <https://doi.org/10.1093/jhered/89.2.121>
- Hoelzel, A. R., Potter, C. W., & Best, P. B. (1998). Genetic differentiation between parapatric “nearshore” and “offshore” populations of the bottlenose dolphin. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 265(1402), 1177–1183. <https://doi.org/10.1098/rspb.1998.0416>
- Hofman, R. J. (1995). The changing focus of marine mammal conservation. *Trends in Ecology & Evolution*, 10(11), 462–465.
- Hooker, S. K., Cañadas, A., Hyrenbach, K. D., Corrigan, C., Polovina, J. J., & Reeves, R. R. (2011). Making protected area networks effective for marine top predators. *Endangered Species Research*, 13(3), 203–218. <https://doi.org/10.3354/esr00322>
- Hoyt, E, & di Sciara, G. (2014). *Report of the workshop for the development of Important Marine Mammal Area (IMMA) Criteria, Marseille, France, 22 October 2013. IUCN Marine Mammal Protected Areas Task Force and International Committee on Marine Mammal Protected Areas.*

- Hoyt, Erich, & Sterling, L. (2011). *Marine protected areas for whales, dolphins and porpoises A World Handbook for Cetacean Habitat Conservation* (Earthscan,).
- Inchausti, P., & Weimerskirch, H. (2002). Dispersal and metapopulation dynamics of an oceanic seabird, the wandering albatross, and its consequences for its response to long-line fisheries. *Journal of Animal Ecology*, 71(5), 765–770. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2656.2002.00638.x>
- Ingram, S. N. (2000). The ecology and conservation of bottlenose dolphins in the Shannon Estuary, Ireland. *Department of Zoology and Animal Ecology*, (June), 170.
- Karczmarski, L., & Cockcroft, V. (2014). *Matrix photo-identification technique applied in studies of free-ranging bottlenose and humpback dolphins The Southern African Bryde's whale project View project*. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/232524538>
- Kelleher, G. (1999). Guidelines for Marine Protected Areas. In *Pacific Conservation Biology* (IUCN, Glan, Vol. 6). <https://doi.org/10.1071/pc010352>
- Kelleher, G., & Kenchington, R. (1992). *Guidelines for establishing marine protected areas. A marine conservation and development report* (Vol. 3). IUCN, Gland, Switzerland.
- La Manna, G., Manghi, M., Pavan, G., Lo Mascolo, F., & Sarà, G. (2013). Behavioural strategy of common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in response to different kinds of boats in the waters of Lampedusa Island (Italy). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 23(5), 745–757. <https://doi.org/10.1002/aqc.2355>
- Labach, H., Azzinari, C., Barbier, M., Cesarini, C., Daniel, B., David, L., ... Gimenez, O. (2019). Distribution and abundance of bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) over the French Mediterranean continental shelf. *BioRxiv Preprint*. <https://doi.org/10.1101/723569>
- Labach, H., Dhermain, F., & Dupraz, F. (2015). Suivi de la population de grands dauphins *Tursiops truncatus* le long des côtes provençales (Méditerranée nord-occidentale). *Scientific Reports of Port-Cros National Park*, 272(29), 267–272.
- Labach, H., Dhermain, F., Dupraz, F., & Colombey, M. (2011). Suivi des Grands Dauphins (*Tursiops truncatus*) et Dauphins de Risso (*Grampus griseus*) sur le secteur des îles d'Hyères en 2009. *Rapports Scientifiques Du Parc National de Port-Cros*, 162, 143–162.
- Lahvis, G. P., Wells, R. S., Kuehl, D. W., Stewart, J. L., Rhinehart, H. L., & Via, C. S. (1995). Decreased lymphocyte responses in free-ranging bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*)

- are associated with increased concentrations of PCBs and DDT in peripheral blood. *Environmental Health Perspectives*, 103(SUPPL. 4), 67–72. <https://doi.org/10.1289/ehp.95103s467>
- Lambert, C., Virgili, A., Pettex, E., Delavenne, J., Toison, V., Blanck, A., & Ridoux, V. (2017). Habitat modelling predictions highlight seasonal relevance of Marine Protected Areas for marine megafauna. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 141(April), 262–274. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2017.03.016>
- Laran, S., Pettex, E., Authier, M., Blanck, A., David, L., Dorémus, G., ... Ridoux, V. (2016). Seasonal distribution and abundance of cetaceans within French waters- Part I: The North-Western Mediterranean, including the Pelagos sanctuary. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, (xxxx), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2016.12.011>
- Larrère, C. (2010). Dossier « Le réveil du dodo III »-Les éthiques environnementales. *Natures Sciences Societes*, 18(4), 405–413. <https://doi.org/10.1051/nss/2011004>
- Lauret, V., Labach, H., Authier, M., & Gimenez, O. (2019). Combining single- and repeated-visit occupancy models to make the best of 4 monitoring surveys. *BioRxiv Preprint*, 2(3).
- Louis, M., Gally, F., Barbraud, C., Béseau, J., Tixier, P., Simon-bouhet, B., ... Guinet, C. (2015). Social structure and abundance of coastal bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in the Normano-Breton Gulf, English Channel. *Journal of Mammalogy*, 96(x), 1–13. <https://doi.org/10.1093/jmamma/gyv053>
- Louis, M., Simon, B., Amélia, B., Tamara, V., François, L., Yves, G., & Guinet, C. (2018). Evaluating the influence of ecology, sex and kinship on the social structure of resident coastal bottlenose dolphins. *Marine Biology*. <https://doi.org/10.1007/s00227-018-3341-z>
- Louis, M., Viricel, A., Lucas, T., Peltier, H., Alfonsi, E., Berrow, S., ... Simon-Bouhet, B. (2014). Habitat-driven population structure of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in the North-East Atlantic. *Molecular Ecology*, 23(4), 857–874. <https://doi.org/10.1111/mec.12653>
- Lubchenco, J., Palumbi, S. R., Gaines, S. D., & Andelman, S. (2003). Plugging a hole in the ocean: The emerging science of marine reserves. *Ecological Applications*, 13(1 SUPPL.), 3–7. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2003\)013\[0003:pahito\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2003)013[0003:pahito]2.0.co;2)
- Lusseau, D., Schneider, K., Boisseau, O. J., Haase, P., Slooten, E., & Dawson, S. M. (2003).

- The bottlenose dolphin community of doubtful sound features a large proportion of long-lasting associations: Can geographic isolation explain this unique trait? *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 54(4), 396–405. <https://doi.org/10.1007/s00265-003-0651-y>
- Lusseau, D., Wilson, B., Hammond, P. S., Grellier, K., Durban, J. W., Parsons, K. M., ... Thompson, P. M. (2006). Quantifying the influence of sociality on population structure in bottlenose dolphins. *Journal of Animal Ecology*, 75(1), 14–24. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2005.01013.x>
- Luthin, C. S. (1987). Status of and Conservation Priorities for the World's Stork Species. *Colonial Waterbirds*, 10(2), 181. <https://doi.org/10.2307/1521258>
- Mann, J., Stanton, M. A., Patterson, E. M., Bienenstock, E. J., & Singh, L. O. (2012). social networks reveal cultural behaviour in tool-using dolphins. *Nature Communications*. <https://doi.org/10.1038/ncomms1983>
- Marsili, L., & Focardi, S. (1997). CHLORINATED HYDROCARBON (HCB, DDTs AND PCBs LEVELS IN CETACEANS STRANDED ALONG THE ITALIAN COASTS: AN OVERVIEW. *Environmental Monitoring and Assessment*, 45(2), 129–180. <https://doi.org/10.1023/A:1005786627533>
- Martinez-Serrano, I., Serrano, a, Heckel, G., & Schramm, Y. (2011). Distribution and home range of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) off Veracruz, Mexico. *Ciencias Marinas*, 37(4A), 379–392.
- Mate, B. R., Ilyashenko, V. Y., Bradford, A. L., Vertyankin, V. V, Tsidulko, G. A., Rozhnov, V. V, & Irvine, L. M. (2015). Critically endangered western gray whales migrate to the eastern North Pacific. *Biology Letters*, (September 2011).
- Mazaris, A. D., Almpnidou, V., Wallace, B. P., Pantis, J. D., & Schofield, G. (2014). *Short communication A global gap analysis of sea turtle protection coverage*. 173, 17–23.
- Mazzoil, M., Reif, J. S., Youngbluth, M., Murdoch, M. E., Bechdel, S. E., Howells, E., ... Bossart, G. D. (2008). Home ranges of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Indian river Lagoon, Florida: Environmental correlates and implications for management strategies. *EcoHealth*, 5(3), 278–288. <https://doi.org/10.1007/s10393-008-0194-9>
- McClintock, B. T. (2015). Multimark: An R package for analysis of capture-recapture data consisting of multiple “noninvasive” marks. *Ecology and Evolution*, 5(21), 4920–4931. <https://doi.org/10.1002/ece3.1676>

- Meehan, M. C., Ban, N. C., Devillers, R., Singh, G. G., & Claudet, J. (2020). How far have we come? A review of MPA network performance indicators in reaching qualitative elements of Aichi Target 11. *Conservation Letters*, *13*(6), 1–18. <https://doi.org/10.1111/conl.12746>
- Micheli, F., & Niccolini, F. (2013). Achieving Success under Pressure in the Conservation of Intensely Used Coastal Areas. *Ecology and Society*, *18*(4).
- Milano, I., Babbucci, M., Cariani, A., Atanassova, M., Bekkevold, D., Carvalho, G. R., ... Bargelloni, L. (2014). Outlier SNP markers reveal fine-scale genetic structuring across European hake populations (*Merluccius merluccius*). *Molecular Ecology*, *23*(1), 118–135. <https://doi.org/10.1111/mec.12568>
- Moritz, C. (1994). Defining “Evolutionarily Significant Units” for conservation. *Trends in Ecology & Evolution*, *9*, 373–375.
- Natoli, A., Birkun, A., Aguilar, A., Lopez, A., & Hoelzel, A. R. (2005). Habitat structure and the dispersal of male and female bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *272*(1569), 1217–1226. <https://doi.org/10.1098/rspb.2005.3076>
- Newman, M. E. J. (2006). Modularity and community structure in networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *103*(23), 8577–8582. <https://doi.org/10.1073/pnas.0601602103>
- Notabartolo di Sciara, G., Hoyt, E., Reeves, R., Ardron, J., Marsh, H., Vongraven, D., & Barr, B. (2016). Place-based approaches to marine mammal conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, *26*(S2), 85–100. <https://doi.org/10.1002/aqc.2642>
- Notarbartolo di Sciara, G. (2011). *Guidelines for the Establishment and Management of Marine Protected Areas for Cetaceans*. (October), 36.
- Notarbartolo Di Sciara, G., Venturino, M. C., Zanardelli, M., Bearzi, G., Borsani, F. J., & Cavalloni, B. (1993). Cetaceans in the central mediterranean sea: Distribution and sighting frequencies. *Bolletino Di Zoologia*, *60*(1), 131–138. <https://doi.org/10.1080/11250009309355800>
- Nowacek, S. M., Wells, R. S., & Solow. (2001). Short-term effects of boat traffic on bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in Sarasota bay, Florida. *Marine Mammal Science*, *17*(4), 673–688. <https://doi.org/doi:10.1111/j.1748-7692.2001.tb01292.x>

- Nuutila, H. K., Meier, R., Evans, P. G. H., Turner, J. R., Bennell, J. D., & Hiddink, J. G. (2013). Identifying foraging behaviour of wild bottlenose dolphins (*tursiops truncatus*) and harbour porpoises (*phocoena phocoena*) with static acoustic dataloggers. *Aquatic Mammals*, 39(2), 147–161. <https://doi.org/10.1578/AM.39.2.2013.147>
- Passadore, C., Möller, L., Diaz-Aguirre, F., & Parra, G. J. (2017). High site fidelity and restricted ranging patterns in southern Australian bottlenose dolphins. *Ecology and Evolution*, (October), 1–15. <https://doi.org/10.1002/ece3.3674>
- Pelletier, D. (2011). Indicators - Constructing and validating indicators of the effectiveness of marine protected areas. In *Marine Protected Areas: A Multidisciplinary Approach*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139049382.014>
- Pérez-Jorge, S., Pereira, T., Corne, C., Wijtten, Z., Omar, M., Katello, J., ... Louzao, M. (2015). Can static habitat protection encompass critical areas for highly mobile marine top predators? Insights from coastal East Africa. *PLoS ONE*, 10(7), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133265>
- Phillips, A. (2004). The history of the international system of protected area management categories. *Parks*, 14(3), 4–14.
- Pinn, E. H. (2018). Protected areas: The false hope for cetacean conservation? In *Oceanography and Marine Biology* (Vol. 56, pp. 73–104). <https://doi.org/10.1201/9780429454455-2>
- Pouget, M., Baumel, A., Diadema, K., Médail, F., Pouget, M., Baumel, A., ... Conservation, F. M. (2018). *Conservation unit allows assessing vulnerability and setting conservation priorities for a Mediterranean endemic plant within the context of extreme urbanization* To cite this version : HAL Id : hal-01473776. <https://doi.org/10.1007/s10531-016-1242-3>
- Rabinowitz, A., & Zeller, K. A. (2010). A range-wide model of landscape connectivity and conservation for the jaguar, *Panthera onca*. *Biological Conservation*, 143(4), 939–945. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.01.002>
- Randall R. Reeves and Giuseppe Notarbartolo di Sciara. (2006). The status and distribution of Cetaceans in the Black sea and Mediterranean sea-Workshop report 5-7 March 2006. *The World Conservation Union IUCN*, 137p. Retrieved from <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2015042850>
- Ray, G C, & McCormick-Ray, M. G. (1995). Critical habitats and representative systems in marine environments: concepts and procedures. *The Science of Conservation in the*

- Coastal Zone*'.(Ed. T. Agardy.) Pp, 23–40.
- Ray, G Carleton. (1976). *Critical marine habitats: definition, description, criteria and guidelines for identification and management*. IUCN Morges, Switzerland.
- Reddy, M. L., Reif, J. S., Bachand, A., & Ridgway, S. H. (2001). Opportunities for using Navy marine mammals to explore associations between organochlorine contaminants and unfavorable effects on reproduction. *Science of the Total Environment*, 274(1–3), 171–182. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(01\)00741-0](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(01)00741-0)
- Reeves, R. R. (2000). *The value of sanctuaries, parks and reserves (protected areas) as tools for conserving marine mammals. Final Report to the Marine Mammal Commission, contract number T74465385*. (December), 50.
- Reeves, R. R. (2018). Conservation. In *Encyclopedia of Marine Mammals* (pp. 215–229). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804327-1.00097-2>
- Reeves, R. R., & Twiss, J. R. (1999). *Conservation and management of marine mammals*. Carlton, Vic. : Melbourne University Press.
- Reynolds, J. E., Marsh, H., & Ragen, T. J. (2009). Marine mammal conservation. *Endangered Species Research*, 7(1), 23–28. <https://doi.org/10.3354/esr00179>
- Ripoll, T., Dhermain, F., Baril, D., Roussel, E., David, L., & Beaubrun, P. (2001). First summer population estimate of bottlenose dolphins along the north-western coasts of the occidental Mediterranean basin. *European Research on Cetaceans*, 393–396.
- Robertson, F. D. (1992). Ecosystem management of the national forests and grasslands. *Memo to Regional Foresters and Station Directors, Washington Office. Washington DC: USDA Forest Service. Risky Business--Development and Implementation of a National Landslide Risk Management System*.
- Rosel, P. E., Mullin, K. D., Schwacke, L., Adams, J., Balmer, B., Conn, P. B., ... Zolman, E. S. (2011). Photo-identification Capture-Mark-Recapture Techniques for Estimating Abundance of bay, Sound and Estuary Populations of Bottlenose Dolphins along the U.S. East Coast and Gulf of Mexico: A Workshop Report. *Journal of Heredity*, (January), 30.
- Ryder, O. A. (1986). Species conservation and systematics: the dilemma of subspecies. *Trends Ecol. Evol.*, 1, 9–10.
- Schipper, J., Chanson, J. S., Chiozza, F., Cox, N. A., Hoffmann, M., Katariya, V., ... Young,

- B. E. (2008). The status of the world's land and marine mammals: diversity, threat, and knowledge. *Science*, 322(5899), 225–230. <https://doi.org/10.1126/science.1165115>
- Schmeller, D. S., Gruber, B., Bauch, B., Lanno, K., Budrys, E., Babij, V., ... Henle, K. (2008). Determination of national conservation responsibilities for species conservation in regions with multiple political jurisdictions. *Biodiversity and Conservation*, 17(14), 3607–3622. <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9439-8>
- Schmeller, D. S., Gruber, B., Budrys, E., Framsted, E., Lengyel, S., & Henle, K. (2008). National responsibilities in European species conservation: A methodological review. *Conservation Biology*, 22(3), 593–601. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.00961.x>
- Schwacke, L. H., Voit, E. O., Hansen, L. J., Wells, R. S., Mitchum, G. B., Hohn, A. A., & Fair, P. A. (2002). Probabilistic risk assessment of reproductive effects of polychlorinated biphenyls on bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from the southeast United States coast. (*Environmental Toxicology and Chemistry* (2002) 21(2752-2754)). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 21(12), 2752–2764. [https://doi.org/10.1897/1551-5028\(2003\)022<0689:E>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1897/1551-5028(2003)022<0689:E>2.0.CO;2)
- Schwartz, M. W. (1999). Choosing the appropriate scale of reserves for conservation. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 30(1), 83–108.
- Shane, S. H., Wells, R. S., Würsig, B., & Odell, D. K. (1986). Ecology, behavior and social organization of the bottlenose dolphin: a review. *Marine Mammal Science*, 2(1), 34–63. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.1986.tb00026.x>
- Sherman, K., & Duda, A. M. (1999). An ecosystem approach to global assessment and management of coastal waters. *Marine Ecology Progress Series*, 190, 271–287.
- Shillinger, G. L., Palacios, D. M., Bailey, H., Bograd, S. J., Swithenbank, A. M., Gaspar, P., ... Block, B. A. (2008). Persistent leatherback turtle migrations present opportunities for conservation. *PLoS Biology*, 6(7), 1408–1416. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0060171>
- Shimazaki, H., Tamura, M., Darman, Y., & Andronov, V. (2004). *Network analysis of potential migration routes for Oriental White Storks Network analysis of potential migration routes for Oriental White Storks (Ciconia boyciana)*. (November). <https://doi.org/10.1111/j.1440-1703.2004.00684.x>
- Soule, M. E. (1985). What is Conservation Biology? A new synthetic discipline addresses the

- dynamics and problems of perturbed species, communities, and ecosystems. *BioScience*, 35(11), 727–734.
- Storelli, M. M., Barone, G., Piscitelli, G., Storelli, A., & Marcotrigiano, G. O. (2007). Tissue-related polychlorinated biphenyls accumulation in Mediterranean cetaceans: Assessment of toxicological status. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 78(3–4), 206–210. <https://doi.org/10.1007/s00128-007-9126-6>
- Sutherland, W. J. (1998). The importance of behavioral studies in conservation biology. *Animal Behaviour*, 56(4), 801–809. <https://doi.org/10.1006/anbe.1998.0896>
- Sveegaard, S., Galatius, A., Dietz, R., Kyhn, L., Koblitz, J. C., Amundin, M., ... Teilmann, J. (2015). Defining management units for cetaceans by combining genetics, morphology, acoustics and satellite tracking. *Global Ecology and Conservation*, 3, 839–850. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2015.04.002>
- Taylor, B. L., Martinez, M., Gerrodette, T., Barlow, J., & Hrovat, Y. N. (2007). LESSONS FROM MONITORING TRENDS IN ABUNDANCE OF MARINE MAMMALS. *Marine Mammal Science*, 23(1), 157–175. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2006.00092.x>
- Team, R. C. and others. (2018). *R: A language and environment for statistical computing*. Retrieved from <https://www.r-project.org/>
- Urian, K. W., Hohn, A. A., & Hansen, L. J. (1999). *Status of the photo-identification catalog of coastal bottlenose dolphins of the western North Atlantic: Report of a workshop of catalog contributors*. US Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration~....
- Wafo, E., Sarrazin, L., Diana, C., Dhermain, F., Schembri, T., Lagadec, V., ... Rebouillon, P. (2005). Accumulation and distribution of organochlorines (PCBs and DDTs) in various organs of *Stenella coeruleoalba* and a *Tursiops truncatus* from Mediterranean littoral environment (France). *Science of the Total Environment*, 348(1–3), 115–127. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.12.078>
- Watson, J. E. M., Dudley, N., Segan, D. B., Society, W. C., & Hockings, M. (2014). *The performance and potential of protected areas*. (January 2015). <https://doi.org/10.1038/nature13947>
- Weller, D. W. (2015). *OCCURRENCE, DISTRIBUTION, SITE FIDELITY, AND SCHOOL SIZE OF BOTTLENOSE DOLPHINS (TURSIOPS TRUNCATUS) OFF SAN DIEGO*,

- CALIFORNIA.pdf*. (September). <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.1999.tb00807.x>
- Wells, R. S., Allen, J. B., Hofmann, S., Bassos-Hull, K., Fauquier, D. A., Barros, N. B., ... Scott, M. D. (2008). Consequences of injuries on survival and reproduction of common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) along the west coast of Florida. *Marine Mammal Science*, 24(4), 774–794. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2008.00212.x>
- Wells, R. S., & Scott, M. D. (1990). Estimating bottlenose dolphin population parameters from individual identification and capture-release techniques. (*Tursiops truncatus*). *Report of the International Whaling Commission Special Issue*, (12), 9.
- Wells, R. S., & Scott, M. D. (1999). Bottlenose dolphin *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821). In S. Ridgway & R. Harrison (Eds.), *Handbook of Marine Mammals, Volume 6, The Second Book of Dolphins and Porpoises* (Academic P, pp. 137– 182). San Diego.
- Whitehead, H. (1997). Analyzing animal social structure. *Animal Behaviour*, 53(5), 1053–1067. <https://doi.org/10.1006/anbe.1996.0358>
- Whitehead, Hal., & Dufault, S. (1999). Techniques for Analyzing Vertebrate social structure.pdf. *Advances in the Study of Behavior*, 42.
- Whitehead, Hal. (2008). *Analyzing animal societies: quantitative methods for vertebrate social analysis*. University of Chicago Press.
- Whitehead, Hal. (2010). Conserving and managing animals that learn socially and share cultures. *Learning & Behavior*, 38(3), 329–336. <https://doi.org/10.3758/LB.38.3.329>
- Whitehead, Hal, Rendell, L., Osborne, R. W., & Würsig, B. (2004). Culture and conservation of non-humans with reference to whales and dolphins: Review and new directions. *Biological Conservation*, 120(3), 431–441. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.03.017>
- Williams, J. A., Dawson, S. M., & Sloaten, E. (1993). The abundance and distribution of bottlenosed dolphins (*Tursiops truncatus*) in Doubtful Sound, New Zealand. *Canadian Journal of Zoology*, 71(10), 2080–2088. <https://doi.org/10.1139/z93-293>
- Wilson, B., Hammond, P. S., & Thompson, P. M. (1999). Estimating Size and Assessing Trends in a Coastal Bottlenose Dolphin Population. *Ecological Applications*, 9(1), 288–300.
- Wilson, B., Reid, R. J., Grellier, K., Thompson, P. M., & Hammond, P. S. (2004). Considering the temporal when managing the spatial: A population range expansion impacts protected areas-based management for bottlenose dolphins. *Animal Conservation*, 7, 331–338.

<https://doi.org/10.1017/S1367943004001581>

Wilson, E. O. (2000). *Sociobiology: The new synthesis*. Harvard University Press.

Würsig, B., & Jefferson, T. a. (1990). Methods of photo-identification for small cetaceans. *Report of the International Whaling Commission*, pp. 43–52. Retrieved from [http://swfsc.noaa.gov/uploadedFiles/Divisions/PRD/Publications/Wursig_Jefferson1990\(5\).pdf](http://swfsc.noaa.gov/uploadedFiles/Divisions/PRD/Publications/Wursig_Jefferson1990(5).pdf)

Würsig, B., & Würsig, M. (1977). The Photographic Determination of Group Size, Composition, and Stability of Coastal Porpoises (*Tursiops truncatus*). *Science*, *198*(4318), 755–756. <https://doi.org/10.1126/science.198.4318.755>

Annexe 1. Questionnaire autour du Grand dauphin à destination des gestionnaires d'Aires Marines Protégées

Dans le cadre du projet GDEGeM Grand Dauphin Etude et Gestion en Méditerranée, nous vous soumettons ce questionnaire afin de nous aider à appréhender les moyens de conservation de l'espèce existant au sein des Aires Marines Protégées méditerranéennes françaises et d'initier avec vous une réflexion et un travail pour l'amélioration de la conservation de l'espèce en Méditerranée nord-occidentale. Les résultats de ce questionnaire seront analysés en vue de préparer un atelier de travail avec les gestionnaires d'AMPs méditerranéennes françaises autour de la conservation du Grand dauphin, qui sera organisé en collaboration avec l'Agence des Aires Marines Protégées et le réseau Medpan et au cours duquel vous sera présentée une synthèse des réponses obtenues.

Ce QCM comprend 24 questions principales et 9 questions optionnelles. Le temps de remplissage du questionnaire est évalué à moins de 10 minutes! Merci de prendre le temps nécessaire à son remplissage!

*Obligatoire

Votre Aire Marine Protégée

1. Nom de l'Aire Marine Protégée *

2. Type d'aire marine protégée *

ZSC, ZPS, Parc national, Parc naturel marin, etc.

3. Nom du gestionnaire *

Personne remplissant le questionnaire

4. Nom *

5. Prénom *

6. Fonction

7. Téléphone *

8. email *

9. skype

Le Grand dauphin en Méditerranée nord-occidentale

10. Quelles sont vos connaissances sur l'espèce *Tursiops truncatus* en général (biologie, écologie, etc.) * *Une seule réponse possible.*

Faibles / Moyennes / Bonnes

11. Quelles sont vos connaissances sur la présence, la répartition et le statut de l'espèce en Méditerranée nord-occidentale? * *Une seule réponse possible.*

Faibles / Moyennes / Bonnes

12. Avez-vous accès à des informations et/ou publications scientifiques sur l'espèce? * *Plusieurs réponses possibles.*

Non / Peu / Difficilement / Oui / Beaucoup

Contexte législatif et réglementaire

13. Connaissez-vous les objectifs et actions du Sanctuaire Pelagos? * *Une seule réponse possible.*

Peu / Moyennement / Bien

14. Connaissez-vous les objectifs et actions de l'accord ACCOBAMS? * *Une seule réponse possible.*

Peu / Moyennement / Bien

15. Connaissez-vous les principales obligations et interdictions de l'arrêté ministériel du 1er juillet 2011 fixant la liste des mammifères marins protégés sur le territoire national et les

modalités de leur protection? * *Une seule réponse possible.*

Peu / Moyennement / Bien

16. Connaissez-vous le Réseau National Echouage et son fonctionnement? * *Une seule réponse possible.*

Peu / Moyennement / Bien

17. Connaissez-vous la démarche à suivre en cas d'échouage? * *Une seule réponse possible.*

Peu / Moyennement / Bien

18. Avez-vous au sein de votre personnel des personnes détentrices de la carte verte pour les cétacés? * <http://crrm.univ-lr.fr/index.php/fr/echouages/reseau-national-echouages> *Une seule réponse possible.*

Oui / Non

Le Grand dauphin au sein de votre Aire Marine Protégée

19. Avez-vous la connaissance d'observations de grands gauphins dans votre AMP ? * *Une seule réponse possible.*

Oui / Non

20. Si oui quelle est la source de l'information? *Plusieurs réponses possibles.*

Scientifiques / Personnel de l'AMP / Pêcheurs / Opérateur de whale-watching / Plaisanciers / Autre:

21. Avez-vous des activités de "dolphin et/ou whale-watching" au sein de votre AMP? * Professionnels pratiquant une activité ciblée sur les cétacés à l'intérieur de l'AMP. *Une seule réponse possible.*

Oui / Non

22. Si oui quel est le nombre de bateaux concernés?

23. Avez-vous une (plusieurs) problématique(s) particulière(s) concernant le Grand dauphin au sein de votre AMP? * *Une seule réponse possible.*

Oui / Non

24. Si oui la(les)quelle(s) ? *Plusieurs réponses possibles.*

Interactions négatives avec les pêcheries / Interactions négatives avec l'aquaculture /
Dérangement par des activités de "whale-watching" / Interactions avec des baigneurs / Mortalité importante / Population en diminution / Autre :

25. Si vous souhaitez préciser

26. Le Grand dauphin est-il cité comme espèce d'importance dans votre document d'objectifs ou plan de gestion? * *Une seule réponse possible.*

Oui / Non

27. Organisez-vous un suivi régulier de l'espèce? * *Une seule réponse possible.*

Oui / Non

28. Avez-vous une base de données concernant l'espèce? * *Une seule réponse possible.*

Oui / Non

29. Collaborez-vous avec des scientifiques concernant l'espèce? * *Une seule réponse possible.*

Oui / Non

30. Si oui de quel type de structure? *Plusieurs réponses possibles.*

Votre AMP / universitaire / ONG

31. Si oui comment? *Plusieurs réponses possibles.*

Réalisation d'un état initial / Suivi / Echange de données / Conseil / Formations

32. Avez-vous des mesures spécifiques en place pour l'espèce? * *Une seule réponse possible.*

Oui / Non

33. Si oui précisez lesquelles

34. Avez-vous des mesures spécifiques en projet pour l'espèce ? * *Une seule réponse possible.*

Oui / Non

35. Si oui précisez lesquelles et leur état d'avancement

36. Participez-vous à un groupe de discussion sur les mammifères marins? * *Une seule réponse possible.*

Oui / Non

37. Si oui le(s)quel(s)

L'amélioration de la conservation du Grand dauphin au sein du réseau d'Aires Marines Protégées Apports du projet GDEGeM

38. Pensez-vous qu'il soit nécessaire de mettre en place des mesures spécifiques pour la protection du Grand dauphin au sein de votre AMP? * *Une seule réponse possible.*

Oui / Non

39. Si vous souhaitez préciser

40. Pensez-vous que vous pourriez améliorer les moyens de gestion de l'espèce au sein de votre AMP? * *Une seule réponse possible.*

Oui / Non

41. Quels sont vos manques et besoins? *Plusieurs réponses possibles.*

Conseils / Formations / Connaissance / Données / Protocoles / Collaborations avec des scientifiques / Collaborations avec d'autres AMPs / Moyens matériel / Personnel / Moyens / financiers / Autre :

42. Pensez-vous que votre Aire Marine Protégée pourrait contribuer à la conservation de

l'espèce

à l'échelle du bassin de Méditerranée nord-occidentale * *Une seule réponse possible.*

Oui / Non / En partie

43. Pourquoi et/ou comment? N'hésitez pas à nous faire de toutes vos réflexions et suggestions sur la problématique

44. Vous sentez-vous concernés par le projet GDEGeM * *Une seule réponse possible.*

Oui / Non

45. Expliquez pourquoi

46. Que pensez-vous que pourrait vous apporter le projet GDEGeM *
Le projet GDEGeM ayant pour objectif l'amélioration de la conservation du Grand dauphin en Méditerranée nord-ouest, notamment grâce à l'amélioration des moyens de conservation de l'espèce au sein des AMPs et à travers un réseau cohérent fondé sur les AMPs.

47. Autre/commentaire(s). Merci de nous faire part de toute remarque, précision, suggestion ou commentaire que vous souhaiteriez formuler.

Annexe 2. Liste des communications réalisées

Labach H., Azzinari C., Barbier M., Cesarini C., Chazot J., Daniel B., David L., Dhermain F., Di-Méglio N., Jacob T., Jourdan J., Ratel M., Robert N., Roul M., Simon-Bouhet B., Stenger P.L., Tomasi N., Gimenez O. “State of knowledge and conservation of bottlenose dolphins in French Mediterranean waters”. Workshop TursioMed: an international collaborative project to assess the ecology and conservation status of the bottlenose dolphin in the Mediterranean Sea, Barcelona, 08/12/2019. Oral communication.

Labach H. “Towards a network based management of the bottlenose dolphin in the French Mediterranean waters”. Workshop “Managing highly mobile species across Mediterranean Marine Protected Areas”, 12-14/11/2019, Akyaka, Turquie. Oral communication.

Labach H. “The practice of marine mammal conservation in the context of EU policies in French Mediterranean”. 5th International Conference on Marine Mammal Protected Area. Greece, 8-12/04/2019. Oral communication.

Labach H. « Merging science and management for the long-term conservation of bottlenose dolphin in the French Mediterranean Sea – how MPA can contribute to the conservation of marine mammals. 5th International Conference on Marine Mammal Protected Area. Greece, 8-12/04/2019. Oral communication.

Labach H. Suivi des grands dauphins. Atelier technique des gestionnaires d’AMPs de la façade Méditerranée, Age, 03-04 avril 2019. Communication orale.

Labach H. Stratégie de suivi des cétacés en Méditerranée française, le cas du Grand dauphin. Atelier technique des gestionnaires d’AMPs de la façade Méditerranée, Cassis, 26-27 mars 2018. Communication orale.

Labach H. Stenger P.L., Jourdan J., David L., Di Meglio N., Azzinari C., Robert N., Ballardini M., Riina M.V., Simon-Bouhet B. & Gimenez O. Structure de la population de Grand dauphin en Méditerranée française. XVIIIe séminaire annuel du Réseau National Échouages, Hyères, 15-16 octobre 2016. Communication orale.