

**COLLEGE SCIENCES & TECHNOLOGIES POUR
L'ENERGIE ET L'ENVIRONNEMENT DE LA COTE
BASQUE Université de Pau et des Pays de l'Adour Licence
Biologie des Organismes**



L'influence de l'aquaculture sur le comportement des grands dauphins dans la Ria de Arousa en Galice (Nord-Ouest de l'Espagne), (*Tursiops truncatus*)

ARQUE Coline

Stage effectué(e) du 10 Avril au 10 Mai 2019 à l'institut de recherche consacrée sur les grands dauphins (BDRI) situé à Av. de Beirmar, 192, 36980 O Grove, Pontevedra sous la direction scientifique de Mme Severine METHION



"Ce rapport a été réalisé en collaboration avec le BDRI (représenté par Bruno Díaz López), l'institut de recherche sur les dauphins, qui m'a officiellement autorisé à utiliser les données pour élaborer ce rapport. Il s'agit d'une thèse non publiée et qui n'est pas prête pour une diffusion ultérieure. L'auteur et le BDRI autorisent l'utilisation de cette thèse à des fins de consultation et de copie de parties de celle-ci à des fins personnelles. Toute autre utilisation est soumise aux lois sur le droit d'auteur ; plus précisément, la source doit être spécifiée de manière détaillée lors de l'utilisation des résultats de cette thèse. "

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

Remerciement

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon stage et qui m'ont aidé lors de la rédaction de ce rapport.

Tout d'abord, j'adresse mes remerciements au directeur de l'institut d'accueil, **Mr Bruno Diaz Lopez directeur du centre de recherche Bottlenose Dolphin Research Institute** qui m'a permis d'effectuer durant une période deux mois un stage sur les espèces marines et oiseaux marins. Son écoute et ses conseils m'ont permis d'obtenir de mieux connaître les métiers en lien avec la biologie marine.

Je tiens à remercier vivement mon maître de stage, **Mme Severine Methion, (responsable en chef au BDRI et effectuant sa thèse à l'institut)**, pour son accueil, le temps passé ensemble et le partage de son expertise au quotidien. Grâce aussi à sa confiance j'ai pu m'accomplir totalement dans mes missions. Elle fut d'une aide précieuse pour les conseils pour mes perspectives d'avenir.

Je remercie également toute l'équipe du BDRI pour leur accueil, leur esprit d'équipe et en particulier **Mr Oriol Giralt Paradelle**, qui m'a beaucoup aidé dans l'apprentissage de la collecte des données.

Je remercie de même, **Sara Simões** et **Olga Mosca** pour la formation fournie tout au long de mon stage sur les différents outils et logiciels associées à la recherche sur les mammifères marins.

Je remercie tout particulièrement mes parents pour m'avoir permis d'effectuer ce stage qui m'a confirmé mon envie de travailler dans la biologie marine.

Et une pensée particulière aux personnes extraordinaires (Maxence, Louise, Kim, Nathan et Laurène) que j'ai rencontrée durant ce stage avec qui j'ai partagé de très bon moment merci et plus particulièrement à ma camarade de chambre Gabrielle.

"Le financement de cette recherche a été fourni par le BDRI, l'Institut de recherche sur les dauphins. Cette étude n'aurait pas été possible sans la supervision de Bruno Díaz López et Séverine Methion, et la coopération de tous les membres et bénévoles du BDRI qui ont généreusement consacré leur temps à l'aide La collecte des données est conforme aux lois en vigueur dans le pays où elle a été réalisée, en Espagne. "

Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont conseillé et relu lors de la rédaction de ce rapport de stage : ma tutrice de stage et ma famille.

Avant-propos

J'ai effectué mon stage au centre de recherche BDRI (Bottlenose Dolphin Research Institute) étant un centre des sciences de la mer indépendant qui se consacre à la recherche, à l'éducation et à la conservation de la biodiversité marine. Les chercheurs du BDRI sont des biologistes expérimentés qui connaissent bien la zone d'étude, les animaux, les protocoles de recherche, la sécurité et d'autres aspects de la logistique.

Leur expérience de la recherche sur le terrain, leurs technologies innovantes et leur engagement en matière de recherche, d'éducation et de conservation font de leur institut une source importante de connaissances sur la biodiversité marine et l'environnement pour les scientifiques, les décideurs et le public.

L'équipe de travail se compose de cinq biologistes :

- Bruno Diaz Lopez : Directeur, fondateur du centre et le biologiste en chef. Bruno est un scientifique espagnol avec plus de 20 ans d'expérience en tant que chercheur sur les cétacés.
- Severine Methion : Responsable de recherche et enquêteur principal. Séverine est une scientifique française avec plus de 6 ans d'expérience en tant que chercheuse sur les cétacés. Elle est actuellement doctorante à l'Université de Bordeaux (France) et étudie l'écologie des grands dauphins dans les eaux de l'Atlantique.
- Oriol Giralt Paradelle : Personnel de l'équipe et coordinateur d'interne. Oriol est un biologiste marin ayant plusieurs expériences dans l'étude des mammifères marins. Il est diplômé en biologie de l'Université de Barcelone (Espagne) et possède une maîtrise en biologie marine de l'University College Cork (Irlande). Il est actuellement doctorant à l'University College Cork et étudie l'écologie des dauphins communs dans les eaux galiciennes.
- Sara Simões : est une biologiste qui a rejoint le BDRI en 2016, d'abord en tant qu'étudiante en licence, puis en tant qu'étudiante en master et coordinatrice stagiaire. Elle est diplômée en biologie de l'Université d'Aveiro (Portugal) où elle présente sa maîtrise en biologie marine sur les marques corporelles et la photo-identification de grands dauphins.
- Olga Mosca : est une biologiste qui a rejoint le BDRI en 2018 en tant que coordinatrice stagiaire. Elle est diplômée en biologie de l'Université de Victoria (Canada) où elle a présenté son baccalauréat en biologie marine. Elle est responsable de la coordination des stagiaires et des bénévoles et participe à la collecte de données sur le terrain.

Leur équipe forme les futures générations de scientifiques de la mer et s'est engagée à comprendre et à réduire l'impact des activités humaines sur les écosystèmes marins. Le BDRI propose des programmes éducatifs destinés à fournir un soutien supplémentaire aux scientifiques en début de carrière, aux étudiants en sciences, aux écoles locales et aux scientifiques du monde entier, des possibilités de formation sur le terrain aux cours et recherches sur le terrain.

Table des matières

Remerciement	- 2 -
Avant-propos	- 3 -
Introduction	- 1 -
1. L'aquaculture :	- 1 -
a. Impact économique :	- 1 -
b. Impact sur les écosystèmes :	- 1 -
2. Grand Dauphins (<i>Tursiops truncatus</i>) :	- 2 -
a. Caractéristiques des grands dauphins :	- 2 -
b. Répartition / Distribution :	- 2 -
c. Alimentation :	- 2 -
d. Comportement des grands dauphins :	- 3 -
e. Politique internationale de conservation des grands dauphins :	- 4 -
f. Impact sur les grands dauphins :	- 4 -
3. Objectifs :	- 5 -
Matériel et méthodes	- 6 -
4. Zone d'étude :	- 6 -
5. Impact de l'aquaculture en Galice :	- 7 -
6. Grand dauphin en Galice :	- 7 -
7. Collecte des données :	- 8 -
8. Analyse et modélisation des données : tests utilisés	- 10 -
a. Conditions d'application des tests :	- 10 -
Résultats	- 13 -
Discussion	- 19 -
Références	- 23 -
Annexe	- 1 -
Résumé	- 2 -

Introduction

1. L'aquaculture :

L'aquaculture est l'élevage d'organismes aquatiques dans les zones côtières et intérieures, impliquant des interventions dans le processus d'élevage pour améliorer la production (www.fao.org). Elle demeure une source importante de nourriture, de nutrition, de revenus et de moyens de subsistance pour des centaines de millions de personnes dans le monde (FAO 2016). Avec la production de pêches de capture relativement statique depuis la fin des années 1980, l'aquaculture a été responsable de la croissance impressionnante de l'approvisionnement en poisson pour la consommation humaine. Fournissant que 7% des poissons destinés à la consommation humaine en 1974, cette part a augmenté jusqu'à 26% en 1994 et 39% en 2004 (FAO 2016). Il existe différentes méthodes de culture existantes dans différents pays du monde. En effet, l'aquaculture est pratiquée dans les eaux marines, saumâtres et fraîches, la grande partie de la production actuelle étant dans ce dernier (De Silva 2012). Elle est pratiquée dans des cages naturelles dans les eaux fraîches et saumâtres ce qui correspond aux lacs et rivières d'eau douce. Cette technique a prospéré dans de nombreux pays, bien que certains réglementent maintenant l'utilisation en raison de préoccupations concernant les impacts environnementaux (Bostock et al. 2010). L'aquaculture côtière utilisant des citernes terrestres a été développée dans certaines régions (par exemple, la Corée du Sud, l'Espagne, l'Islande), généralement là où d'autres types d'aquaculture ne seraient pas possibles (Bostock et al. 2010).

a. Impact économique :

L'aquaculture mondiale a connu une croissance spectaculaire au cours des 50 dernières années pour atteindre environ 52,5 millions de tonnes (68,3 millions, plantes aquatiques comprises) en 2008, d'une valeur de 98,5 milliards USD (106 milliards USD comprenant des plantes aquatiques) et représentant environ 50% de l'approvisionnement mondial en poisson. L'Asie domine cette production avec 89% en volume et 79% en valeur, la Chine étant de loin le plus gros producteur (32,7 millions de tonnes en 2008) (Bostock et al. 2010). La croissance rapide de cette région est due à divers facteurs, notamment les pratiques aquacoles préexistantes, la croissance démographique et économique, l'assouplissement du cadre réglementaire et l'élargissement des possibilités d'exportation. L'aquaculture marine et, en particulier, la pisciculture intensive ont connu une forte expansion dans la plupart des pays méditerranéens au cours des dix dernières années (UNEP / MAP, 2004).

b. Impact sur les écosystèmes :

L'expansion récente de l'aquaculture intensive dans le monde a causé de graves dommages environnementaux aux écosystèmes côtiers. Les méthodes de croissance rapide et de monoculture ont entraîné des problèmes socio-économiques et environnementaux dans les zones côtières de nombreux pays asiatiques, ainsi qu'en Amérique du Sud, dans les îles britanniques et en Scandinavie (Carl Folke, Nils Kautsky 1992). L'augmentation de la matière organique résultant des activités aquacoles attire les espèces de poissons et par conséquent leurs prédateurs. Le développement de l'industrie aquacole s'est accompagné d'une augmentation des

impacts sur l'environnement (revu par Pillay 2008). Les préoccupations liées à la conchyliculture (aquaculture) se concentrent sur l'introduction d'espèces non indigènes, l'altération de l'habitat, la modification de la structure ou de la fonction communautaire (Chesney et Iglesias 1979 ; Iwama 1991 ; McKindsey et al. 2011), et les effets sur les populations d'oiseaux et de mammifères marins (Price et Nickum 1995 ; Würsig et Gailey 2002), comme les Grands Dauphins.

2. Grand Dauphins (*Tursiops truncatus*) :

a. Caractéristiques des grands dauphins :

Le Grand Dauphin est un cétacé à dents (odontocètes), de grande taille avec une longueur totale de 0,9 mètres à la naissance et une taille variant de 2,3 à 3,5 mètres chez les individus adultes, avec un maximum de 4,0 mètres. Son poids peut dépasser les 300kg. Il possède une coloration sombre et relativement uniforme, avec des flancs de couleur gris moyen et le ventre plus clair (cahier d'habitats natura 2000).

b. Répartition / Distribution :

Les grands dauphins (*Tursiops truncatus*) sont des animaux d'étude appropriés et utiles en raison de leur répartition mondiale dans les eaux côtières tropicales et tempérées (Leatherwood and Reeves, 1983). En effet ce sont des animaux vivant dans différents habitats ce qui témoigne de leur grande plasticité. On peut observer des populations strictement côtières alors que d'autres sont plutôt océaniques (au-delà du plateau continental) (cahier d'habitats natura 2000). Les Grand Dauphins sont présents le long de la côte ibérique du Nord-Ouest (Lopez et al. 2003; Pierce et coll. 2010; Louis et coll. 2014; Diaz Lopez et Methion 2017), une région où ils sont vulnérables à plusieurs impacts humains qui affectent les zones côtières de la côte Atlantique, comme le trafic maritime, les prises accidentelles (Lopez et al. 2003), la surpêche (Freire et Garcia-Allut 2000), les déversements d'hydrocarbures (Vieites et coll. 2004) et l'industrie aquacole (Diaz Lopez et Methion 2017). Une étude récente a démontré que les dauphins à grande échelle présentent un profil d'habitat très précis affecté par les activités anthropiques dans ces eaux (Diaz Lopez et Methion 2017).

c. Alimentation :

Cette espèce montre une grande capacité d'adaptation aux fluctuations du type et de la quantité des proies et son spectre alimentaire est particulièrement large. L'analyse du contenu stomacal de six individus échoués sur les côtes italiennes, a montré que la part des poissons constituait 86% du poids des proies, le reste étant des calmars (14%) et un crustacé pélagique. Les poissons capturés étaient principalement des espèces nectobenthique et benthiques de l'infra-littoral, telles que des sparidés, congres, anguilles et des espèces nectobenthiques plus profondes, comme le Merlu (*Merluccius merluccius*) et Merlan bleu (*Micromesistius poutassou*). Chez les individus vivant plus au large le spectre alimentaire sera décalé vers des espèces plus pélagiques

telles que les calmars, les poissons de la famille des clupéidés et scombridés. Il faut savoir que le grand dauphin n'hésite pas à tirer profit des activités halieutiques afin de satisfaire ses besoins alimentaires. Il est courant, de voir cette espèce suivre les chalutiers, notamment en fin de coup de chalut, ou bien consommer les poissons rejetés par les pêcheries. La consommation quotidienne de poissons peut représenter 3 à 7% du poids de son corps soit une ration journalière de l'ordre de plus d'une dizaine de kilos (cahier d'habitats natura 2000).

d. Comportement des grands dauphins :

Le comportement des grands dauphins peut différer considérablement en fonction de l'habitat dans lequel vivent les animaux (Shane, Wells & Würsig, 1986). Les habitudes alimentaires, en particulier, semblent façonner le comportement de ces dauphins, dont l'alimentation a été décrite comme prédominante ou opportuniste (par exemple Leatherwood, 1975; Barros & Odell, 1990). Dans les eaux côtières méditerranéennes, les grands dauphins ciblent principalement les proies démersales (par exemple Miokovic, Kovacic & Pribanic, 1999; Blanco, Salomón & Raga, 2001) lors des séances d'alimentation caractérisées par des plongées de 3 à 5 min et occasionnellement jusqu'à 8 min, selon la profondeur de l'eau (Bearzi, Politi & Notarbartolo di Sciara, 1999; Bearzi et coll., 2005). Voyager (ou nager) se rapporte généralement aux dauphins impliqués dans le mouvement persistant et directionnel. Les interactions sociales sont généralement classées comme « accouplement », « jouer », « frotter », etc., mais la plupart des auteurs décrivent toutes ces catégories comme étant étroitement entrelacées et probablement au service des fonctions sociales et sexuelles (Tayler et Saayman 1973, Norris 1974, Wells 1984). La « marche au ralenti » et le « repos » se réfèrent généralement aux dauphins engagés dans des mouvements lents généralement dépourvus de composants des autres types de comportement décrits ici. Le comportement impliquant des changements de cap, peut être associé à l'alimentation, la socialisation ou le jeu, si rapide, ou au repos ou au ralenti. Le vrai comportement au repos n'a jamais été aussi clairement identifié chez le *T. truncatus* que dans d'autres cétacés comme le dauphin à Spinner hawaïen, *Stenella longirostris* (Norris et Dohl 1980b, Norris et al. 1982). Les grands dauphins (*Tursiops* spp.) vivent dans des sociétés de fission-fusion au sein desquelles les individus forment des écoles instables, avec des associations entre individus démontrant des modèles qui varient selon les animaux et le sexe (reviewed in Connor et al. 2000). Les sociétés de fission – fusion présentent une bonne occasion d'examiner les coûts et les avantages de l'association dans les populations de dauphins touchées par l'utilisation humaine des eaux côtières, en particulier par les activités de pêche et la modification de l'habitat (Beddington et al. 1985; Fertl et Leatherwood 1997; Diaz Lopez 2006b).

e. Politique internationale de conservation des grands dauphins :

Les grands dauphins sont protégés à l'échelle nationale dans tous les pays européens Bassin méditerranéen, conformément aux exigences de la Commission européenne Directive sur la conservation des habitats naturels et de la faune et de la flore sauvages (Directive 92/43CEE du Conseil, 21 mai 1992), mieux connue sous le nom de "directive habitats". Tous les cétacés sont énumérés à l'annexe IV – espèces d'intérêt communautaire nécessitant protection. Le grand dauphin, est spécifiquement inscrit à l'annexe II-espèces d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de zones spéciales de conservation.

f. Impact sur les grands dauphins :

Malgré un certain nombre d'études axées sur l'impact de l'aquaculture sur les mammifères marins, l'interaction entre les grands dauphins communs (*Tursiops truncatus*) et les piscicultures n'a fait l'objet que de peu d'enquêtes (Watson-Capps et Mann, 2005, Díaz López et al, 2006). Étant donné son mode de vie très côtier et sa grande plasticité comportementale en relation notamment avec son alimentation, les grands dauphins (*Tursiops truncatus*) sont particulièrement susceptibles d'interagir avec les activités humaines (Würsig et Gailey 2002 ; Díaz López 2006a, 2012, 2017 ; Bearzi et al. 2008), (cahier d'habitats natura 2000). La socialisation au sein des groupes et des populations côtières est probablement perturbée par l'urbanisation du littoral et l'augmentation des activités nautiques qui peuvent entraîner des ruptures de liens interindividuels (cahier d'habitats natura 2000). Ces impacts d'origines anthropiques ont eu probablement pour effet la fragmentation de l'aire de répartition du grand dauphin en population plus isolées. L'interaction entre les principaux prédateurs et l'aquaculture, et les conséquences de cette interaction, revêt une grande importance pour la gestion des côtes et de l'aquaculture (Díaz López 2012). Une étude suggère que l'impact de l'aquaculture, affectent la répartition spatiale des populations communes de grands dauphins. (Methion S, Díaz López (2017)). En effet des observations comportementales de groupes de grand dauphins conduits au fait que les radeaux flottants de moules jouent un rôle clé dans leur distribution, car des groupes de dauphins ont été observés à plusieurs reprises attrapant des poissons et effectuant de longues plongées autour des plateformes flottantes. La structure physique des radeaux de moules, agissant comme « dispositifs d'agrégation de poissons » (Rountree 1989), ainsi que l'effet de cascade de la présence d'une biomasse d'épifaune élevée associée (McKindsey et al. 2011), améliorent la biomasse des proies des grands dauphins. En réduisant le temps passé à chercher des proies, les grands dauphins réduisent l'énergie nécessaire à l'alimentation et, éventuellement, augmentent la quantité et la qualité des aliments consommés (Díaz López, 2006b). De plus, des résultats indiquent que dans une zone piscicole utilisée intensivement par les grands dauphins pour l'alimentation, ces derniers n'ont pas modifié la durée de la plongée avec des changements dans l'abondance des proies, ce qui peut indiquer qu'ils n'ont pas modifié le temps passé à chercher des proies. Cependant, les observations sous-marines confirment que les dauphins trouvent plus facile d'exploiter cette source de nourriture concentrée et il semble que la tactique de chasse et non la taille du groupe joue un rôle important pendant les activités d'alimentation. Ainsi, les grands dauphins semblent capables de modifier leurs tactiques de chasse en fonction de l'abondance des proies. (Bruno Diaz Lopez (2009)). Étant donné que les activités d'aquaculture marine sont limitées aux eaux peu profondes et presque côtières, il y a un chevauchement important avec la distribution des

espèces côtières de cétacés dans plusieurs régions du monde (Würsig et Gailey 2002; Jefferson et Hung 2004; Markowitz et al. 2004; Watson-Capps et Mann 2005; Visser 2007; Ribeiro et al. 2007; Pearson 2009; Pearson et al. 2012 ; Díaz López 2012, 2017; Díaz López et al. 2013; Bonizzoni et coll. 2014). D'après une étude, l'aquaculture de poissons a été liée à des changements directs et indirects dans le comportement des grands dauphins (Díaz López, 2006a; Díaz López et al. 2005). Des études antérieures sur les populations sauvages de dauphins ont documenté l'évitement des écosystèmes fortement touchés où les humains sont présents (Dawson et Slooten 1993; Bejder et coll. 2006; Bearzi et coll. 2009, 2008a, 2008b; Rako et al. 2013), bien que d'autres aient signalé l'utilisation continue de zones d'habitat valables malgré des niveaux élevés de perturbation humaine (Ingram et Rogan 2002; Bearzi et al., 2008b; Díaz Lopez 2012). Dans les écosystèmes côtiers fortement touchés et très productifs, comme la Ria de Arousa, où les niveaux d'impact humain sont constamment élevés principalement en raison des activités de pêche et d'aquaculture. On observe la présence de certains dauphins qui se sont habitués à ces niveaux de perturbation prévisibles et ont continué à utiliser ces habitats touchés, mais riches en nutriments. La capture accidentelle de mammifères marins par la pêche commerciale est souvent une question controversée et émotive. Un impact potentiel sur les mammifères marins en raison de l'interaction de l'aquaculture est la mort ou des blessures par enchevêtrement dans les engins (Würsig & Gailey, 2002). Nous pouvons nous appuyés sur deux études supplémentaires effectuée dans cette région. Premièrement l'étude de Methion S, Díaz López (2017) qui fournit de nouvelles informations sur la compréhension de la façon dont l'aquaculture influe sur l'écologie des grands dauphins, et soutient donc la conception de politiques visant à mettre en œuvre les principes de gestion des écosystèmes. De plus nous avons l'étude de Methion S, Díaz López, B (2019) qui fournit une compréhension supplémentaire des facteurs environnementaux et anthropiques qui conduisent le comportement de l'alimentation (nourriture) des dauphins dans une zone fortement touchée par l'homme. Cet effet a été associé à d'autres populations de *T. truncatus* avec une alimentation opportuniste due à une ressource concentrée d'aliments dans un environnement côtier caractérisé par une distribution patchée de ressources alimentaires (Díaz López 2012, 2017).

3. Objectifs :

Dans cette étude je vais approfondir le sujet, à savoir si l'aquaculture influence d'une manière ou d'une autre le comportement des grands dauphins. Les objectifs de cette étude seront d'évaluer l'impact causé par l'aquaculture sur le comportement des grands dauphins dans la Ria de Arousa en Galice.

Matériel et méthodes

4. Zone d'étude :

La Galice est une région située dans le nord-ouest de l'Espagne avec 1 195 km de littoral, sur lequel il y a une série de vieilles vallées tectoniques noyées prises par la mer (également appelées « Rías ») (Evans et Prego 2003) qui supportent une production primaire très élevée (Prego et al. 1999). La Ría d'Arousa (où la présente étude a été réalisée), située dans le sud de la Galice (Espagne), est la plus grande des rías galiciennes (environ 33,1 km de long, 10 km de large à l'embouchure et 239 km²) (Prego et al. 1999), environ 450 km², côtière et offshore, la plus grande et la plus productive des Rías. Le long de cette zone, l'upwelling atteint pratiquement le littoral, pénétrant la Ría d'Arousa (Prego et al. 1999). Les eaux environnantes au large de la côte galicienne (nord-ouest de l'Espagne) correspondent à la zone nord du système d'upwelling¹ des Canaries, l'une des quatre principales régions d'upwelling dans le monde (Santos et al. 2011). L'ensemble du système est soumis à un régime de marée forte, avec une plage de marées de 1,1 et 3,5 m pendant les marées de NEAP et de printemps, respectivement (Alvarez et al. 2005). La Galice est une région de grandes variations météorologiques. La variabilité des vents est particulièrement importante. De mai à octobre, de forts vents venant du nord persistants soufflent du rivage ; par conséquent, la productivité élevée est soutenue par Rias Baixas (surtout en été; Prego, 1990) et est principalement due à une succession d'événements d'upwelling (Alvarez-Salgado et al., 1993), également favorisés en été par les vents dominants du nord. (Blanton et al., 1984) qui apportent une eau froide riche en éléments nutritifs (Fraga, 1981), principalement des eaux de l'est de l'Atlantique Nord de source subtropicale (ENAWt; Alvarez-Salgado et al., 1993). Ces eaux sont sujettes à une utilisation importante par les humains, y compris la pêche professionnelle, l'industrie de la conchyliculture et le trafic maritime important (Vieites et al. 2004; Díaz López et METHION 2019). La profondeur moyenne de la ría est de 19 m avec un maximum de 69m. Les Rías sont des domaines importants pour l'aquaculture, et plus particulièrement pour la production de moules (*Mytilus galloprovincialis*) en raison de la production primaire élevée réhaussée par des événements intenses de remontée dans la région (Perez Camacho et al. 1991; Prego et al. 1999). Le système de production de mollusques utilisés en Galice est le radeau flottant (appelé « Bateas »), qui contraste avec d'autres systèmes traditionnels de production tels que les palangres, la culture de pieu ou l'élevage de moules de plage (Perez Camacho et al. 1991). Les radeaux sont des fermes de plates-formes de moules flottantes configurées dans une forme rectangulaire. Ils sont généralement constitués de fermes d'eucalyptus liées entre elles, à partir desquelles des cordes sont suspendues pour la culture des moules. Les radeaux se maintiennent à flot grâce à un système de dispositifs flottants également liés par des chaînes à un bloc de béton posé au fond de la mer. Ces radeaux ont une surface maximale d'environ 500 m² et un maximum de 500 cordes d'une longueur maximale de 12 m pour la culture des moules (Fuentes et al. 2000). Il existe 3 386 radeaux de culture de moules dans les rías de Galice, dont environ 70% (2 500 radeaux flottants) sont situés dans la Ría d'Arousa (Rodriguez et al. 2011).

¹ Un phénomène océanographique qui se produit lorsque de forts vents marins (généralement des vents saisonniers) poussent l'eau de surface des océans laissant ainsi un vide où peuvent remonter les eaux de fond et avec elles une quantité importante de nutriments.

5. Impact de l'aquaculture en Galice :

Conformément à cette tendance mondiale, l'aquaculture des mollusques et crustacés a rapidement augmenté dans les eaux galiciennes (Espagne) depuis les années 1940 (Miguez et al. 2009). Le volume de production de moules dans les eaux galiciennes (production annuelle de 300 000 tonnes) représente 98% de la production totale espagnole, environ 50% de la production européenne et près de 13% de la production mondiale de moules (FAO 2014). Cette région espagnole est le deuxième producteur mondial de moules au monde derrière la Chine (Fuentes et al. 2000 ; Rodriguez et al. 2011). La présence croissante de l'aquaculture dans les eaux côtières appelle une meilleure compréhension de ses effets sur l'environnement. Cette zone produit non seulement une quantité importante de mollusques de valeur commerciale à la suite de l'industrie aquacole (rodriguez et al. 2011), mais la communauté épifaune associée à la production de mollusques et crustacés soutient également l'importante production de poissons et de mégabenthos par rapport à d'autres zones côtières et estuariennes (Chesney et Iglesias 1979). L'activité humaine la plus importante dans cette région est celle de la culture de moules comestibles qui, à Ria de Arousa, représente plus du tiers de la production mondiale (100 000 Tm en 1989) sur 2 500 radeaux

6. Grand dauphin en Galice :

Les effets sur les espèces de poissons sauvages ont été étudiés dans la Ría de Arousa, ils indiquent une augmentation considérable de l'abondance et de la biomasse des espèces de poissons pélagiques et démersaux à proximité immédiate et à l'intérieur des zones d'aquaculture des moules (Chesney et Iglesias 1979). Beaucoup de ces espèces de poissons (c.-à-d. les familles Gadidae, Mullidae et Carangidae) ont été décrites comme les espèces de proies les plus importantes de *T. truncatus* dans les eaux galiciennes (Santos et al. 2007). Ces espèces de poissons sont une composante résidente de la Ria de Arousa (Farina et al. 1997) , explication possible de l'abondance des grands dauphins et de la taille des grands groupes observés par rapport aux autres populations côtières (Bearzi et al. 1997; Diaz Lopez et coll. 2013; Santostasi et al. 2016). En effet, ils sont présents toute l'année et avec un haut degré d'occurrence à l'intérieur de la zone Ria de Arousa, une zone fortement affectée par les activités humaines, mais aussi un système estuarien très productif. D'après l'étude effectuée par Methion S, Díaz López, B (2018), nous savons que l'estimation de l'abondance des dauphins dans la zone Ria de Arousa est significativement différentes selon les saisons. Les observations réalisées durant l'année 2014 et 2015 recensent des divergences dans les résultats selon les saisons. Les résultats obtenus nous montrent un nombre de 56 individus en automne 2014, 46 individus au printemps 2015, 122 individus en hiver 2015 et 144 individus en hiver 2015. La variation saisonnière a le plus d'influence sur l'abondance des grands dauphins.

Afin d'étudier l'impact de l'aquaculture sur le comportement des grands dauphins, nous allons nous concentrer sur les collectes de données effectuées à bord de deux bateaux sillonnant la zone d'étude. Il existe néanmoins plusieurs études ayant déjà traité ce sujet dans la même zone géographique, ainsi que dans d'autres régions du monde (Methion S, Díaz López (2017), Bruno Diaz Lopez (2009), Methion S, Díaz López, (2019), Watson-Capps JJ, Mann J (2005), Watson-Capps et al 2005, Díaz López B (2012), Díaz López B (2006a), Bruno Díaz López et al (2006),

Würsig B, Gailey GA (2002), DíazLópezB(2006a). Ces études nous permettront de comparer nos résultats afin de voir si les effets de l'aquaculture sur le grand dauphin ont évolué au cours du temps, et savoir si les impacts sont identiques suivant la zone géographique.

7. Collecte des données :

Les données de cette étude ont été recueillies dans le cadre d'une étude sur les grands dauphins vivant sur la côte galicienne. Des observations par bateau ont été effectuées dans la zone de Ría d'Arousa entre mai et juin 2018, (du 6 Mai au 29 juin), à l'aide de deux navires un de 12 m équipé de deux moteurs inboard de 180 cv et un navire de recherche de 5 m équipé d'un moteur hors-bord de 40 hp.

La Ría d'Arousa a été étudiée de jour à une vitesse constante, entre 6 et 8 nœuds, avec au moins trois observateurs expérimentés, postés sur le pont, balayant à 360° la surface de la mer à la recherche de grands dauphins (à l'œil nu et / ou jumelles 10x50). Le nombre minimum d'observateurs et la vitesse des navires sont restés constants au cours de la période de l'étude, ce qui rend les données appropriées pour l'analyse comparative des taux de rencontre. Afin de minimiser l'effet de la présence des observateurs sur l'activité et la survenue des dauphins, les données ont été collectées lorsque le moteur du bateau était arrêté pour le bateau de 5m. Les observations à bord du bateau ont été effectuées lorsque la visibilité n'était pas réduite par la pluie ou le brouillard et que l'état de la mer était < 3 sur l'échelle de la mer de Douglas (environ l'équivalent de l'échelle de la force du vent de Beaufort). La zone d'étude et la route ont été sélectionnées en fonction de l'état de la mer et des contraintes de temps chaque jour. Des études ont été tentées pour couvrir de manière égale toutes les parties de la zone d'étude, bien que la répartition géographique de l'effort puisse varier en fonction des conditions météorologiques. Après avoir aperçu un groupe de grands dauphins, l'effort de recherche s'est arrêté et le navire a lentement manœuvré vers le groupe afin de minimiser les perturbations pendant l'approche. Au cours des séances d'observation, les groupes de grands dauphins ont été surveillés pendant de longues périodes, souvent pendant plusieurs heures. Après la fin d'une rencontre, les recherches se sont généralement poursuivies le long de l'itinéraire préalablement planifié (Methion S, Díaz López, B (2019)).

Sur chaque relevé de bateau, l'heure, la position, la vitesse (nœuds), la présence de dauphins et des données environnementales et anthropiques ont été enregistrées toutes les 20 minutes (d'après Díaz López 2017). Ces séries de 20 minutes ont été utilisées pour résumer les conditions de terrain et la répartition de l'enquête, quelle que soit la présence des dauphins. Les variables environnementales utilisées pour prédire la présence d'un grand dauphin comprennent la date, l'heure, la position, la bathymétrie, niveau de la marée, température de la surface de la mer (SST), salinité de la surface de la mer (SSS), vitesse et direction du vent, et distance à la côte (mètres). Les variables anthropiques comprenaient la présence de bateaux, le nombre de bateaux de plaisance, le nombre de bateaux de pêche et le nombre de bateaux d'aquaculture. La date, l'heure (UTC), la position (coordonnées UTM), la bathymétrie (profondeur en mètres), la vitesse de déplacement (en nœuds) et la SST (en degrés Celsius) ont été calculés à l'aide d'un sondeur GPS (traceur de carte) associé à un écho-sondeur. La vitesse du vent (m / s) et la direction (degrés) ont été mesurées, lorsque le bateau était à l'arrêt, à l'aide d'un anémomètre et d'un compas situé à 4 m au-dessus du niveau de la mer. Le niveau de la marée (mètres) a été

obtenu pour le port de Vilagarcia de Arousa auprès du service météorologique galicien ; <http://www.meteogalicia.gal>.

En ce qui concerne les paramètres définis pour les observations du groupe dauphins ils étaient relevés toutes les 5 minutes dès l'observation d'un groupe de dauphins. Tout d'abord nous devions définir la date, le lieu, le temps, la présence de bateaux ou non, la dynamique du groupe, le nom de l'observateur et le matériel avec lequel l'individu a été aperçu. Lorsqu'un groupe de dauphins a été aperçu, les agrégations et la composition des dauphins ont été estimées sur la base du nombre initial d'individus observés à un moment donné dans la région. Les dauphins individuels ont été classés selon l'âge au sein de chaque groupe au moment de la visée (Scott et al. 1990). Les définitions des classes d'âge suivaient celles de Mann et Smuts (1998), Mann et coll. (2000) et Díaz López (2006a), où les grands dauphins étaient classés comme ceci : (1) les nouveau-nés sont des dauphins dépendants inférieurs à 1,5 m (par rapport à la mère) avec des plis fœtaux ou lignes. Les nouveau-nés ont également été déterminés sur la base d'un comportement de revêtement non coordonné et d'une natation en position infantile (sous la mère touchant légèrement son abdomen). (2) Les immatures sont des dauphins avec peu de traces de râteau et des lésions cutanées et sont de deux tiers ou moins par rapport à la longueur des adultes, souvent observée en étroite association avec un adulte mais jamais observée dans la position de l'enfant. (3) Les adultes sont des animaux marqués ou non marqués d'une coloration cutanée plus foncée (plus de 2,5 mètres) (Methion S, Díaz López (2017)). Ces paramètres ont été définies en dernier afin d'avoir une vision d'ensemble du groupe pendant une période de temps assez conséquente. En effet les dauphins étant des animaux très actifs et se ressemblant nous devons prendre le temps de bien les différencier et d'avoir un nombre de dauphins le plus représentatif. Ces paramètres étaient reportés sur la fiche, afin de faire une bonne estimation nous avons trois paramètres différents pour chaque classe d'âge, avec le maximum, le meilleur et le minimum du nombre de dauphins observés.

Pour finir nous relevions le PAS qui correspond au comportement le plus prédominant soit plus de 50% des individus présentant ce caractère durant plus de 50% du temps, qui correspond aux quatre catégories de comportement du grand dauphins utilisés pour notre étude (annexe : Tableau 10) : TRAVEL, SOCIAL, FEED et REST.

Ces observations étaient finies une fois que nous ne voyions plus le groupe de dauphins pendant une période de quinze minutes où que nous décidions d'arrêter la poursuite du groupe. Si après cette durée, nous avions l'apparition du même groupe de dauphins ou d'un nouveau, nous devions recommencer depuis le début. Qui correspond à recueillir de nouveau tous les paramètres évoqués précédemment. Toutes ces récoltes de données faisaient l'état d'une relecture une fois rentrée, afin d'identifier les erreurs pouvant être commises sur le terrain. Nous les transcrivons ensuite dans un notebook et ces résultats faisaient l'objet d'une deuxième lecture. Enfin toutes ces données étaient reportées dans un dossier Access, appelé Data base qui regroupe toutes les données récoltées sur le terrain. Correspondant aux données terrestres (land base) et aux données en mer (boat base), recueillis sur le terrain.

8. Analyse et modélisation des données : tests utilisés

L'objectif de l'étude était d'évaluer s'il y avait une influence de l'aquaculture dans la Ria de Arousa par le biais de la présence des « bateas » sur le comportement des grands dauphins. Pour effectuer l'analyse de mes résultats j'ai décidé d'utiliser un tableau de contingence incluant les différents comportements des grand dauphins observés sur le terrain, ce qui permettra de comparer l'influence de l'aquaculture sur celui-ci. Les comportements utilisés seront les quatre différents PAS observés (traveling, socialing, feeding and resting). La méthode statistique utilisée est une représentation de données issues d'un comptage permettant d'estimer la dépendance entre deux caractères, dans notre cas présence de bateas ou non. Elle consiste à croiser deux caractères en dénombrant l'effectif correspondant à la conjonction entre le caractère 1 et le caractère 2. Cet outil simple répond à un problème crucial en statistique : la détection d'éventuelles dépendances entre les qualités relevées sur les individus d'une population (cf : cours de licence3).

Comment savoir si cette distribution n'est pas le produit du hasard ? Le test de chi deux va nous permettre de répondre à la question : existe-t-il un lien statistique entre la présence de bateas et le type de comportement adopté par les individus. Autrement dit, le test de chi deux appliqué à ce tableau va nous permettre de savoir si la présence de bateas induit significativement sur le choix du comportement choisi par l'individu à ce moment donné.

Le principe du test de chi-deux de contingence est de calculer un indicateur, l'indicateur de chi-deux, en comparant le tableau original (celui des effectifs observés) à un tableau pour lequel la distribution est équiprobable (le tableau des effectifs théoriques ou tableau d'indépendance). Plus l'indicateur de chi deux est proche de zéro, plus le tableau des effectifs théoriques et celui des effectifs observés se confondent. Le test du chi deux permet d'établir à quel seuil de probabilité on peut rejeter l'hypothèse d'indépendance entre des effectifs observés et des effectifs théoriques. Une distribution constituée par deux variables dans un tableau de contingence est dite indépendante si la répartition des effectifs est équiprobable, c'est-à-dire que la répartition des effectifs est similaire à celle produite par le hasard (cf : cours de licence 3).

a. Conditions d'application des tests :

1) Test de chi deux :

Un test de chi deux s'applique uniquement sur des tableaux de contingence :

- Ayant au moins 2 lignes et 2 colonnes,
- Contenant des valeurs positives entières,
- Ayant au moins 60 observations au total,
- Ayant au minimum 5 observations par cases du tableau et/ou dans le tableau des effectifs théoriques

Tous les résultats obtenus ont été effectué à l'aide du logiciel EXCEL.

Interprétation du χ^2 calculé :

- Si χ^2 calculé > χ^2 référence alors dépendance (donc corrélation significative entre les deux variables)
- Si χ^2 calculé < χ^2 référence alors indépendance (absence de corrélation)

Pour connaître le résultat du test il est nécessaire de consulter la table de loi de χ^2 (<https://jonathanlenoir.files.wordpress.com/2013/12/tables-mann-whitney-wilcoxon-kruskal-wallis.pdf>). Nous devons commencer par calculer le degré de liberté qui nous permet d'obtenir la valeur présente dans la table de loi du test de χ^2 indiquant si notre jeu de données est significatif.

DDL = (nombre de modalité de la variable ligne (sans ligne TOTAL) – 1) x (nombre de modalités de la variable colonne (sans colonne TOTAL) – 1).

Seuil de rejet de H0	Relation ...	Symbole
> 0.10	... non significative	-
0.05 à 0.10	... peu significative	*
0.01 à 0.05	... significative	**
0.001 à 0.01	... très significative	***
0.001 <	... extrêmement significative	****

2) Test U de Mann-Whitney:

Composition du groupe de dauphins en présence et absence de bateaux :

Dans cette étude une analyse de l'impact des bateaux sur la composition des grands dauphins sera développé. Pour la sélection des données, les Sightings² sont récoltés durant une observation d'un groupe en présence ou absence de bateaux. C'est derniers critères seront ensuite comparés. Afin de savoir si mes données sont égales, je vais utiliser un test U de Mann-Whitney. C'est un test non-paramétrique. Il permet de comparer la distribution de 2 échantillons indépendants qui peuvent être différents. Pour cela on remplace les valeurs prises par la variable par les rangs de ces valeurs. C'est-à-dire l'ordre dans lequel apparaissent les observations des deux échantillons lorsqu'ils sont réunis et triés. On passe dès lors à une échelle ordinale qui est celle qui est utilisée dans le test.

Conditions d'application :

- Variables quantitatives continues (ignorez leur distribution normale) et petits échantillons
- Ou variables quantitatives discrètes
- Ou variables qualitatives ordinales

² Données récoltées durant l'observation d'un groupe de dauphins

- La taille minimale de chaque échantillon est de quatre observations.
- Nous devons au début du test formuler deux hypothèses à savoir :
 - H_0 : pas de différence entre les échantillons
 - H_1 : différence entre les échantillons
 - Au seuil de degré $\alpha = 5\%$
 - Si la valeur obtenue est supérieure à α : on accepte H_0
 - Si la valeur obtenue est inférieure à α : on rejette H_0

Pour obtenir les résultats du test, j'ai utilisé le logiciel PAST.

Mois en présence et absence de bateas :

En dernier lieu, une comparaison est effectuée entre les données du mois de mai et mois de juin. La méthode d'application est identique à celle précédemment utilisée (**Test U de Mann-**).

Résultats

La récolte des données s'est effectuée durant les mois de mai et juin 2018 (du 6 Mai au 29 juin), le nombre de jours passés sur le terrain a été de 18 jours correspondant au nombre de course dans le tableau suivant (Tableau 1).

N° Course	N° Sightings	N° Surveys	N° de catégorie de PAS
18	50	46	4

Tableau 1: Données récoltées sur la zone d'étude

Observation effort (h) Course	Obs effort (h) Sightings	Distance parcourue (km) Sightings	Distance parcourue (km) Course
79,35h	35h	28,98	753,52

Tableau 2: Effort d'échantillonnage et distance parcourue pour les Courses et les Sightings

Les tableaux (Tableau 1 et Tableau 2) nous renseigne sur la composition et le nombre des différents paramètres récoltés sur le terrain. Ces données sont en heures pour ce qui est de l'effort d'observation et en kilomètre pour la distance parcourue tout au long de la collecte des données.

BENUR			
N° Course		N° Sightings	
12		28	
Observation effort (min)	Distance parcourue (nm)	Observation effort (min)	Distance parcourue (nm)
2297	156,12	1276	8,33
Observation effort (h)	Distance parcourue (km)	Observation effort (h)	Distance parcourue (km)
38,28	289,13	21,27	15,43

Tableau 3: Effort d'échantillonnage effectué sur Benur

Le tableau (Tableau 3) contient l'ensemble de l'effort d'échantillonnage effectué sur Benur. Les valeurs d'observations en minute et en heures afin de mieux se rendre compte du temps passé sur le terrain.

TYBA			
N° Course		N° Sightings	
6		22	
Observation effort (min)	Distance parcourue (nm)	Observation effort (min)	Distance parcourue (nm)
2464	246,4	825	7,15
Observation effort (h)	Distance parcourue (km)	Observation effort (h)	Distance parcourue (km)
41,07	456,33	13,75	13,24

Tableau 4: Effort d'échantillonnage effectué sur Tyba

Le tableau (Tableau 4) correspond à l'ensemble des données collectées sur le terrain à bord du Tyba.

Si nous comparons ces deux tableaux nous pouvons voir qu'il y a eu un effort d'échantillonnage plus conséquent à l'aide du Benur. Pour la distance parcourue et le nombre d'heures passés à récolter les données cet effort est à peu près identique pour les deux. Nous pouvons nous poser la question sachant que Benur est un navire de 5 mètres et que les données récoltées sont supérieures, la taille du bateau peu influencer sur la présence des grands dauphins. En effet, rappelons que Tyba est un navire de 12 mètres, ce qui signifie une taille de 7 mètres supérieures à Benur. À savoir que les dauphins sont des individus ayant une taille de 4 mètres maximum étant adulte.

PAS	BATEAS NON	BATEAS OUI	Total général
FEED	153	50	203
REST	28	1	29
SOCIAL	33	8	41
TRAVEL	118	29	147
Total général	332	88	420

Tableau 5: Résultats observés comprenant les 4 PAS et la présence ou non de bateas

Le tableau (Tableau 5) représente les résultats observés de l'étude dans un tableau de contingence dans lequel par convention on met la variable indépendante en ligne (PAS) et la variable dépendante en colonne (bateas). Nous observons quand présence de bateas les PAS sont moins présents, nous voyons de même que les PAS : Feed et Travel sont les deux comportements dominants. Si nous formulons l'hypothèse d'indépendance : il y a indépendance entre les lignes et les colonnes de ce tableau. Autrement dit, notre hypothèse est : "Dans cet échantillon, il n'y a pas de lien statistique significatif entre la présence ou non de bateas et le comportement entrepris".

Calculer les effectifs théoriques, pour compléter le tableau d'effectifs réels. Ce tableau détermine les valeurs précises, pour l'exemple donné, dans le cas d'une absence de corrélation.

- $(\text{Total(ligne)} \times \text{Total(colonne)}) / N$ (effectif total)

PAS	BATEAS NON	BATEAS OUI	Total général
FEED	160,47	42,53	203
REST	22,92	6,08	29
SOCIAL	32,41	8,59	41
TRAVEL	116,2	30,8	147
Total général	332	88	420

Tableau 6: Résultats théoriques comprenant les 4 PAS et la présence ou non de bateas

Le tableau (Tableau 6) représente les résultats théoriques des 4 PAS en fonction de la présence ou non de bateas. Le tableau des effectifs théoriques ou d'indépendance représente une

distribution équiprobable c'est à dire la distribution pour laquelle il n'y a aucun lien statistique entre les deux variables. Si nous comparons ce tableau avec le précédent la répartition des effectifs est différente, c'est-à-dire que la répartition des effectifs est non similaire à celle produite par le hasard. Nos deux variables présentes dans le tableau de contingence reflètent une distribution constituée par deux variables dépendantes. À la suite de nos calculs, nous remarquons que nous obtenons une valeur plus importante en ce qui concerne le PAS : Rest dans une zone où les bateas ne sont pas présents. Pour les autres valeurs, nous avons une similarité plus ou moins grande des valeurs théoriques par rapport aux valeurs observées.

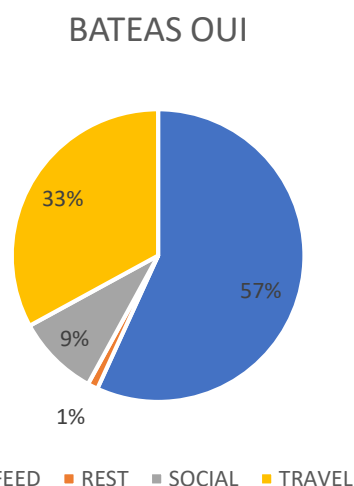


Figure 2: Pourcentage des différents comportements en présence de bateas

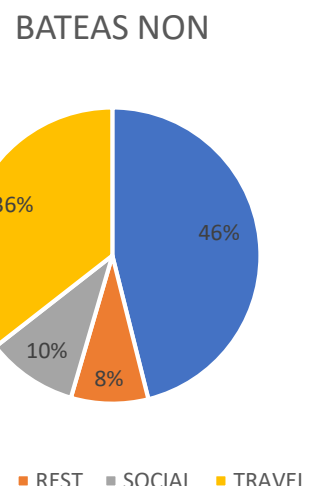


Figure 1: Pourcentage des différents comportements en absence de bateas

Ces figures (Figure 1 et Figure 2) sont des représentations de diagramme en secteur, montrant le pourcentage des différents PAS en présence ou non de bateas. On observe quand présence ou non de bateas les PAS : Travel, Feed et Social sont à peu près équivalents. En effet, lorsqu'il y a la présence de bateas nous avons des pourcentages de 33% pour le voyage, 57% pour l'alimentation et 9% pour la socialisation entre individus. Dans une zone en l'absence de bateas nous avons des pourcentages de 36% pour le voyage, 46% pour l'alimentation et 10% pour la socialisation. Alors que pour le PAS : Rest nous avons une forte différence. En effet, en l'absence de bateas nous avons un pourcentage de 8% de ce comportement alors qu'à l'inverse lorsqu'il y a la présence de bateas nous avons seulement un pourcentage de 1%.

Écart à l'indépendance :

PAS	BATEAS NON	BATEAS OUI	Total général
FEED	7,47	-7,47	0
REST	-5,08	5,08	0
SOCIAL	-0,59	0,59	0
TRAVEL	-1,8	1,8	0
Total général	0	0	0

Tableau 7: écart à l'indépendance entre les résultats théoriques et observés

Ce tableau (Tableau 7) nous indique qu'il existe une sur-représentation du comportement d'alimentation dans les zones d'aquaculture et de même pour le comportement Rest mais

inversement. Tous ces écarts s'entendent par rapport à la distribution de référence qui est celle qui serait obtenu si les groupes avaient été construits de façon aléatoire .

Sachant qu'une distribution empirique ne peut jamais coïncider exactement avec une distribution théorique, la question qui se pose est de savoir si les écarts observés sont l'effet du hasard ou s'ils sont les révélateurs d'une corrélation significative entre les deux variables X et Y.

Résultats : O - T

PAS	BATEAS NON	BATEAS OUI
FEED	-7,47	7,47
REST	5,08	-5,08
SOCIAL	0,59	-0,59
TRAVEL	1,80	-1,80

Tableau 8: Calcul des résultats observés moins les résultats théoriques

Ce tableau (Tableau 8) représente les résultats de la différence entre les valeurs observées et les valeurs théoriques permettant de calculer le test de χ^2 par la suite.

$(O-T)^2 / T$:

PAS	BATEAS NON	BATEAS OUI
FEED	0,35	1,31
REST	1,12	4,24
SOCIAL	0,01	0,04
TRAVEL	0,03	0,11

Tableau 9 : Élevage des résultats au carré obtenues dans le tableau 7 divisé par les valeurs théoriques

Le tableau (Tableau 9) représente les résultats obtenus dans le tableau (Tableau 9) précédent élevé au carré. Nous obtenons comme valeur la plus importante 4,24 qui correspond au PAS : Rest quand il y a la présence de bateas, ce qui indique que les grands dauphins ne se reposent pas dans les bateas.

À l'aide de ce tableau (Tableau 9) nous pouvons effectuer le calcul du test de χ^2 : $\sum[(o-t)^2/t]$ qui correspond à la : Somme des [(effectifs observés moins les effectifs théoriques) le tout élevé au carré, et divisé par les effectifs théoriques].

Conclusion du test :

- Résultat du test du χ^2 : 7,207
- Dans l'exemple : DDL = $(4-1) \times (2-1) = 3$
- Seuil de rejet ou p-value : inférieur à 5,0 %
- Résultat de la table du test de χ^2 : 7,81

Interprétation du χ^2 calculé :

Le résultat obtenu en le comparant avec la valeur de la table de loi du χ^2 nous indique que nos valeurs ne sont pas significatives. On rejette alors l'hypothèse d'indépendance entre les lignes et les colonnes du tableau avec moins de 5,0 % de chances de se tromper. On peut donc affirmer, avec moins de 5,0 % de chances de se tromper, qu'il n'existe pas, dans ce tableau, un lien entre le type de comportements entrepris et la présence de bateas dans la zone. Notons que d'après le tableau (Tableau 9), la valeur obtenue pour le PAS : Rest est la valeur la plus forte, ce qui indique que les grands dauphins ne peuvent se reposer entre les bateas.

Analyse de l'influence de la présence et l'absence des bateas en fonction de la composition du groupe de grands dauphins :

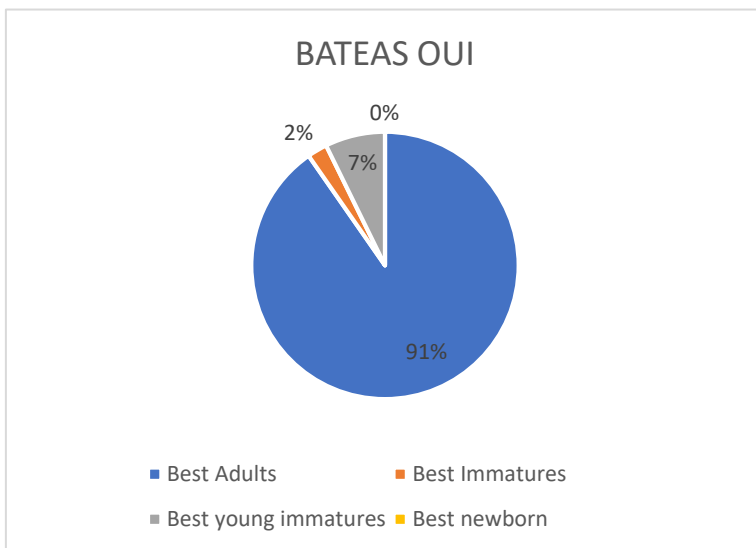


Figure 4: Composition du groupe de grands dauphins en présence de bateas

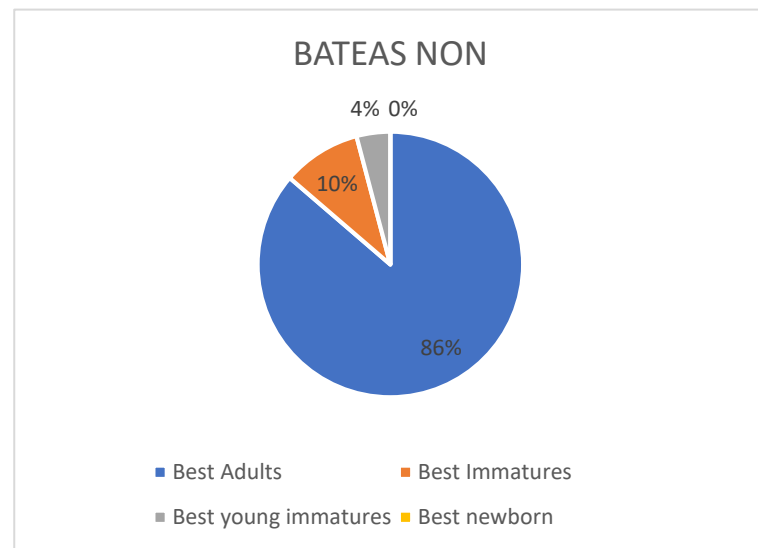


Figure 3: Composition du groupe de grands dauphins en absence de bateas

Les graphiques ci-dessus (Figure 3 et Figure 4), nous informe sur la composition du groupe de dauphins en présence et en absence de bateas. Les résultats obtenus en présence de bateas nous indique que la composition du groupe est constitué essentiellement de dauphins adultes, alors quant absence de bateas la composition du groupe est plus varié. En effet, nous avons des résultats de 10% pour les immatures et 4% pour les jeunes immatures. En présence de bateas, nous obtenons des résultats de 2% pour les immatures et de 7% pour les jeunes immatures. Nous voyons que les pourcentages en terme de présence d'immature et de jeunes immature sont inversés lorsqu'il y a ou non la présence de bateas.

Test de Mann-Whitney :

D'après le test nous obtenons une valeur de $U = 5,5$ et une $p\text{-value} = 0,55$ au seuil de $\alpha = 0,05$. Nous pouvons affirmer qu'au seuil de α égale à 5%, nous observons nul différence entre nos deux échantillons, car $0,55 > 0,05$, donc nous pouvons accepter l'hypothèse H_0 qui indique que les échantillons sont égaux (pas de différence).

Analyse de l'influence de la présence et l'absence des bateas en fonction des mois (mai/juin d'après nos données) :

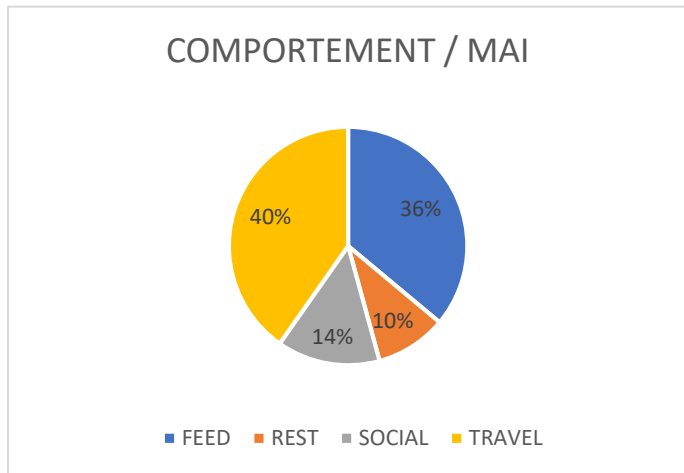


Figure 6: Comportement entrepris en fonction du mois de mai

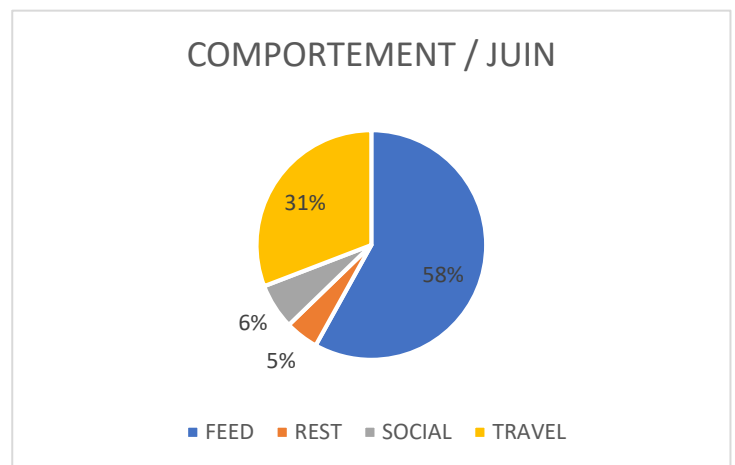


Figure 5: Comportement entrepris en fonction du mois de juin

D'après les graphiques (Figure 5 et Figure 6) nous constatons que, en fonction de la saison étudiée, les comportements utilisés diffèrent. En effet, durant le mois de juin, le comportement prédominant est celui de l'alimentation avec un résultat de 58%. Alors que si nous comparons avec le mois de mai, les deux comportements prédominants sont l'alimentation et le voyage avec un pourcentage équivalent à : 40% pour le voyage et 36% pour l'alimentation.

Test de Mann-Whitney :

D'après le test, nous obtenons une valeur de $U = 5,5$ et une $p\text{-value} = 0,55$ au seuil de $\alpha = 0,05$. Nous pouvons affirmer qu'au seuil de α égale à 5%, nous observons aucune différence entre nos deux échantillons, car $0,88 > 0,05$, donc nous pouvons accepter l'hypothèse H_0 qui indique que les échantillons sont égaux (pas de différence).

Discussion

Les interactions avec les mammifères marins et l'aquaculture, sont inévitables. Cette étude permet de mieux comprendre l'influence des zones d'aquaculture sur le comportement des grands dauphins dans une zone extrêmement touchée par l'homme (Ria de Arousa). Prenons en compte que ces données ont été récoltées durant une période de deux mois (du 6 mai au 29 juin), nous ne pouvons donc pas dire que c'est représentatif de la réalité. Pour ce fait, un plus grand effort d'échantillonnage aurait été nécessaire. En effet, les résultats obtenus nous informent que les zones d'aquaculture (zones d'élevage de mollusques et crustacés) n'ont pas d'influence sur le comportement entrepris par les grands dauphins. L'aquaculture est néanmoins un lieu de recherche de nourriture pour cette espèce ce qui suggère que ces zones fréquemment utilisées par les grands dauphins, auraient une influence sur leurs comportements. Nous pouvons noter que d'après nos résultats obtenus (Tableau 9), pour le comportement Rest la valeur obtenue étant la plus forte indique que les grands dauphins ne peuvent se reposer dans les bateaux.

Afin de comparer mes résultats je me suis intéressé à d'autres études étudiant l'influence de l'aquaculture sur les dauphins dans diverses régions du monde. Notons que mon analyse se concentre sur l'influence de l'aquaculture dans une région essentiellement de conchyliculture. En effet, l'aquaculture est un vaste domaine comprenant notamment la pisciculture. La plupart des études sélectionnées se concentrent sur l'influence de la pisciculture sur les dauphins, néanmoins certaines études sélectionnées se focalisent sur l'influence de la conchyliculture dans la même région donnée. L'aquaculture est un domaine depuis peu étudié, ce qui complique la comparaison de mes résultats avec d'autres études.

Néanmoins, d'après l'étude effectuée par Severine Methion et Bruno Diaz Lopez (2019), les résultats soulignent l'importance des zones d'élevage de mollusques et crustacés en tant que lieux de recherche de nourriture pour cette espèce (*Tursiops truncatus*), ce qui contredit mes résultats obtenus. Cela nous permet de mieux comprendre les facteurs environnementaux et anthropiques à l'origine du comportement d'alimentation des grands dauphins dans une zone extrêmement touchée par l'homme. Le comportement de recherche de nourriture a montré une corrélation à la fois à des variables environnementales (température de la surface de la mer et heure du jour) et anthropiques (zones conchyliques).

D'après l'étude de Bruno Diaz Lopez et Séverine Méthion faite en 2017, la préférence observée chez les grands dauphins pour se nourrir à l'intérieur des zones conchyliques contraste avec d'autres études affirmant que les dauphins évitent les zones conchyliques (par exemple, les dauphins d'Hector en Nouvelle-Zélande (Würsig & Gailey, 2002), les grands dauphins d'Amérique du Nord en Australie (Watson & Mann, 2005), les dauphins du Chili (*Cephalorhynchus eutropia*) au Chili (Ribeiro, Viddi, Cordeiro et Freitas, 2007). La différence entre ces résultats pourrait être due aux différentes méthodes de culture des mollusques et crustacés utilisés (c'est-à-dire les radeaux flottants et les palangres). Le type de technique de cultures bivalves utilisé dans les eaux galiciennes qui coïncide avec mon étude, est caractérisé par des radeaux flottants de moules (Perez Camacho et al. 1991), qui diffère du système composé de palangre décrit dans les études précédentes sur les interactions entre les cétacés et l'aquaculture conchylique. Les relations positives entre les zones de l'occurrence des dauphins et de l'aquaculture des moules sont vraisemblablement le résultat de grandes agrégations d'espèces de poissons autour des radeaux de moules, qui fournissent à leur tour des densités

plus élevées de proies de meilleure qualité pour les dauphins que dans les zones en dehors des zones de ferme conchylicole. La structure physique des radeaux de moules, agissant comme « dispositifs d'agrégation de poissons » (Rountree 1989), ainsi que l'effet de cascade de la présence d'une biomasse d'épifaune élevée associée (McKindsey et al. 2011), améliorent la biomasse des proies des grands dauphins. Les effets sur les espèces de poissons sauvages ont été étudiés dans la Ría de Arousa, ce qui indique une augmentation considérable de l'abondance et de la biomasse des espèces de poissons pélagiques et démersaux à proximité immédiate et à l'intérieur des zones d'aquaculture des moules (Chesney et Iglesias 1979). Beaucoup de ces espèces (c.-à-d. les familles Gadidae, Mullidae et Carangidae) ont été décrites comme les espèces de proies les plus importantes de *T. truncatus* dans les eaux galiciennes (Santos et al. 2007).

D'après une étude précédente (Bruno Diaz Lopez et al, 2006), la présence de grands dauphins, bien qu'elle soit produite tout au long de l'année, montre une nette fluctuation saisonnière. C'est en automne et en hiver que la présence de ces animaux est le plus souvent observée aux alentours de la zone d'aquaculture. La présence des grands dauphins diffère en fonction des saisons : changement de température, conséquence sur l'abondance des proies et sur la présence de bateaux, en été présence de bateaux de plaisance qui influent sur la distribution et la présence des grands dauphins dans la zone. Les résultats obtenus dans cette étude contredisent les résultats que j'ai obtenu, dans mon analyse je n'observe aucune influence du mois sur la fréquentation des grands dauphins pour l'aquaculture. En effet, c'est au cours de la période hivernale (température minimale de l'eau) que la présence de poissons a nettement diminué. Si nous considérons l'absence presque totale de tourisme nautique pendant cette période, les grands dauphins optimiseront leur alimentation opportuniste par la présence constante de poissons à proximité de la zone d'aquaculture pour (cette présence est confirmée par une augmentation du nombre de navires de pêche à proximité de la zone de pêche). En revanche, au printemps et en été (pic maximum de température de l'eau), période caractérisée par une nette augmentation du tourisme nautique et une plus grande disponibilité de barrages et les besoins quotidiens moindres, les grands dauphins seront observés moins fréquemment dans la zone de croissance. Le fait que les activités de pêche en zone d'aquaculture puissent conditionner dans une certaine mesure la présence de grands dauphins pourrait être due à des fuites occasionnelles lors du transfert du poisson des cages de 22 m aux cages auxiliaires de 9 m. Au cours de cette opération, de petites échappées de bars ou de dorades peuvent se produire, qui pourraient attirer et favoriser l'alimentation opportuniste des grands dauphins de la région. Cette situation est caractéristique des pays pratiquant la pisciculture.

Dans les zones de pisciculture, les dauphins étaient généralement observés en petits groupes. La taille moyenne des groupes était la même que celle observée dans la même région en dehors de la pisciculture (Díaz López et al., 2005; Díaz López, 2006). De petits groupes se livrant à des activités d'alimentation en pisciculture pourraient donner à chaque animal une chance accrue de capturer une proie limitée, entraînant ainsi le taux de consommation alimentaire le plus élevé (Würsig, 1986). Les résultats obtenus coïncident avec mes résultats en ce qui concerne que la composition des groupes dauphins est en aucun cas influencée par l'aquaculture. Des groupes de dauphins significativement plus importants n'étaient associés aux cages que lorsque les poissons d'élevage se sont échappés. De grands groupes occasionnels pourraient tirer parti de l'intégration sensorielle et de l'alimentation coopérative afin de tirer parti de cette disponibilité élevée de proies (Norris et Dohl, 1980). Bien que des observations des grands dauphins ensemble aient été rapportées dans de nombreuses régions du monde

(Leatherwood, 1975; Norris et Dohl, 1980; Würsig, 1986; Shane, 1990; Bel'kovich et al., 1991; Rossbach, 1999; Gazda et al., 2004), il existe peu de descriptions détaillées des interactions sous-marines des dauphins avec les activités humaines. L'alimentation dans la zone d'exploitation piscicole offre une alternative de recherche efficace de nourriture, activité comparable aux associations de cétacés avec des chalutiers et des filets maillants (Fertl & Leatherwood, 1997; Díaz López, 2006), qui ont été expliquées comme des stratégies d'alimentation tout en diminuant la dépense énergétique nécessaire à la recherche de nourriture. Des résultats similaires ont été trouvés dans des études sur l'interaction entre les grands dauphins et l'aquaculture de poissons à nageoires (Bonizzoni et al., 2014 ; Díaz López, 2006a, 2012). Dans les eaux méditerranéennes, les grands dauphins se nourrissent plus efficacement dans les zones à forte concentration de proie autour des cages à poissons, ce qui leur permet de raccourcir leur temps de plongée et, par conséquent, leur offrant plus de flexibilité en matière de vitesse et de mode de nage, grâce à une plus grande disponibilité en oxygène (Díaz López, 2009). De cette manière, les grands dauphins réduisent le temps consacré à la recherche de nourriture et augmentent la quantité de nourriture consommée (Díaz López, 2012).

Des études antérieures ont montré que l'interaction entre les dauphins et l'aquaculture marine peut causer des dommages à la fois au secteur de l'aquaculture (dégâts aux engins, déprédation du poisson d'élevage) et aux dauphins (enchevêtrement fatal, perte et dégradation de l'habitat, introduction de maladies) (Díaz López, 2012 ; Würsig & Gailey, 2002). Alors que les dauphins autour des zones d'élevage de poissons à nageoires peuvent se nourrir de poissons sauvages et d'élevage, endommageant souvent l'équipement et le stock (Díaz López, 2006a), les dauphins des zones conchylicoles ne se nourrissent que de proies sauvages, n'affectant donc pas le produit de l'aquaculture. Par conséquent, les tentatives visant à dissuader les grands dauphins, au moyen de filets prédateurs ou de dispositifs de harcèlement acoustique, ne sont pas nécessaires en aquaculture de mollusques et de crustacés. L'attaque de grands dauphins sur des poissons d'élevage pourrait représenter un problème pour l'industrie en matière de pertes financières, de dommages aux filets flottants et de réduction de la quantité ou de la valeur des poissons d'élevage. Il n'existe aucune preuve, mais les grands dauphins pourraient causer des dommages indirects aux élevages de poissons à nageoires marins sous la forme de stress induit par les poissons, ce qui pourrait entraîner une réduction potentielle de la taille ou de la qualité des poissons d'élevage, en raison de la présence et des attaques de dauphins. En outre, les dauphins peuvent être directement responsables de la fuite des poissons d'élevage par les trous percés dans les filets.

Néanmoins, d'après l'étude effectuée par Severine Methion et Bruno Diaz Lopez (2019), l'aquaculture de mollusques et de crustacés peut constituer une menace pour les grands dauphins de différentes manières: de par une mortalité accrue à la suite de collisions mortelles avec des navires opérant dans la région (Ribeiro, Viddi, Cordeiro et Freitas, 2007) ou d'enchevêtrement avec des cordes, de perte d'habitat (Watson-Capps & Mann, 2004), avec une augmentation des niveaux de pollution sonore en raison du nombre élevé de navires dans la région, et par une pollution de l'eau due à l'utilisation de biocides de peinture antisalissure contenant des substances toxiques composés (plomb, arsenic, mercure, cuivre, oxyde cuivreux, composés organostanniques ou tributylène) associés à la maintenance des radeaux flottants et des navires en activité (Terlizzi, Frascchetti, Gianguzza, Faimali et Boero, 2001). Ces biocides diffusent à l'interface peinture-eau et disparaissent avec le temps. Certains auteurs ont affirmé que l'accumulation de biocides pouvait entraîner la mortalité des grands dauphins en supprimant

leur système immunitaire (Kannan, Corsolini, Focardi, Tanabe et Tatsukawa, 1996).

D'un point de vue de la conservation, la gestion de l'aquaculture devrait tenir compte de la présence de grand dauphins présents dans les zones d'aquaculture de crustacés et de minimiser les risques associés que cette industrie peut causer à ces cétacés côtiers. L'action de gestion pour les menaces de l'industrie conchylicole énumérées dans cette étude doit être mise en œuvre à la suite des obligations légales de l'Union européenne en vertu de la directive « habitats » pour la protection des grands dauphins, une espèce inscrite aux annexes II et IV (espèces en nécessité d'une protection stricte et qui exigent la désignation de zones spéciales de conservation). La régulation de vitesse pour les navires opérant à l'intérieur des zones de conchyliculture et le contrôle des peintures antisalissures contenant des biocides utilisés pour les radeaux flottants pourraient minimiser les impacts potentiels de cette industrie sur les dauphins à goulots. En outre, la mise en œuvre de fermes conchylicoles dans des zones d'importance écologiques particulière pour les grands dauphins devrait être réglementée.

Références

- Alvarez-Salgado, X. A., Pérez, F. F., Rosón, G. & Pazos, Y. 1993 Short time changes of hydrographic properties in the water column off the Rias Baixas (NW Spain) during the upwelling season. *Journal of Geophysical Research* 98, 14 447–14 455.
- Bearzi G, Fortuna CM, Reeves RR (2008) Ecology and conservation of common bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* in the Mediterranean Sea. *Mamm Rev* 39(2):92–123.
- Bearzi G, Reeves RR, Notarbartolo-Di-Sciara G, Politi E, Canadas ANA, Frantzis A, Mussi B (2003) Ecology, status and conservation of short-beaked common dolphins *Delphinus delphis* in the Mediterranean Sea. *Mamm Rev* 33(3–4):224–252
- Bearzi, G., Agazzi, S., Bonizzoni, S., Costa, M., and Azzellino, A. (2008a). Dolphins in a bottle: abundance, residency patterns and conservation of bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* in the semi-closed eutrophic Amvrakikos Gulf, Greece. *Aquatic Conservation* 18(2), 130–146. doi:10.1002/AQC.843
- Bearzi, G., Agazzi, S., Gonzalvo, J., Costa, M., Bonizzoni, S., Politi, E., Piroddi, C., and Reeves, R. R. (2008b). Overfishing and the disappearance of short-beaked common dolphins from western Greece. *Endangered Species Research* 5(1), 1–12. doi:10.3354/ESR00103
- Bearzi, G., Fortuna, C. M., and Reeves, R. R. (2009). Ecology and conservation of common bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* in the Mediterranean Sea. *Mammal Review* 39(2), 92–123. doi:10.1111/J. 1365-2907.2008.00133.X
- Bearzi, Maddalena (2004) Aspects of the ecology and behaviour of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Santa Monica Bay, California
- Beddington JR, Beverton RJ, Lavigne DM (1985) *Marine Mammals and Fisheries*. George Allen and Unwin, London
- Bejder, L., Samuels, A., Whitehead, H., Gales, N., Mann, J., Connor, R., Heithaus, M., Watson-Capps, J., Flaherty, C., and Krutzen, M. (2006). Decline in relative abundance of bottlenose dolphins exposed to longterm disturbance. *Conservation Biology* 20(6), 1791–1798. doi:10.1111/J.1523-1739.2006.00540.X
- Blanton, J. O., Atkinson, L. P., de Castillejo, F. F. & Lavín, A. 1984 Coastal upwelling off the Rías Bajas, Galicia, NW Spain. I: Hydrographic studies. *Rapports et Proces-Verbeaux des Reunions Conseil International pour l’Exploration de la Mer* 1983, 79–90.
- Bonizzoni S, Furey NB, Pirotta E, Valavanis VD, Würsig B, Bearzi G (2014) Fish farming and its appeal to common bottlenose dolphins: modelling habitat use in a Mediterranean embayment. *Aquat Conserv Marine Freshw Ecosystem* 24(5):696–711
- Bostock J, McAndrew B, Richards R, Jauncey K, Telfer T, Lorenzen K, Little D, Ross L, Handisyde N, Gatward I, Corner R (2010) Aquaculture: global status and trends. *Philos Trans R Soc B: Biol Sci* 365(1554):2897–2912
- Bruno Diaz Lopez (2009) The bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* foraging around a fish farm: Effects of prey abundance on dolphins’ behavior
- Bruno Díaz López and Julia Andrea Bernal Shirai (2007) Bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) presence and incidental capture in a marine fish farm on the north-eastern coast of Sardinia (Italy)

Carl Folke, Nils Kautsky (1992) Aquaculture with its Environment: Prospects for Sustainability

Chesney EJ, Iglesias J (1979) Seasonal distribution, abundance and diversity of demersal fishes in the inner Ria de Arosa, northwest Spain. *Estuar Coast Mar Sci* 8(3):227–239

Connor, R.C., Wells, R.S., Mann, J.&Read, A.J.2000a The bottlenose dolphin: social relationships in a fission-fusion society. In *Cetacean societies: field studies of dolphins and whales* (ed.J. Mann, R.C. Connor, P.L. Tyack&H. Whitehead), pp.91 126.London: University of Chicago Press.

Dawson, S. M., and Slooten, E. (1993). Conservation of Hector's dolphins: the case and process which led to establishment of the Banks Peninsula Marine Mammal Sanctuary. *Aquatic Conservation* 3(3), 207–221. doi:10.1002/AQC.3270030305

Díaz López B (2006a) Interactions between Mediterranean bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) and gillnets off Sardinia, Italy. *ICES J Marine Sci* 63:946–951.

Díaz López B (2006b) Interactions between Mediterranean bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) and gillnets off Sardinia, Italy.

Díaz López B (2012) Bottlenose dolphins and aquaculture: interaction and site fidelity on the north-eastern coast of Sardinia (Italy). *Marine Biol* 159:2161–2172

Díaz López B (2017) Temporal variability in predator presence around a fin fish farm in the Northwestern Mediterranean Sea. *Marine Ecol* 38(1): e12378

DíazLópezB(2006a) Bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) predation on a marine fin fish farm: some underwater observations. *Aquatic Mammals* 32:305–310 DOI 10.1578/AM.32.3.2006.305

Estudio multiescalar de la influencia de la acuicultura en la presencia de Delfines Mulares *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821) Bruno Díaz López, Julia Andrea Bernal Shiray (2006)

Evans G, Prego R (2003) Rias, estuaries and incised valleys: is a ria an estuary? *Marine Geol* 196(3):171–175

F.A.O. (2014) The state of world fisheries and aquaculture: opportunities and challenges. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome

FAO. 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all. Rome. 200 pp.

Fertl D, Leatherwood S (1997) Cetacean interactions with trawls: a preliminary review. *J Northw Atl Fish Sci* 22:219–248

Freire,J.,and Garcia-Allut,A.(2000).Socio economic and biological causes of management failures in European artisanal fisheries: the case Galicia (a(NWSpain)).*MarinePolicy*24(5),375–384.doi:10.1016/S0308597X(00)00013-0

Fuentes J, Gregorio V, Giráldez R, Molares J (2000) Within-raft variability of the growth rate of mussels, *Mytilus galloprovincialis*, cultivated in the Ría de Arousa (NW Spain). *Aquaculture* 189(1):39–52

<http://www.fao.org/aquaculture/en/>

http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_italy/en

<https://jonathanlenoir.files.wordpress.com/2013/12/tables-mann-whitney-wilcoxon-kruskal-wallis.pdf>

Ingram, S. N., and Rogan, E. (2002). Identifying critical areas and habitat preferences of bottlenose dolphins *Tursiops truncatus*. Marine Ecology Progress Series 244, 247–255. doi:10.3354/MEPS244247

Iwama GK (1991) Interactions between aquaculture and the environment. Crit Rev Environ Control 21(2):177–216

Jefferson TA, Hung SK (2004) A review of the status of the IndoPacific humpback dolphin (*Sousa chinensis*) in Chinese waters. Aquat Mamm 30(1):149–158.

LEATHERWOOD, S. A., AND R. R. REEVES. 1983. The Sierra Club handbook of whales and dolphins. Sierra Club Books, San Francisco, California.

Markowitz TM, Harlin AD, Würsig B, McFadden CJ (2004) Dusky dolphin foraging habitat: overlap with aquaculture in New Zealand. Aquat Conserve Marine Freshw Ecosystem 14(2):133–149.

Max Troell, Alyssa Joyce, Thierry Chopin, Amir Neori, Alejandro H. Buschmann, Jian-Guang Fang 2009 Ecological engineering in aquaculture — Potential for integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine offshore systems

McKindsey CW, Archambault P, Callier MD, Olivier F (2011) Influence of suspended and off-bottom mussel culture on the sea bottom and benthic habitats: a review. Can J Zool 89(7):622–646

Methion S, Díaz López (2017) The impact of shellfish farming on common bottlenose dolphins' use of habitat

Methion S, Díaz López, B (2018) Abundance and demographic parameters of bottlenose dolphins in a highly affected coastal ecosystem. Doi:10.1071/MF17346

Methion S, Díaz López, B (2019) Natural and anthropogenic drivers of foraging behaviour in bottlenose dolphins: influence of shellfish aquaculture. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems. DOI:10.1002/aqc.3116

Miguez GC, Gil MDG, Lafuente MMV (2009) The institutional foundations of economic performance of mussel production: The Spanish case of the Galician floating raft culture. Marine Policy 33(2):288–296

Newton, G., 2000. Aquaculture update. Australian Marine Science Association 152, 18-20.

NORRIS, K. S. 1974. The porpoise watcher. Norton, New York, NY. 250 pp.

NORRIS, K. S., AND T. P. DOHL. 19806. The behavior of the Hawaiian spinner porpoise, *Stenella longirostris*. Fishery Bulletin (U.S.) 77:821-849.

NORRIS, K. S., B. G. WÜRSIG, R. S. WELLS, M. WÜRSIG, S. BROWNLEE, C. JOHNSON AND J. SOLOW. 1982. Behavior of the Hawaiian spinner dolphin, *Stenella longirostris*. Draft Contract Report to National Marine Fisheries Service, Contract No. 79-ABC-00090. 203 pp. Center for Marine Studies, University of California, Santa Cruz, CA 95064.

Pearson HC (2009) Influences on dusky dolphin (*Lagenorhynchus obscurus*) fission-fusion dynamics in Admiralty Bay, New Zealand. Behave Ecol Sociobiology 63(10):1437–1446

Pearson HC, Vaughn-Hirshorn RL, Srinivasan M, Würsig B (2012) Avoidance of mussel farms by dusky dolphins (*Lagenorhynchus obscurus*) in New Zealand. *NZ J Mar Freshwater Res* 46(4):567–574

Perez Camacho A, Gonzalez G, Fuentes J (1991) Mussel culture in Galicia (N.W. Spain). *Aquaculture* 94:263–278

Pillay TVR (2008) *Aquaculture and the environment*. Wiley, New York

Prego R, del Carmen Barciela M, Varela M (1999) Nutrient dynamics in the Galician coastal area (Northwestern Iberian Peninsula): do the Rias Bajas receive more nutrient salts than the Rias Altas? *Cont Shelf Res* 19(3):317–334

Prego, R. 1990 Las sales nutrientes en las rías gallegas. *Informes tecnicos de Scientia Marina* 157, 1–31.

Price IM, Nickum JG (1995) Aquaculture and birds: the context for controversy. *Colonial Waterbirds* 18:33–45.

Rako, N., Fortuna, C. M., Holcer, D., Mackelworth, P., Nimak-Wood, M., Pleslic', G., Sebastianutto, L., Vilibic', I., Wiemann, A., and Picciulin, M. (2013). Leisure boating noise as a trigger for the displacement of the bottlenose dolphins of the Cres–Losinj Archipelago (northern Adriatic Sea, Croatia). *Marine Pollution Bulletin* 68(1–2), 77–84. doi:10.1016/J.MARPOLBUL.2012.12.019

Rountree RA (1989) Association of fishes with fish aggregation devices: effects of structure size on fish abundance. *Bull Mar Sci* 44(2):960–972

Santos MB, Fernández R, López A, Martínez JA, Pierce GJ (2007) Variability in the diet of bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, in Galician waters, north-western Spain, 1990–2005. *J Mar Biol Assoc UK* 87(01):231–241

Sena S. De Silva (2012) *Aquaculture: a newly emergent food production sector—and perspectives of its impacts on biodiversity and conservation*

TAYLER, C. K., AND G. S. SAAYMAN. 1973. Techniques for the capture and maintenance of dolphins in South Africa. *Journal of South African Wildlife Management Association* 3(2):89-94.

United Nations Environment Programme/Mediterranean Action Plan (UNEP/MAP). (2004). *Mariculture in the Mediterranean (Mediterranean Action Plan Technical Reports Series, 140)*.

Visser IN (2007) Killer whales in New Zealand waters: status and distribution with comments on foraging. Unpublished report (SC/59/SM19) to the Scientific Committee, International Whaling Commission

Watson-Capps JJ, Mann J (2005) The effects of aquaculture on bottlenose dolphin (*Tursiops* sp.) ranging in Shark Bay, Western Australia. *Biol Conserv* 124(4):519–526

Watson-Capps, J.J., Mann, J., 2005. The effects of aquaculture on bottlenose dolphin (*Tursiops* sp.) ranging in Shark Bay, Western Australia. *Biological conservation* 124 (4) :519-526.

WELLS, R. S. 1984. Reproductive behavior and hormonal correlates in Hawaiian spinner dolphins, *Stenella longirostris*. Pages 465-472 in W. F. Perrin, R. L. Brownell and D. P. DeMaster, eds. *Reproduction in whales, dolphins and porpoises*. Reports of the International Whaling Commission, Special Issue 6, Cambridge, England.

Würsig B, Gailey GA (2002) Marine mammals and aquaculture: conflicts and potential resolutions. In: Stickney RR, McVay JP (eds) Responsible marine aquaculture. CAP International Press, New York, pp 45–59

Würsig B, Gailey GA (2002) Marine mammals and aquaculture: conflicts and potential resolutions. In: Stickney RR, McVay JP (eds) Responsible marine aquaculture. CAP International Press, New York, pp 45–59

Annexe

Tableau 10 : description des différents PAS, des états comportementaux observés chez les grands dauphins dans la Ría de Arousa (nord-ouest de l'Espagne).

PAS (Predominant Activity Sampling) Comportement présenté par > 50% des individus pour > 50% des samples de 5 minutes estimés à la fin de chaque sample de 5 minutes (le PAS peut prendre plus de 5 minutes à être déterminé)	
FEEDING	Solitaire ou regroupement de grands dauphins nageant dans différentes directions dans la même zone. Les dauphins restent généralement dans la même zone, impliquent un carrousel et une baignade en travers. Si le groupe est grand, le groupe peut être divisé en deux sous-groupes ou plus répartis sur une grande surface (100 m); ou les individus peuvent être complètement répartis entre eux. Alimentation en surface: comprend la surface rapide (chasse de proie près de la surface), l'alimentation se précipitant vers la surface ou vers des obstacles (rochers, plates-formes de coquillages, etc.), la capture de proies, le renversement ou le lancer de poissons, la nage ventrale. Plongée profonde: séquence de plongées régulières suivies de plongées abruptes (plongées dans la queue ou en plongée) puis de longues plongées (> 60 secondes) (Díaz López, Shirai, Bilbao Prieto et Méndez Fernández, 2008).
RESTING	Solitaire ou agrégation de grands dauphins faisant surface à une vitesse lente et constante (<2kt). Le groupe est serré (<1 longueur de corps, 3 mètres). Le comportement en surface implique généralement un comportement de plongée synchrone entre deux personnes ou plus et flottant à la surface. La plupart des ventilations sont régulières et les plongées sont courtes (<60 secondes), sans plongées abruptes. Lorsque cet état comportemental se termine, il se produit un changement radical de comportement (changements importants de vitesse, de direction, d'intervalle de plongée et d'événements comportementaux).
SOCIALIZING	Agrégation de grands dauphins interagissant à la surface et sous l'eau avec un ou plusieurs autres dauphins. Cela peut inclure des plongées synchrones, le contact corporel, les morsures, le roulement, le chargement, la poursuite, plusieurs sauts, l'accouplement, les inspections génitales, les claques de la queue, les sauts, les arcs et les brèches. Les individus changent de position dans le groupe et la direction de la natation varie. Le groupe peut être divisé en petits sous-groupes répartis sur une grande surface. L'intervalle de plongée est court (<60 secondes).
TRAVELING	Solitaire ou regroupement de grands dauphins faisant régulièrement surface (intervalles de plongée constants) (<60 secondes) à une vitesse constante (> 2 nœuds) et dans une direction donnée. S'il y a plusieurs individus dans le groupe, le groupe est généralement coopératif et la distance entre individus est généralement inférieure à 3 corps (environ 9 mètres).

Methion S, Díaz López, B (2019)

Résumé

L'aquaculture est un secteur en pleine expansion depuis les 50 dernières années. Sa récente expansion intensive dans le monde a causé de graves dommages environnementaux aux écosystèmes côtiers. L'augmentation de la matière organique résultant des activités aquacoles attire les espèces de poissons et par conséquent leurs prédateurs. Les préoccupations liées à la conchyliculture (aquaculture) se concentrent sur l'introduction d'espèces non indigènes, l'altération de l'habitat, la modification de la structure ou de la fonction communautaire et les effets sur les populations d'oiseaux et de mammifères marins, comme les Grands Dauphins. Les interactions avec les mammifères marins et l'aquaculture, sont inévitables. Cette étude permet de mieux comprendre l'influence des zones d'aquaculture sur le comportement des grands dauphins dans une zone extrêmement touchée par l'homme (Ria de Arousa) par le biais de collecte données effectuée depuis un bateau. Les grands dauphins étant des animaux inscrits à l'Annexe II et ayant une forte abondance dans cette région, d'un point de vue de la conservation, il serait légitime de se consacrer à l'impact que peut occasionner les activités humaines sur cette espèce.

Mot clés : aquaculture, grands dauphins, influence, comportements, conservation

PROGRAMME ENTREPRIS POUR LA REDACTION DE MON RAPPORT :

Durée	11/03/19	18/03/19	25/03/19	1/04/19	8/04/19	15/04/19	22/04/19	29/03/19	6/05/19
Introduction								X	X
Matériel et méthodes			X						
Résultats				X	X				
Discussion					X	X	X		
Références / Bibliographie	X	X							
Relecture									
Mise en page									

Durée	13/05/19	20/05/19
Relecture	X	X
Mise en page	X	X

Intervenant	Idée originale	Bibliographie	Mise en place du protocole	Collecte de données	Analyse statistique	Rédaction
Principal	MS	AC	MS	Stagiaires + Coordinateurs	AC	AC
Secondaires		MS	AC	AC		

AC : Arque Coline, stagiaire

MS : Methion Séverine, maître de stage