

Année universitaire : 2020 – 2021

Diplôme :

Ingénieur agronome

Spécialisation :

Sciences halieutiques et aquacoles

préparée à Agrocampus Ouest

Option :

Ressources et écosystèmes aquatiques

Mémoire de fin d'études

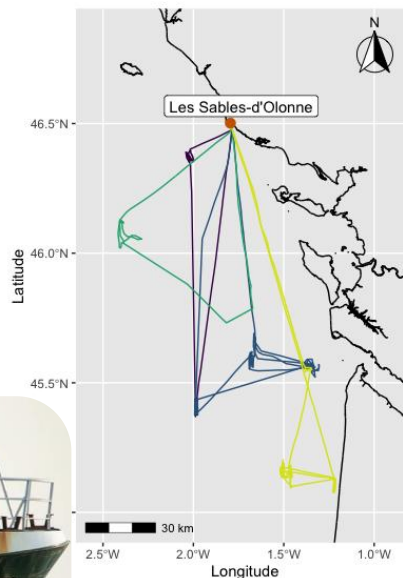
d'ingénieur d'Agrocampus Ouest (École nationale supérieure des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage), école interne de L'institut Agro (Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement)

de master d'Agrocampus Ouest (École nationale supérieure des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage), école interne de L'institut Agro (Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement)

d'ingénieur d'AgroSup Dijon (Institut national supérieur des sciences agronomiques, de l'alimentation et de l'environnement)

LES DONNEES AIS POUR COMPRENDRE LES CAPTURES ACCIDENTELLES DE DAUPHINS : IDENTIFICATION ET CARACTERISATION DES STRATEGIES DE PECHE CHEZ LES FILEYEURS DU GOLFE DE GASCOGNE

Par : Corentin VIGNARD



Soutenu à Rennes, le 14/09/2021

Devant le jury composé de :

Président et enseignant référent : Olivier Le Pape

Maître de stage : Hélène Peltier




Autres membres du jury :

Louise Day – Enseignante à Agrocampus Ouest

Youen Vermard – Chercheur à Ifremer Nantes

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur. Le présent rapport constitue un exercice pédagogique qui n'engage en rien la responsabilité du laboratoire d'accueil ni celle d'Agrocampus Ouest.

Annexe III : Fiche de confidentialité et de diffusion du mémoire

<p>Confidentialité</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui si oui : <input type="checkbox"/> 1 an <input type="checkbox"/> 5 ans <input type="checkbox"/> 10 ans</p> <p>Pendant toute la durée de confidentialité, aucune diffusion du mémoire n'est possible ⁽¹⁾.</p> <p>Date et signature du <u>maître de stage</u> ⁽²⁾ : 24/09/2021 </p> <p><u>A la fin de la période de confidentialité</u>, sa diffusion est soumise aux règles ci-dessous (droits d'auteur et autorisation de diffusion par l'enseignant à renseigner).</p>
<p>Droits d'auteur</p> <p>L'auteur ⁽³⁾ Nom Prénom <u>VIGNARD Corentin</u></p> <p>autorise la diffusion de son travail (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p><u>Si oui</u>, il autorise</p> <p><input type="checkbox"/> la diffusion papier du mémoire uniquement⁽⁴⁾</p> <p><input type="checkbox"/> la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> la diffusion papier et électronique du mémoire (Joindre dans ce cas la fiche de conformité du mémoire numérique et le contrat de diffusion)</p> <p>(Facultatif) <input checked="" type="checkbox"/> accepte de placer son mémoire sous licence Creative commons CC-By-Nc-Nd (voir Guide du mémoire Chap 1.4 page 6)</p> <p>Date et signature de l'<u>auteur</u> :  20/09/2021</p>
<p>Autorisation de diffusion par le responsable de spécialisation ou son représentant</p> <p>L'enseignant juge le mémoire de qualité suffisante pour être diffusé (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Si non, seul le titre du mémoire apparaîtra dans les bases de données.</p> <p><u>Si oui</u>, il autorise</p> <p><input type="checkbox"/> la diffusion papier du mémoire uniquement⁽⁴⁾</p> <p><input type="checkbox"/> la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> la diffusion papier et électronique du mémoire</p> <p>Date et signature de l'<u>enseignant</u> : 4/10/21 </p>

(1) L'administration, les enseignants et les différents services de documentation d'AGROCAMPUS OUEST s'engagent à respecter cette confidentialité.

(2) Signature et cachet de l'organisme

(3) Auteur = étudiant qui réalise son mémoire de fin d'études

(4) La référence bibliographique (= Nom de l'auteur, titre du mémoire, année de soutenance, diplôme, spécialité et spécialisation/Option) sera signalée dans les bases de données documentaires sans le résumé

REMERCIEMENTS

Avant tout développement, je tiens à adresser mes remerciements à l'ensemble des personnes qui m'ont accompagné, de loin ou de près, durant ces mois de stage.

Je remercie tout particulièrement mes encadrants, Hélène, Camille et Matthieu pour m'avoir fait confiance et permis de réaliser ce stage, pour votre soutien, votre encadrement et votre aide complémentaire. Merci également pour votre bonne humeur et votre aide dans la rédaction de ce rapport. Ce fut un plaisir de réaliser mon stage avec vous trois.

Aussi, je souhaite remercier toute l'équipe de l'Observatoire Pelagis pour l'effort et l'accueil en présentiel (malgré le contexte) ainsi que pour les partages d'expérience variés et passionnés.

Je tiens également à remercier Olivier Le Pape, mon enseignant-référent pour avoir répondu à mes questions et pour sa disponibilité, ainsi que Marie-Pierre Etienne, enseignante à Agrocampus Ouest, pour son appui technique et ses conseils qui ont contribué à ce présent rapport.

Enfin, un merci particulier à la Crout'loc et à toutes les nouvelles personnes que j'ai pu rencontrer à La Rochelle. Le temps et ces moments partagés ont permis d'égayer ces mois de stage et ces longues journées de télétravail lors du confinement.

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION.....	1
1.1. Contexte du stage.....	2
1.1.1. Le dauphin commun, espèce protégée exposée aux pressions anthropiques	2
1.1.2. Le phénomène des captures accidentelles et les échouages de dauphins	3
1.1.3. Groupe de travail national et projet LICADO	4
1.1.4. Amélioration des connaissances sur le phénomène des captures accidentelles	5
1.1.5. Données collectées à bord des navires : le système VMS et le système AIS.....	6
1.2. Cadre de l'étude et problématique.....	7
2. MATERIEL ET METHODE	8
2.1. Matériel	8
2.2. Méthode	10
2.2.1. Prétraitement des données	10
2.2.2. Identification des fileyeurs sur le jeu de données AIS	11
2.2.3. Identification des opérations de pêche des fileyeurs	14
2.2.4. Typologie des stratégies de pêche des fileyeurs.....	16
2.2.5. Pertinence de la classification et validité de la méthode	19
3. RESULTATS.....	20
3.1. Analyse en Composantes Principales (ACP).....	20
3.2. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)	22
3.3. Caractérisation de la typologie.....	23
3.4. Pertinence de la classification et validité de la méthode	27
4. DISCUSSION	28
4.1. Aspects limitants de l'étude	29
4.2. Perspectives de l'étude	31
5. CONCLUSION.....	33
6. BIBLIOGRAPHIE	34
7. SITOGRAPHIE	37
8. ANNEXES.....	38

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : CONTROLE « TOP-DOWN » DANS UN ECOSYSTEME MARIN SIMPLIFIE EN QUATRE NIVEAUX TROPHIQUES.....	2
FIGURE 2 : ESTIMATION DE LA MORTALITE DUE AUX CAPTURES ACCIDENTELLES DE DAUPHINS COMMUNS ENTRE 1990 ET 2019	4
FIGURE 3 : SCHEMA DU MATERIEL ET DE LA METHODE UTILISEE POUR CETTE ETUDE	8
FIGURE 4 : ZONE D'ETUDE, LE GOLFE DE GASCOGNE	10
FIGURE 5 : TRAJECTOIRES (A) ET POLYGONES MAREES (B) DE QUATRE MAREES DIFFERENTES D'UN MEME NAVIRE AIS.....	12
FIGURE 6 : REPARTITION SPATIALE DES PINGS AIS D'UN NAVIRE DE PECHE ET DES PINGS VMS DE SON CANDIDAT POTENTIEL	13
FIGURE 7 : EXEMPLE DE PLUSIEURS OPERATIONS DE PECHE IDENTIFIEES CHEZ UN FILEYEUR.....	15
FIGURE 8 : ILLUSTRATION DES DEUX FORMES GEOMETRIQUES D'UNE OPERATION DE PECHE.....	17
FIGURE 9 : DECOMPOSITION DE L'INERTIE TOTALE.....	20
FIGURE 10 : GRAPHIQUE DES VARIABLES COLORIEES SELON LEUR CONTRIBUTION	21
FIGURE 11 : DENDROGRAMME OBTENU A LA SUITE DE LA CLASSIFICATION	22
FIGURE 12 : SAUTS D'INERTIE DU DENDROGRAMME	22
FIGURE 13 : DENDROGRAMME (A) ET GRAPHIQUE DES INDIVIDUS COLORIES SELON LEURS CLASSES D'APPARTENANCE (B).....	23
FIGURE 14 : DEUX EXEMPLES DE REPARTITION SPATIALE DES PINGS AIS ET VMS D'UN (SUPPOSE) MEME FILEYEUR.....	30

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : DIFFERENCES ENTRE LES SYSTEMES VMS ET AIS.....	6
TABLEAU 2 : STRUCTURE GENERALE DES JEUX DE DONNEES AIS ET VMS 2017	9
TABLEAU 3 : EXEMPLE DE LA LISTE DE CANDIDATS POTENTIELS OBTENUE	13
TABLEAU 4 : STRUCTURE DU NOUVEAU JEU DE DONNEES AIS POUR LES MOIS DE JANVIER, FEVRIER ET MARS 2017	14
TABLEAU 5 : LISTE EXHAUSTIVE DES DESCRIPTEURS QUANTITATIFS DES OPERATIONS DE PECHE	16
TABLEAU 6 : LISTE EXHAUSTIVE DES DESCRIPTEURS QUALITATIFS DES OPERATIONS DE PECHE	18
TABLEAU 7 : PRINCIPALES CORRELATIONS ENTRE LES DESCRIPTEURS ET LES TROIS PREMIERS AXES.....	21
TABLEAU 8 : TABLEAU SYNTHETIQUE DES RESULTATS DE LA CLASSIFICATION	24
TABLEAU 9 : MODALITES DES DESCRIPTEURS 'ESPECE' ET 'SOUS-FLOTTILLE' CARACTERISTIQUES DES CLASSES.....	27

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : DISTRIBUTION MENSUELLE DES ECHOUAGES DE <i>DELPHINUS DELPHIS</i> RECENSES SUR LA FAÇADE ATLANTIQUE FRANÇAISE ..	38
ANNEXE 2 : TYPOLOGIE (EN SOUS-FLOTTILLES) DES FILEYEURS DU GOLFE DE GASCOGNE	39
ANNEXE 3 : VARIABLES DU JEU DE DONNEES SACROIS	40
ANNEXE 4 : CARTOGRAPHIE DES PORTS DE PECHE UTILISES LORS DE L'ETUDE	41
ANNEXE 5 : REPARTITION SPATIALE DU CENTROÏDE DES OPERATIONS DE PECHE IDENTIFIEES	42

TABLE DES ABREVIATIONS

ACP : Analyse en Composantes Principales
AIS : Automatic Identification System
BEE : Bon État Écologique
CAH : Classification Ascendante Hiérarchique
CIEM : Conseil International pour l'Exploration de la Mer
CNPMM : Comité National des Pêches Maritimes et des Élevages Marins
DCSMM : Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin
DEB : Direction de l'Eau et de la Biodiversité
DPMA : Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture
FEAMP : Fond Européen pour les Affaires Maritimes et la Pêche
GPS : Global Positioning System
MMSI : Maritime Mobile Service Identity
MN : Milles Nautiques (1 mille nautique = 1,852 kilomètre)
OFB : Office Français de la Biodiversité
OMI : Organisation Maritime Internationale
ONG : Organisation Non Gouvernementale
PCP : Politique Commune de la Pêche
RNE : Réseau National Échouages
VHF : Very High Frequency
VMS : Vessel Monitoring System

1. INTRODUCTION

Le 2 juillet 2020, l'état français est mis en demeure par la Commission Européenne de prendre des mesures efficaces pour réduire le nombre de captures accidentelles de dauphins communs (*Delphinus delphis*) dans le golfe de Gascogne (Commission Européenne, 2020). En effet depuis 2017, les effectifs d'échouages de dauphins communs sur la façade atlantique française se multiplient et atteignent des valeurs records. La plupart des carcasses échouées sont issues des événements de capture accidentelle liée à l'activité de pêche. Le taux de mortalité induit par ces captures accidentelles est tel que le Conseil International pour l'Exploration de la Mer (CIEM) recommande urgemment une combinaison de mesures pour réduire le nombre de captures accidentelles de cette espèce protégée. Ces mesures concernent la fermeture spatio-temporelle de l'activité de pêche pour les métiers concernés et l'utilisation de pingres (répulsifs acoustiques) sur les paires de chalutiers (ICES, 2020a).

Au cœur des enjeux environnementaux, sociaux et économiques, la problématique des captures accidentelles de dauphins est complexe et le sujet sensible. Scientifiques et professionnels se penchent depuis plusieurs années sur la question afin de mieux comprendre ce phénomène grandissant dans le golfe de Gascogne.

La première partie de ce rapport poursuit sur le contexte détaillé du stage et pose le cadre de la l'étude. Le matériel et la méthode utilisée sont ensuite développés dans la partie suivante. Puis, le rapport présente les résultats de cette étude. Enfin la section qui suit met en avant les difficultés rencontrées ainsi que les perspectives de l'étude avant de conclure sur la réponse à la problématique.

1.1. Contexte du stage

1.1.1. Le dauphin commun, espèce protégée exposée aux pressions anthropiques

Le dauphin commun (*Delphinus delphis* L. 1758) est une espèce de mammifère marin de l'ordre des cétacés (infra-ordre « Cetacea »). Espèce emblématique, ce petit delphinidé se retrouve dans les eaux salées, tropicales et tempérées tout autour du globe (Peters et al., 2020). Sa distribution dans l'océan Atlantique Nord-Est est très large et recouvre les eaux de nombreux pays européens. L'espèce est extrêmement mobile et effectue des migrations saisonnières dont les schémas exacts sont encore mal connus aujourd'hui. Dans le golfe de Gascogne, *Delphinus delphis* est fréquemment observé au large des côtes françaises et espagnoles. Les zones de forte densité sont associées à la rupture du plateau continental même si l'espèce peut également être présente près des côtes, notamment au printemps proche des zones estuariennes (Certain et al., 2008).

Les dauphins sont des animaux sociaux dotés d'une remarquable capacité de communication. Ils forment généralement de grands groupes composés de plusieurs dizaines, voire centaines d'individus (Cañadas et al., 2009). Ces prédateurs principalement ichtyophages ont, au cours de l'évolution, développé des stratégies d'alimentation individuelles mais également coopératives énergétiquement avantageuses (Neumann & Orams, 2003). Une étude portant sur l'analyse du contenu stomacal de plusieurs dauphins échoués le long de la côte atlantique montre que le bol alimentaire de l'espèce est notamment constitué de petits poissons pélagiques tels que la sardine (*Sardina pilchardus*), l'anchois (*Engraulis encrasicolus*), le sprat (*Sprattus sprattus*) et le chinchard (*Trachurus trachurus*), avec une forte variabilité saisonnière. Les céphalopodes comme le calmar (*Loligo* spp.) sont également consommés, en moindre quantité (Meynier et al., 2008).

Du fait de son régime alimentaire, le dauphin commun se situe relativement haut dans le réseau trophique. Une méta-analyse a permis d'estimer le niveau trophique de l'espèce à 4,2 (Pauly et al., 1998). Dans un écosystème marin principalement contrôlé par des mécanismes « top-down », la dynamique de population de *Delphinus delphis* influence directement celle des espèces situées en-dessous dans le réseau trophique. Un déclin de la population de dauphin entraîne un accroissement de la population de ses proies qui, elle-même, entraîne un déclin de la population des proies de ses proies, et ainsi de suite jusqu'au bas de la chaîne alimentaire, le phytoplancton (Figure 1). Cette espèce emblématique joue ainsi un rôle structurant qui est fondamental pour assurer le bon équilibre de l'écosystème dans lequel il se trouve.

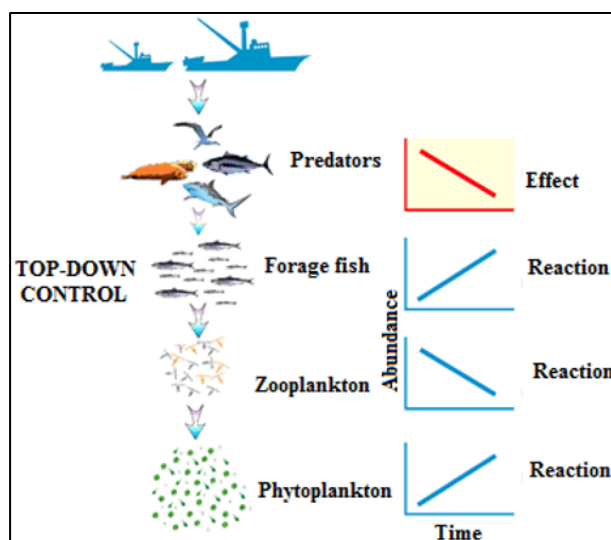


Figure 1 : Contrôle « top-down » dans un écosystème marin simplifié en quatre niveaux trophiques (Cury et al., 2016)

De nombreuses législations couvrent *Delphinus delphis*, aussi bien à l'échelle nationale qu'à l'échelle européenne ou bien internationale. Ce cadre juridique a notamment pour but de protéger l'espèce, d'évaluer son statut et d'améliorer les connaissances sur l'état des populations (Murphy et al., 2013). Certaines de ces législations sont listées ci-dessous. Le dauphin commun est une espèce protégée en France. L'arrêté du 1^{er} juillet 2011 fixant la liste des mammifères marins protégés sur le territoire national et les modalités de leur protection interdit notamment toute capture intentionnelle de l'espèce par la pêche ou autre activité.

Au niveau européen, *Delphinus delphis* figure parmi la liste des espèces animales et végétales nécessitant une protection stricte. Cette liste (Annexe IV) est établie dans le cadre de la directive concernant la conservation des habitats naturels ainsi que les espèces de la faune et de la flore sauvages, dit la directive « Habitat » (92/43/CEE).

Adoptée en 2008, la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM) de l'Union Européenne (2008/56/CE) vise à atteindre le Bon État Écologique (BEE) du milieu marin en 2020. Le descripteur 1 de cette directive porte sur la biodiversité et inclut par conséquent les mammifères marins. Dans ce cadre, le dauphin commun est considéré comme une espèce sentinelle des écosystèmes marins car sa survie à long-terme dépend de l'état écologique des écosystèmes. Le suivi des populations de *Delphinus delphis* permet ainsi de renseigner sur la santé globale de l'écosystème, et sur le BEE du descripteur 1 (critères sur l'abondance de la population, sur l'aire de répartition, sur le taux de mortalité, etc.) (Spitz et al., 2018).

Le dauphin commun est l'un des cétacés les plus abondants dans l'océan Atlantique Nord-Est (Murphy et al., 2013). Pour autant, *Delphinus delphis* fait face à de nombreuses pressions susceptibles de menacer la survie de l'espèce. Les pressions sont principalement d'origine anthropique comme la contamination par les polluants chimiques (métaux lourds, pétrole) ou encore la pollution sonore. Néanmoins, la principale menace qui pèse aujourd'hui sur l'espèce est celle induite par les interactions avec l'activité de pêche entraînant des captures accidentelles (ICES, 2020a, 2020b; Murphy et al., 2013; Peltier et al., 2020; Rogan et al., 2021).

1.1.2. Le phénomène des captures accidentelles et les échouages de dauphins

Une capture accidentelle est, lors d'une opération de pêche, une capture non intentionnelle d'une espèce non débarquée et non commercialisée en raison notamment de son statut d'espèce protégée (Hall et al., 2000). Ces captures accidentelles engendrent de sévères blessures pour les mammifères marins, souvent mortelles (asphyxie, nageoires abîmées, etc.). Elles sont notamment responsables du déclin de plusieurs espèces de la mégafaune marine comme la tortue caouanne (*Caretta caretta*) dans l'océan Pacifique, le marsouin commun (*Phocoena phocoena*) dans l'Atlantique Nord ou encore le dauphin bleu et blanc (*Stenella coeruleoalba*) en Méditerranée (Lewison et al., 2004).

Le dauphin commun est le mammifère marin le plus sujet aux captures accidentelles dans le golfe de Gascogne. Les individus sont pris au piège dans les filets et sont remontés à bord du navire, très souvent morts asphyxiés. La plupart des carcasses sont remises à l'eau et la majorité (estimée à 76 % d'après Peltier et al., 2021) d'entre elles finissent par être dévorées au large ou bien par couler au fond de l'océan. La proportion restante (24 %) correspond aux carcasses qui flottent et dérivent au gré des vents et courants avant de s'échouer le long de la façade atlantique.

En France, le Réseau National Échouages (RNE) est chargé du suivi des échouages de mammifères marins. Créé en 1972 par Raymond Duguay, le réseau est aujourd'hui composé de plus de 500 correspondants couvrant les différentes façades maritimes françaises. Il est coordonné par l'Observatoire Pelagis, structure dans laquelle se déroule ce stage. Le RNE recense ainsi chaque événement d'échouage le long du littoral français. Tout échouage de mammifères marins doit faire l'objet d'un signalement par la commune concernée. Les correspondants, préalablement formés et titulaires d'une autorisation à manipuler des espèces protégées, interviennent et réalisent un examen externe.

Ils réalisent aussi des prélèvements biologiques qui permettent de dresser un inventaire complet des échouages. Cette base de données alimente les connaissances sur le phénomène d'échouage.

En France, le phénomène n'est pas nouveau mais devient de plus en plus important. En effet, depuis quelques années, le nombre d'individus échoués a considérablement augmenté, de façon quasi-exponentielle (Dars et al., 2019). La grande majorité des échouages ont habituellement lieu en hiver (Annexe 1). Les années 2017, 2019 et 2020 ont vu des effectifs d'échouages records, bien au-dessus de la moyenne de la série temporelle (respectivement 917, 1072, 1205 comparés à une moyenne de 352). Les examens post-mortem montrent que la plupart des carcasses échouées présentent des traces de mortalité par des engins de pêche (près de 90 % en 2017 par exemple) traduisant alors un phénomène de capture accidentelle (Direction des Pêches maritimes et Aquaculture et al., 2019). L'estimation de la mortalité due aux captures accidentelles de dauphins communs est particulièrement élevée ces dernières années (Figure 2).

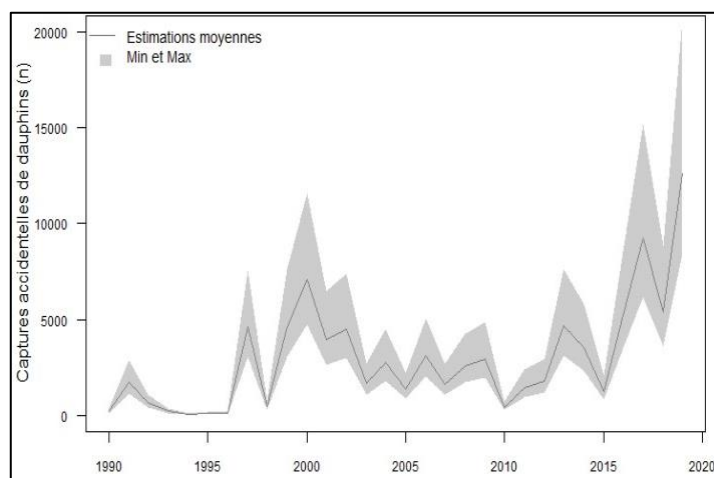


Figure 2 : Estimation de la mortalité due aux captures accidentelles de dauphins communs entre 1990 et 2019 (Dars et al., 2019)

Pourtant le dauphin commun (comme pour beaucoup de mammifères marins) se caractérise par une croissance lente, une faible fécondité ainsi qu'une grande longévité. Ces caractéristiques biologiques le rendent particulièrement vulnérable face à la pression de pêche, et donc celle des captures accidentelles (Mannocci et al., 2012; Read, 2008).

Des experts scientifiques régionaux, la Commission Baleinière Internationale ainsi que le groupe de travail sur les prises accessoires du CIEM (WGBYC) maintiennent leurs préoccupations quant au niveau élevé et non soutenable de ces captures accidentelles (ICES, 2020b). L'activité de pêche dans le golfe de Gascogne s'avère donc être un facteur de mortalité supplémentaire pour *Delphinus delphis*, pouvant mettre en péril cette espèce.

1.1.3. Groupe de travail national et projet LICADO

Au vu de cette situation préoccupante, le gouvernement français a alors relancé, en 2017, un groupe de travail national co-piloté par la Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture (DPMA) du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation et par la Direction de l'Eau et de la Biodiversité (DEB) du ministère de la Transition Écologique et Solidaire. Ce groupe de travail rassemble plusieurs acteurs qui sont : l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer), l'Office Français pour la Biodiversité (OFB), l'Observatoire Pelagis, le Comité National des Pêches Maritimes et des Élevages Marins (CNPMM), de nombreuses organisations de producteurs, des Organisations Non Gouvernementales (ONG) ainsi que des services déconcentrés de l'État. L'objectif de ce groupe de travail est de concilier exploitation durable des ressources halieutiques et maintien de la population de *Delphinus delphis*.

Parmi les actions de ce groupe, un projet nommé LICADO vise à limiter les captures accidentelles de dauphins communs dans le golfe de Gascogne. Ce programme, financé dans le cadre de la mesure 39 du Fond Européen pour les Affaires Maritimes et la Pêche (FEAMP) de la Politique Commune de la Pêche (PCP), se déroule sur trois ans et couvre les saisons de pêche hivernales de 2020, 2021 et 2022. Les deux axes principaux de ce programme sont i) la mise au point de nouveaux systèmes de répulsifs acoustiques sur certains engins de pêche et ii) l'amélioration de la connaissance sur les interactions entre les activités de pêche professionnelle et les dauphins communs.

Ce stage s'inscrit principalement dans le cadre du second axe du projet LICADO.

1.1.4. Amélioration des connaissances sur le phénomène des captures accidentelles

Améliorer les connaissances sur le phénomène des captures accidentelles de dauphins communs passe par l'identification des engins de pêche, des flottilles et/ou des métiers susceptibles d'interagir avec cette espèce.

Une flottille regroupe un ensemble de navires présentant des caractéristiques communes et provenant d'une même zone géographique. Un métier correspond à la combinaison d'un engin de pêche, d'une ou plusieurs espèces cibles et d'une zone de pêche (Gascuel, 2007).

Dès le milieu des années 80, les navires français pêchant le thon germon (*Thunnus alalunga*) au filet dérivant, très au large des côtes françaises capturaient déjà accidentellement des dauphins communs (Peltier et al., 2021). Le rapport de Morizur et al., 2012 indique également que les navires pratiquant le filet maillant et le trémail sont concernés par ce phénomène.

Plus récemment, les données d'effort de pêche couplées à un modèle de dérive inverse (modélisant les zones probables de mortalité des dauphins en mer dont la méthode est détaillée par Peltier et al., 2012, 2016) appliqué au golfe de Gascogne permettent d'identifier les flottilles potentiellement impliquées dans les captures accidentelles. Notamment, un art dormant ressort de l'étude de Peltier et al., 2021 : le filet. Les fileyeurs français (trémaills et filets maillants) font partie des flottilles identifiées comme étant susceptibles de générer des captures accidentelles de dauphins communs ces dernières années.

Le filet est l'engin le plus pratiqué par les navires français dans le golfe de Gascogne en 2018 (en termes de nombre de navires). Cet engin représente 575 navires, soit 39 % du total (Demaneche et al., 2019). Les navires français pratiquant le filet dans le golfe de Gascogne sont donc relativement nombreux.

Au vu de la récente hausse des échouages de dauphins communs liés aux captures accidentelles, cet engin de pêche et les flottilles associées doivent donc faire l'objet d'une attention toute particulière, notamment auprès des scientifiques.

Pourtant, hormis des évolutions dans les débarquements de merlu, aucun changement majeur dans les pratiques de pêche (engins ou espèces cibles), ni d'évolution de l'effort de pêche total ne sont constatés (Demaneche et al., 2019). Aucune corrélation dans ces statistiques globales (effort de pêche total, débarquements de merlu) ne semble émerger avec les effectifs d'échouages records ces dernières années (Peltier et al., 2021). Cela dit, les données utilisées pour aboutir à cette conclusion présentent quelques limites.

En effet, l'effort de pêche ici est dérivé à partir des données Vessel Monitoring System (VMS) qui concernent uniquement les navires de plus de 12 mètres. L'effort de pêche est alors sous-estimé (Pedersen et al., 2009; Peltier et al., 2021).

Il se pourrait donc que les données utilisées jusqu'à présent ne soient pas assez précises (et/ou les hypothèses trop fortes) pour pouvoir comprendre la hausse des échouages de dauphins communs sur la façade atlantique ces dernières années. Par conséquent une analyse fine centrée sur d'autres données serait intéressante pour espérer mieux comprendre les interactions entre fileyeurs et dauphins communs.

1.1.5. Données collectées à bord des navires : le système VMS et le système AIS

C'est alors qu'interviennent les données spatiales collectées à bord des navires de pêche. Ces dernières proviennent de deux sources différentes : i) le système VMS (Vessel Monitoring System) et ii) le système AIS (Automatic Identification System).

Ces systèmes ont des finalités différentes mais tous les deux permettent de transmettre, à intervalle de temps quasi régulier, des informations issues des navires en mer. Ainsi, les systèmes VMS et AIS fournissent des informations dites i) dynamiques comme la date, l'heure, la position Global Positioning System (GPS) du navire avec la longitude et la latitude, sa vitesse, son cap, etc. Les informations dites ii) statiques sont celles correspondant aux caractéristiques générales du navire (code d'identification, longueur, etc.). Le système VMS a, en plus, la particularité de fournir l'information sur l'engin de pêche pratiqué (Tableau 1). Les informations exactes utilisées dans cette étude sont précisées plus tard, dans la partie 2 Matériel et Méthode.

Le système VMS est un système de surveillance par satellite des navires de pêche. Ce système européen fait partie intégrante de la PCP dans le cadre du régime de contrôle des pêches. Il a été imposé en 2000 à bord de tous les navires de pêche professionnelle de plus de 24 mètres sous pavillon de l'Union Européenne. Étendu en 2004 à ceux de plus de 18 mètres, puis à ceux de plus de 15 mètres en 2005, tout navire de pêche professionnelle sous pavillon de l'Union Européenne de plus de 12 mètres doit maintenant être équipé du système VMS depuis 2012 (Règlement (CE) n°1224/2009 du Conseil du 20 novembre 2009 instituant un régime communautaire de contrôle afin d'assurer le respect des règles de la politique commune de la pêche). Ces navires, identifiés à l'aide d'un code unique et anonyme, envoient des messages satellitaires automatiques, appelés « pings VMS », à intervalle régulier (intervalle de une à deux heures).

Le système AIS, quant à lui, a été instauré dans les années 1980 par l'Organisation Maritime Internationale (OMI) avec comme objectif principal : éviter les collisions en mer et ainsi assurer une sécurité de navigation au niveau international. Il s'agit d'un système de localisation et d'identification automatique des navires en mer qui permet d'envoyer automatiquement, par radio VHF (Very High Frequency), des messages appelés « pings AIS ». Chaque navire est identifié à l'aide de son code unique Maritime Mobile Service Identity (MMSI). Ces messages radio peuvent être ainsi captés par les navires aux alentours ou par les centres de surveillance maritime (et plus récemment via des satellites). En fonction de la manœuvre du navire, la fréquence d'envoi des pings AIS varie de quelques secondes à plusieurs minutes. La résolution temporelle du système AIS est alors beaucoup plus fine que celle du système VMS. Depuis 2014 en Europe, ce système AIS est obligatoire sur tout type de navire de plus de 15 mètres (Directive 2011/15/UE de la Commission du 23 février 2011). Tous les navires de pêche de plus de 15 mètres sont donc théoriquement équipés à la fois du système AIS et du système VMS.

Le Tableau 1 résume les principales différences qu'il existe entre les systèmes VMS et AIS.

Tableau 1 : Différences entre les systèmes VMS et AIS

	VMS	AIS
Navires concernés	Navires de pêche de plus de 12 mètres	Navires de plus de 15 mètres
Fréquence d'envoi (ordre de grandeur)	Heure	Minute
Résolution temporelle	Moyenne	Haute
Couverture spatiale	Eaux communautaires européennes	*
Information sur l'engin de pêche	Oui	Non

* Il n'y a pas réellement de limite spatiale pour le système AIS : la densité des messages est dictée par la couverture satellitaire

1.2. Cadre de l'étude et problématique

La fréquence d'envoi des pings VMS paraît trop faible pour capturer correctement l'activité et la trajectoire des navires de pêche (Fock, 2008; Lee et al., 2010; Vermard et al., 2010). Néanmoins, la haute résolution temporelle des données AIS pourrait, quant à elle, permettre de capturer plus précisément le comportement des navires de pêche en mer. Cette supposition va alors servir d'hypothèse de travail pour l'étude présentée dans ce rapport.

La problématique du stage qui découle de cette hypothèse est la suivante :

A partir des données AIS, est-il possible d'identifier et de caractériser les stratégies de pêche individuelles des fileyeurs du golfe de Gascogne ?

Le cadre spatio-temporel de l'étude se limite à la période hivernale de 2017 dans le golfe de Gascogne. L'engin de pêche étudié est le filet (trémail et filet maillant) pour les raisons présentées plus haut.

Peu d'études scientifiques ont porté sur les stratégies de pêche individuelles à partir des données AIS. Une réponse à cette problématique demande alors un travail avant tout méthodologique. La méthodologie mise en place pour cette étude est exploratoire et structurée en quatre sous-objectifs, détaillés ci-dessous.

Le jeu de données AIS ne contient aucune information sur l'engin de pêche. Le premier sous-objectif de l'étude est alors de réussir à i) **identifier les fileyeurs sur le jeu de données AIS**, grâce aux informations des données VMS. Une fois les fileyeurs identifiés (sans rompre l'anonymisation des données), le second sous-objectif consiste à ii) **identifier les opérations de pêche des fileyeurs**. Le troisième sous-objectif de cette étude est de iii) **réaliser une typologie des stratégies de pêche des fileyeurs** au travers d'une classification ascendante hiérarchique sur composantes principales. L'intérêt de cette classification non-supervisée (ie : à l'aveugle) est de classer les opérations de pêche sans à priori, indépendamment des caractéristiques du fileyeur (sous-flottille, taille du navire, port d'attache, espèces ciblées, etc.). S'agissant d'une classification non-supervisée, un jeu de données externe (typologie Ifremer) est finalement utilisé afin de iv) **juger la pertinence de la classification et la validité de la méthode**.

L'intérêt de cette étude est avant tout méthodologique. Il s'agit de construire une méthodologie valide et reproductible pour pouvoir ensuite l'appliquer sur de multiples jeux de données et ainsi mieux comprendre les interactions entre les activités de pêche professionnelle et les dauphins communs.

2. MATERIEL ET METHODE

Afin d'illustrer les paragraphes qui vont suivre, le matériel et la méthode utilisée pour cette étude sont représentés schématiquement ci-dessous (Figure 3).

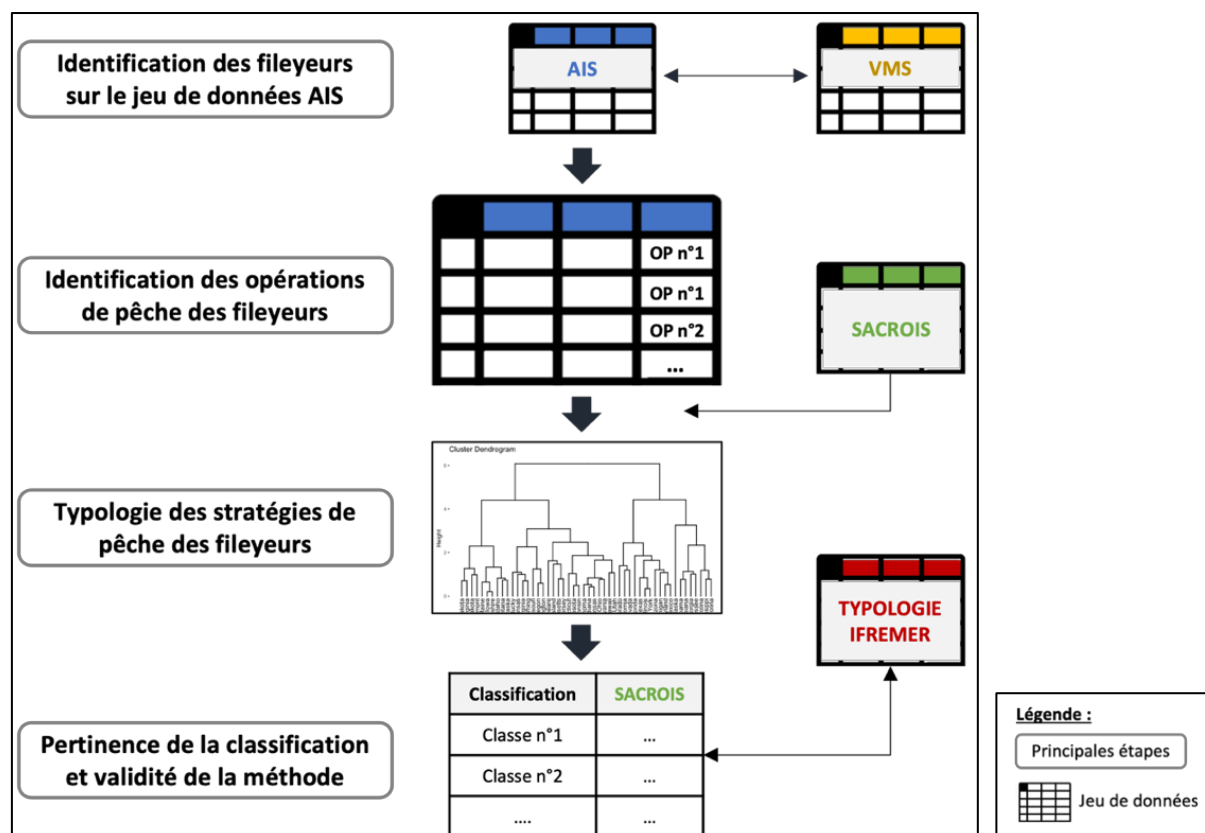


Figure 3 : Schéma du matériel et de la méthode utilisée pour cette étude

2.1. Matériel

Données AIS

Les données AIS ont été transmises par le Cerema (préalablement fournies par l'Office Français de la Biodiversité (OFB)). Les données sont contenues dans un large tableau qui rassemble tous les pings AIS des navires de plus de 15 mètres, captés dans le golfe de Gascogne et en Manche en 2017. Un filtre est appliqué sur le jeu de données AIS pour ne sélectionner que les navires de pêche, à partir de la variable 'Type de navire'. Chaque ligne représente un unique ping AIS (9 497 052 pings). Les 10 colonnes (les variables) renseignent sur une caractéristique particulière du message. Elles sont précisées dans le Tableau 2.

Données VMS

Les données VMS, quant à elles, sont fournies par Ifremer, après accord de la DPMA dans le cadre du projet LICADO. L'ensemble de ces données est contenu dans un large tableau qui rassemble tous les pings VMS de l'année 2017, envoyés depuis les eaux françaises du golfe de Gascogne par les navires de pêche professionnelle de plus de 12 mètres. Comme pour les données AIS, chaque ligne représente un unique ping VMS (3 606 634 pings). Les 10 colonnes (les variables) renseignent sur une caractéristique particulière du message. Elles sont précisées dans le Tableau 2. Les données VMS sont anonymisées à l'aide d'un code unique (pour chaque navire) et propre à Ifremer.

Le Tableau 2 résume la structure générale des jeux de données AIS et VMS. Les variables de ces jeux de données sont de deux types : statiques ou dynamiques. Les variables statiques renseignent sur les caractéristiques générales du navire comme son identité (le code d'identification est différent selon le jeu de données utilisé), sa longueur, sa largeur, son pavillon, son quartier d'immatriculation, le type de navire (navire de pêche, pétrolier, navire marchand, etc.). Les variables statiques sont identiques au cours du temps. Au contraire, les variables dynamiques renseignent sur le statut du navire au moment de l'émission de son ping. Il s'agit notamment de la date et de l'heure d'envoi du message, de la position GPS du navire de pêche (longitude et latitude) ainsi que sa vitesse. Les données AIS renseignent également sur le cap du navire. Le cap correspond à l'orientation du navire par rapport au Nord : il s'agit de l'angle (exprimé en degré) entre le nord de la boussole et la ligne de foi (axe longitudinal du navire). Seules les données VMS renseignent sur l'engin de pêche utilisé.

Tableau 2 : Structure générale des jeux de données AIS et VMS 2017

Système	AIS	VMS
Variables statiques	Identité du navire (code MMSI) Type de navire Longueur Largeur	Identité du navire (code Ifremer) Pavillon Classe de taille Quartier d'immatriculation
Variables dynamiques	Date Heure Longitude Latitude Vitesse Cap	Date Heure Longitude Latitude Vitesse Engin de pêche (code FAO)

Les variables en couleur sont celles de même nature, en commun, dans les deux jeux de données

Typologie Ifremer des fileyeurs

Une étude menée par Demaneche et al., 2019 a permis d'améliorer la connaissance de l'activité des fileyeurs français et de proposer une typologie, en sous-flottilles, des fileyeurs au cours des périodes hivernales de 2013 à 2018.

Cette typologie structure, dans un premier temps, la population de fileyeurs en fonction du gradient côte-large : fileyeur fluviaux – fileyeur 3 MN – fileyeurs côtiers (< 12 MN) – fileyeurs mixtes (côtier et large) – fileyeurs du large (> 12 MN). Puis ces 5 flottilles sont divisées en sous-flottilles sur la base des principaux métiers ou combinaison de métiers filet « espèces cibles » mis en œuvre par les navires au cours de la période hivernale (fileyeurs fluviaux à maigres dominants, fileyeurs 3 MN à seiches dominants, fileyeurs du large à merlus dominants, fileyeurs du large à soles dominants, etc.) (Demaneche et al., 2019). Cette typologie, disponible en Annexe 2, permet ainsi de caractériser chaque navire ayant pratiqué le filet. Le jeu de données a été récupéré auprès d'Ifremer. Les navires sont identifiés individuellement à partir du code Ifremer (code identique aux données VMS).

Données Sacrois

Les données Sacrois sont fournies par le Système d'Informations Halieutiques d'Ifremer qui développe l'algorithme Sacrois. Cet algorithme permet de croiser différentes sources de données (données VMS, données logbooks, données de ventes en criées, etc.) afin de produire des données validées et consolidées sur la pêche française. Ces données permettent notamment de répondre aux questions suivantes : Quelles sont les espèces pêchées ? En quelle quantité ? Avec quel engin de pêche ? Dans quelle zone ? L'intérêt des données Sacrois dans cette étude est de connaître, pour chaque opération de pêche, le navire de pêche (code identique aux données VMS), la zone de pêche (carré de 3' * 3'), la date de l'opération de pêche, l'engin pratiqué ainsi que les espèces et les quantités pêchées. Les variables du jeu de données Sacrois sont présentées en Annexe 3.

2.2. Méthode

L'essentiel du travail a été réalisé sous R, version 4.0.5 (R Core Team, 2021) avec l'aide de plusieurs packages tels que 'VMStools', 'sf', 'FactoMineR', 'circular' et 'tidyverse' (Agostinelli & Lund, 2017; Hintzen et al., 2012; Lê et al., 2008; Pebesma, 2018; Wickham et al., 2019).

2.2.1. Prétraitement des données

Première étape de l'étude, le prétraitement des données rassemble toutes les opérations de sélection sur les variables, de nettoyage et de formatage du jeu de données. Le principal objectif de l'étape est de i) rendre le format des données AIS et VMS homogène et exploitable pour la suite, ii) réduire les jeux de données à l'essentiel pour optimiser les temps de calcul ultérieurs.

Afin de fixer le cadre spatio-temporel de la présente étude (période hivernale 2017 dans le golfe de Gascogne), une sélection est réalisée sur les jeux de données AIS et VMS :

- Un filtre temporel est appliqué pour ne sélectionner que les pings AIS et VMS envoyés entre le 01/01/2017 et le 31/03/2017.
- Une sélection spatiale est effectuée pour restreindre l'étude au golfe de Gascogne. Ainsi, seuls les pings AIS et VMS situés au sein de la zone 27.VIIIa, 27.VIIIb, 27.VIIIc et 27.VIIId sont conservés, comme illustré sur la Figure 4.

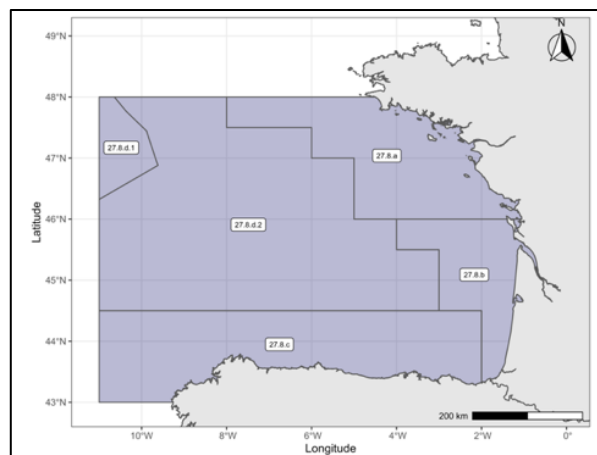


Figure 4 : Zone d'étude, le golfe de Gascogne (sous-zone VIII - divisions a, b, c et d)

Il n'est pas rare que certaines données soit erronées. Les lignes doublons, les lignes ayant une vitesse aberrante (supérieure à 20 nœuds) ou bien celles comportant un code MMSI incohérent (ex : 0, 111111111, 222222222, 333333333, 123456789, etc.) sont supprimées. Enfin les jeux de données sont ordonnés par navire, chronologiquement.

Dans cette étude, seuls les fileyeurs sont traités. Grâce aux données de la typologie Ifremer, un filtre est appliqué sur le jeu de données VMS pour ne sélectionner que les fileyeurs (le code de la typologie Ifremer permettant d'identifier les navires est le même que celui des données VMS). Il n'est pas possible d'appliquer cette procédure sur le jeu de données AIS car le code d'identification n'est pas le même. 90 fileyeurs sont ainsi sélectionnés sur le jeu de données VMS. Ils correspondent aux navires de plus de 12 mètres ayant pratiqué au moins un des métiers de filet dans le golfe de Gascogne, au cours de l'hiver 2017 (Demaneche et al., 2019).

La suite de la méthodologie se divise en quatre grandes étapes : **1)** Identification des fileyeurs sur le jeu de données AIS **2)** Identification des opérations de pêche des fileyeurs **3)** Typologie des stratégies de pêche des fileyeurs **4)** Pertinence de la classification et validité de la méthode.

2.2.2. Identification des fileyeurs sur le jeu de données AIS

L'objectif de cette étape est d'identifier les fileyeurs sur le jeu de données AIS (dont l'information sur l'engin de pêche n'existe pas) grâce aux données VMS (où les fileyeurs sont déjà sélectionnés). Autrement dit, le défi consiste à retrouver, parmi tous les navires de pêche du jeu de données AIS, les fileyeurs du jeu de données VMS. Cette étape est chronophage mais essentielle pour pouvoir analyser les stratégies de pêche selon l'engin pratiqué.

Pour ce faire, le principe de base est le suivant : un navire de pêche émet ses pings AIS et VMS globalement au même endroit au même moment. L'identification des fileyeurs est donc basée sur une cooccurrence spatio-temporelle de leurs pings AIS et VMS.

Afin de tenir compte du fait qu'un ping AIS n'est pas émis exactement au même endroit qu'un ping VMS (les deux systèmes ne sont pas synchronisés), le raisonnement se fait non pas à l'échelle du ping mais à l'échelle de la marée.

a) Identification des marées et de leurs polygones

Remarque :

Pour faciliter la compréhension, l'indice [n] fait référence aux pings de chaque navire AIS.

Une marée correspond, pour un navire de pêche, au temps passé en mer entre le départ et son retour au port. Afin d'identifier les marées, deux nouvelles variables sont calculées sur le jeu de données AIS.

La première variable informe, pour chaque ping AIS [n], sur la position relative du navire aux différents ports de pêche. Pour pouvoir déterminer cette position relative, un cercle (de rayon de 2 MN, soit 3,7 kilomètres environ) est créé autour des ports de pêche français du golfe de Gascogne ainsi que quelques ports espagnols du Pays basque (Annexe 4). Ensuite, grâce aux fonctions du package 'sf' (Pebesma, 2018), un navire est considéré comme étant au port s'il se trouve au sein de l'un des cercles. Sinon il est considéré hors du port (variable binaire). La seconde variable indique, pour chaque ping AIS [n], l'intervalle de temps (en minutes) qui sépare le ping [n] du ping [n+1].

Grâce à ces deux variables, une nouvelle marée est identifiée dès lors que le navire se trouve au port et que l'intervalle de temps est supérieur à 40 minutes. L'idée est de déterminer le moment où un navire repart en mer pour une nouvelle marée, après avoir débarqué ses captures et s'être arrêté au port pendant un certain temps (supérieur à 40 minutes).

Cette méthode d'identification des marées est inspirée de l'algorithme ALGOPESCA développé par Ifremer qui traite les données géolocalisées des navires de pêche (Système d'Informations Halieutiques, 2021).

Remarque :

Pour identifier deux marées très rapprochées dans le temps où le système AIS n'aurait probablement pas été éteint (débarquements éclair où le navire repart presque aussitôt en mer pour une nouvelle marée), les pings correspondant à un navire au port à l'arrêt (< 0,2 nœuds) sont supprimés. L'intervalle de temps entre le ping marquant l'arrivée au port et celui marquant le départ du port est alors plus important. Les deux marées ont ainsi plus de chance d'être identifiées.

Pour chaque navire AIS, les différentes marées peuvent ainsi être identifiées. Une fois les marées identifiées, tous les pings d'une même marée sont reliés entre eux : cela dessine la trajectoire de la marée (Figure 5 A). Puis une zone tampon est formée autour de cette trajectoire : le polygone marée (Figure 5 B).

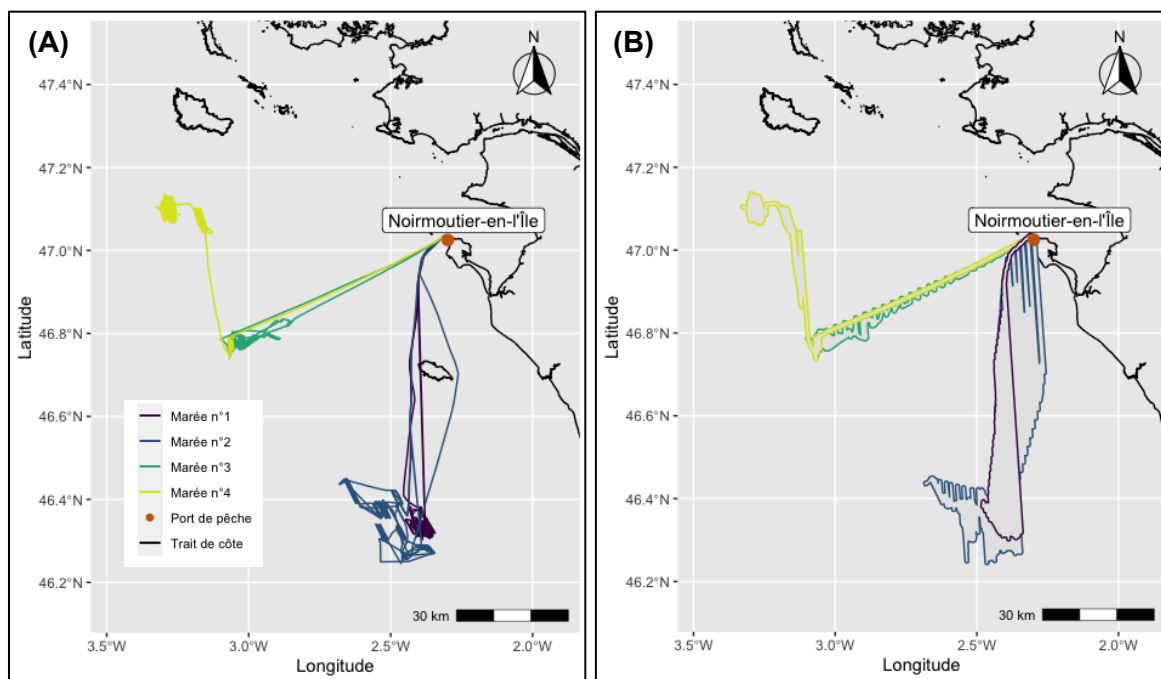


Figure 5 : Trajectoires (A) et polygones marées (B) de quatre marées différentes d'un même navire AIS au cours du mois de février 2017

b) Cooccurrence spatio-temporelle AIS et VMS

Remarque :

Pour une meilleure compréhension, les indices $[i]$, $[j]$ et $[k_j]$ font respectivement référence aux fileyeurs VMS, aux navires AIS et aux marées des navires AIS.

L'indice $[i]$ varie de 1 à 90 (90 fileyeurs dans le jeu de données VMS)

L'indice $[j]$ varie de 1 à 484 (484 navires de pêche dans le jeu de données AIS)

L'indice $[k_j]$ varie selon le navire AIS $[j]$

Pour identifier une cooccurrence spatiale et temporelle, deux conditions sont définies pour chaque ping de chaque navire VMS $[i]$. Une condition spatiale : le ping du navire VMS $[i]$ est situé au sein du polygone marée $[k_j]$ du navire AIS $[j]$. Une condition temporelle : le ping VMS $[i]$ est émis durant la marée $[k_j]$ du navire AIS $[j]$ (autrement dit le ping est compris dans l'intervalle de temps de la marée).

Puis, chaque ping de chaque navire VMS $[i]$ est confronté à chaque navire AIS $[j]$ pour chacune de ses marées $[k_j]$. Le pourcentage suivant est calculé :

$$\frac{\text{Nombre de pings du navire VMS } [i] \text{ respectant la condition spatio - temporelle } [k_j]}{\text{Nombre de pings du navire VMS } [i] \text{ respectant la condition temporelle } [k_j]} * 100$$

Plus ce pourcentage est élevé, plus la probabilité que le fileyeur VMS $[i]$ corresponde au navire AIS $[j]$ est grande. Par conséquent, seuls les fileyeurs VMS dont le pourcentage est supérieur à 50 % sont conservés. Cela permet d'obtenir une liste de candidats potentiels, autrement dit, une liste de fileyeurs VMS correspondant très probablement aux différents navires AIS. Un exemple de la liste obtenue est illustré ci-dessous (Tableau 3).

Tableau 3 : Exemple de la liste de candidats potentiels obtenue

Navire AIS [i]	Marée [k]	Fileyeur VMS [j] (candidats potentiels)
Navire AIS [1]	Marée [1]	Fileyeur VMS [13]
	Marée [2]	Fileyeur VMS [13]
	Marée [3]	Fileyeur VMS [13] ; Fileyeur VMS [51]
	Marée [4]	Fileyeur VMS [13]
	Marée [5]	Fileyeur VMS [13] ; Fileyeur VMS [51]
...
Navire AIS [2]

Ici, le fileyeur VMS n°13 correspond très probablement au navire AIS n°1 (5 marées sur 5). Le fileyeur VMS n°51 peut également correspondre au navire AIS n°1, avec une probabilité plus faible (2 marées sur 5)

c) Association unique entre un navire AIS et un fileyeur VMS

Idéalement, un seul fileyeur VMS coïncide avec un seul navire AIS. Mais parfois, plusieurs fileyeurs VMS correspondent potentiellement à un même navire AIS (comme dans le Tableau 3). Une vérification manuelle est donc nécessaire. Pour cela, tous les pings du navire AIS et ceux du (ou des) candidat(s) potentiel(s) VMS sont affichés sur une carte (Figure 6). La vérification se fait visuellement. A l'issue de cette vérification, un unique fileyeur VMS est associé à un unique navire AIS.

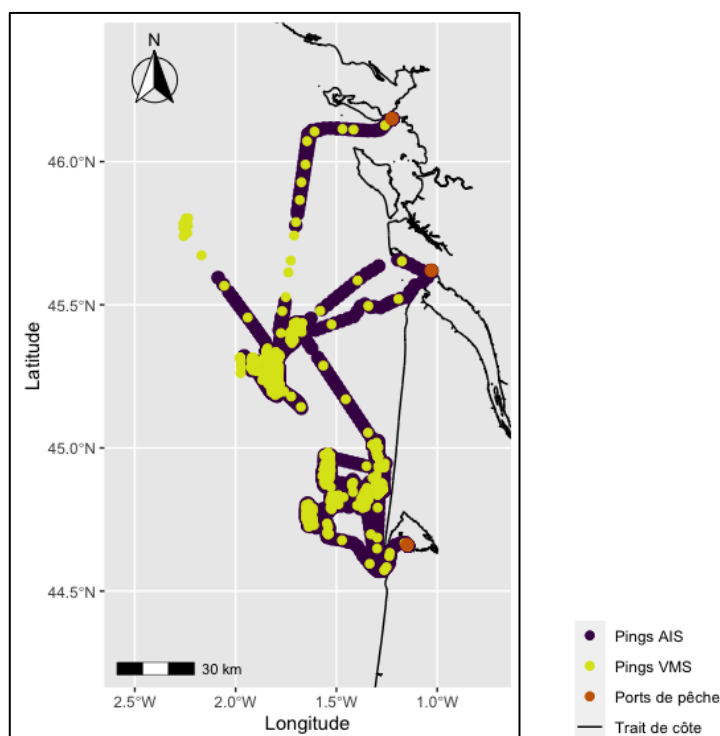


Figure 6 : Répartition spatiale des pings AIS d'un navire de pêche et des pings VMS de son candidat potentiel

d) Création du nouveau jeu de données AIS

Les navires AIS ayant trouvé une correspondance avec le jeu de données VMS (association unique) correspondent donc à des fileyeurs. Seuls ces navires AIS sont alors sélectionnés. Ils constituent ainsi le nouveau jeu de données de l'étude, centrée sur les fileyeurs. Une jointure est réalisée sur ce nouveau jeu de données AIS afin d'ajouter les variables statiques du jeu de données VMS. Afin de garantir l'anonymat des données, seule l'identité du navire VMS (code Ifremer) est stockée dans le nouveau jeu de données. L'identité du navires AIS (code MMSI) est supprimée. La suite de l'étude se réfère à ce nouveau jeu de données : données AIS des fileyeurs sur les mois de janvier, février et mars 2017 dans le golfe de Gascogne (423 667 pings * 13 variables, Tableau 4).

Tableau 4 : Structure du nouveau jeu de données AIS pour les mois de janvier, février et mars 2017

Limite temporelle	Nombre de pings	Variables statiques	Variables dynamiques
01/01/2017 au 31/03/2017	423 667	Identité du navire (code Ifremer) Type de navire Longueur Largeur Classe de taille Pavillon Quartier d'immatriculation	Date Heure Longitude Latitude Vitesse Cap

Les variables en *couleur* sont les nouvelles variables statiques jointes à partir du jeu de données VMS. Les autres sont les variables brutes, issues du jeu de données AIS.

2.2.3. Identification des opérations de pêche des fileyeurs

L'objectif de cette étape est de déterminer l'activité de pêche des navires pour pouvoir ensuite identifier les opérations de pêche individuelles des fileyeurs sur le jeu de données AIS.

a) Détermination de l'activité de pêche

Le principe de base de détermination de l'activité d'un navire de pêche repose sur un filtre de vitesse : en dehors d'une certaine gamme de vitesse, un navire n'est pas considéré comme étant en activité de pêche. Comme précédemment, la détermination de l'activité de pêche est inspirée de l'algorithme ALGOPESCA développé par Ifremer (Système d'Informations Halieutiques, 2021; Weiss, 2020).

Une borne maximale est fixée à 4,3 nœuds d'après les perspectives de l'étude de Weiss, 2020. Une borne minimale est également déterminée afin d'éliminer les faux-positifs (ie : lorsque le navire patiente en mer, en maintenant le cap à faible vitesse). Cette borne minimale est fixée à 0,3 nœuds. Les pings indiquant que le navire est au port (au sein du cercle de rayon de 2 MN, voir partie 2.2.2) sont supprimés étant donné que l'activité de pêche est improbable, même si la vitesse du navire est faible. A partir de là, tous les pings ayant une vitesse comprise dans l'intervalle]0,3 ; 4,3[sont considérées comme étant en activité de pêche. Tous les autres pings sont exclus.

b) Individualisation des opérations de pêche

Une fois que l'activité de pêche est déterminée, l'objectif est maintenant d'individualiser les opérations de pêche (les opérations de filage et les opérations de virage). Pour cela deux nouvelles variables sont calculées sur le jeu de données AIS.

De la même manière que dans la partie 2.2.2, la première variable indique, pour chaque ping [n], l'intervalle de temps (en minutes) qui sépare le ping [n] du ping [n+1].

La seconde variable renseigne, pour chaque ping [n], la distance (en kilomètres) qui sépare le ping [n] du ping [n+1].

Grâce à ces deux nouvelles variables, une nouvelle opération de pêche est identifiée dès lors que la distance est supérieure à 3 kilomètres ou que l'intervalle de temps est supérieur à 150 minutes.

A l'aide de ces critères de distance et de temps, l'idée est d'individualiser les opérations de pêche des fileyeurs. Autrement dit, chaque opération de pêche identifiée correspond idéalement à une seule et entière opération de filage ou de virage du filet (ne pas regrouper deux opérations de pêche en une seule ou, à l'inverse, ne pas scinder une opération de pêche en deux opérations incomplètes). Il est important de préciser que cette méthode ne permet pas de distinguer le filage du virage.

Les différentes opérations de pêche sont ainsi identifiées grâce à un code unique, comme illustré sur la Figure 7. Une opération de pêche regroupe l'intégralité des pings correspondant à cette opération (sauf les deux extrêmes). Chaque ping étant caractérisé par les 13 variables du jeu de données.

Remarque :

L'intérêt, en supprimant les deux pings extrêmes (le premier et le dernier) de chaque opération de pêche, est de restreindre l'opération de pêche à la véritable action de filage ou de virage du filet. Le premier et le dernier ping peuvent en effet correspondre à des pings légèrement aberrants, où le navire quitte tout juste (ou arrive tout juste sur) la zone de pêche (ces pings peuvent donc être éloignés de la véritable opération de pêche).

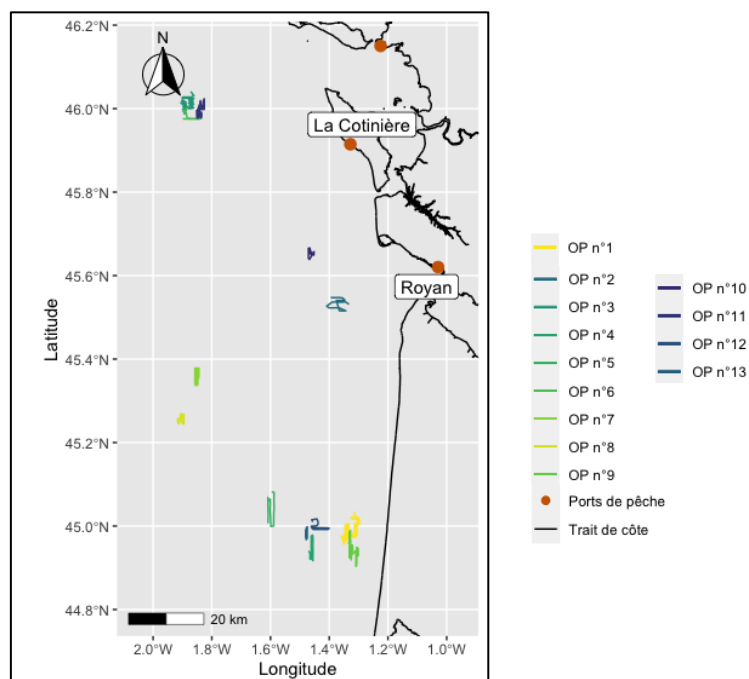


Figure 7 : Exemple de plusieurs opérations de pêche identifiées chez un fileyeur

2.2.4. Typologie des stratégies de pêche des fileyeurs

A partir d'une classification, l'objectif de cette étape est de réaliser une typologie sur l'ensemble des opérations de pêche identifiées. Il s'agit de constituer différentes classes regroupant des opérations de pêche similaires (ie : possédant des traits de caractères communs) puis de les caractériser.

a) Description quantitative des opérations de pêche

Pour pouvoir constituer ces classes, une liste de 23 variables quantitatives (appelées descripteurs) est établie afin de décrire chacune des opérations de pêche. Ces descripteurs fournissent des informations quantitatives sur l'opération de pêche de natures différentes : des descripteurs renseignant sur les angles, sur le cap, sur la vitesse, sur la temporalité, sur le lieu, sur la géométrie de l'opération de pêche, etc. La liste complète de ces descripteurs est détaillée en Tableau 5.

Tableau 5 : Liste exhaustive des descripteurs quantitatifs des opérations de pêche

Descripteurs	Signification
Pings	Nombre de pings contenus dans l'opération de pêche
Centroïde latitude	Latitude moyenne de l'opération de pêche
Centroïde longitude	Longitude moyenne de l'opération de pêche
Écart-type cap	Écart-type de la variable 'Cap'
Cap t-test	Valeur sur l'étendue circulaire (Agostinelli & Lund, 2017)
Vitesse minimale	Vitesse minimale renseignée lors de l'opération de pêche
Vitesse Q₁	1 ^{er} quartile de la variable 'Vitesse'
Vitesse Q₂	2 ^{ème} quartile de la variable 'Vitesse' (vitesse médiane)
Vitesse Q₃	3 ^{ème} quartile de la variable 'Vitesse'
Vitesse maximale	Vitesse maximale renseignée lors de l'opération de pêche
Vitesse moyenne	Valeur moyenne de la variable 'Vitesse'
Écart-type vitesse	Écart-type de la variable 'Vitesse'
Angle minimal	Angle minimal calculé entre deux pings successifs
Angle Q₁	1 ^{er} quartile de la variable 'Angle'
Angle Q₂	2 ^{ème} quartile de la variable 'Angle' (angle médian)
Angle Q₃	3 ^{ème} quartile de la variable 'Angle'
Angle maximal	Angle maximal calculé entre deux pings successifs
Angle moyen	Valeur moyenne de la variable 'Angle'
Écart-type angle	Écart-type de la variable 'Angle'
Durée totale	Temps écoulé entre le premier et dernier ping de l'opération de pêche
Distance totale	Distance parcourue entre chaque ping de l'opération de pêche
Indice de compacité	Aire du polygone trajectoire / Aire du cercle minimum
Indice de non-plier	Périmètre du polygone trajectoire / Distance totale

Pour caractériser la géométrie globale de l'opération de pêche, deux formes géométriques uniques sont dessinées sur chaque opération de pêche : i) le polygone trajectoire et ii) le cercle minimum. Le polygone trajectoire est un polygone regroupant tous les pings AIS (positions GPS) de l'opération de pêche. Sa forme varie selon la répartition des points sur le plan. Le cercle minimum correspond au plus petit cercle contenant tous les pings AIS (position GPS) de l'opération de pêche. L'aire et le périmètre de ces deux formes sont stockés, puis l'indice de compacité et l'indice de non-plier sont calculés (Tableau 5). Ces deux formes géométriques sont illustrées en Figure 8.

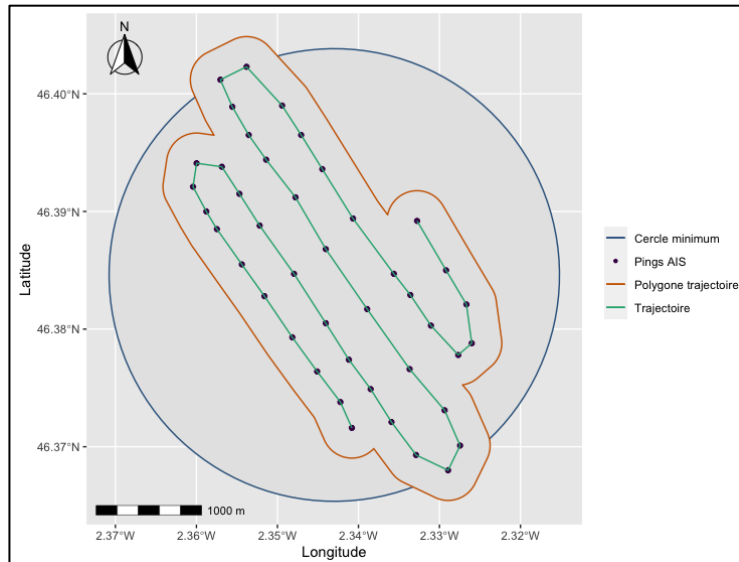


Figure 8 : Illustration des deux formes géométriques d'une opération de pêche (cercle minimum et polygone trajectoire)

La variable 'Cap' ne correspond pas à la variable brute du jeu de données AIS. Cette dernière ne semble pas fiable. La variable utilisée ici est donc une variable recalculée à partir des positions GPS de chaque ping et des fonctions trigonométriques. Elle correspond toujours à l'orientation du navire par rapport au Nord (varie entre 0 et 360°). Il s'agit d'un vecteur contenant autant de valeurs que de pings AIS dans l'opération de pêche en question (un cap est associé à chaque ping). Le cap moyen, l'écart-type, etc. peuvent ainsi être calculés.

La variable 'Angle' est dérivée de cette nouvelle variable 'Cap'. Elle vaut pour chaque ping [n], à la différence absolue entre la valeur du cap du ping [n+1] et celle du ping [n] : elle indique de combien de degré le navire a modifié sa direction. Il s'agit d'un vecteur contenant autant de valeurs que de pings AIS dans l'opération de pêche en question (un angle est associé à chaque ping). L'angle moyen, l'écart-type, etc. peuvent ainsi être calculés.

Remarque :

Le navire de pêche est supposé effectuer un changement de direction maximale de 180° entre chaque ping. La variable 'Angle' est calculée pour qu'elle varie entre 0 et 180° (Exemple : Cap ping [1] = 330° ; Cap ping [2] = 30° ; Angle [1] = 60° ≠ 300°).

D'un point de vue mathématique, la variable 'Cap' fait référence au sens (orientation du navire par rapport au Nord) alors que la variable 'Angle' renvoie à l'écart angulaire entre la direction de deux pings successifs.

b) Description qualitative des opérations de pêche

Pour aller plus loin dans la classification et dans l'explication de ces classes, trois descripteurs qualitatifs (ou illustratifs) sont ajoutés à la liste des descripteurs (Tableau 6).

Tableau 6 : Liste exhaustive des descripteurs qualitatifs des opérations de pêche

Descripteurs	Signification	Modalités	
Classe de taille	Longueur du navire	12 à 15 mètres	18 à 24 mètres
		15 à 18 mètres	24 mètres et plus
Côte/Large	Position de l'opération de pêche par rapport au trait de côte	Côte	
		Large	
Espèce	Espèce principale débarquée lors de l'opération de pêche	Araignée de mer	Merlan
		Bar européen	Merlu européen
		Baudroies nca	Multi-espèces
		Lieu jaune	Seiche commune
		Maigre commun	Sole commune

Le descripteur 'Classe de taille' provient de la jointure avec le jeu de données VMS.

Le descripteur 'Côte/Large' permet de situer l'opération de pêche, soit à la côte (< 12 MN), soit au large (> 12 MN). La distance est calculée entre le centroïde de l'opération de pêche (position GPS moyenne des pings) et le point du trait de côte le plus proche (Annexe 5).

Le descripteur 'Espèce' renseigne sur l'espèce principale débarquée lors de l'opération de pêche. Cette information-là est obtenue à partir d'une jointure avec le jeu de données Sacrois. Par correspondance spatio-temporelle des opérations de pêche d'un même navire sur les deux jeux de données (AIS et Sacrois), la jointure permet de renseigner les espèces pêchées et leurs quantités respectives. Ensuite, seule l'espèce principale est retenue. Elle correspond à l'espèce prédominante : celle ayant le pourcentage (en quantité pêchée) le plus élevé parmi toutes les espèces pêchées. Si aucune espèce ne représente plus de 25% des espèces pêchées, alors aucune espèce ne prédomine et la modalité 'Multi-espèces' est affectée.

Il est important de noter que la jointure n'est pas effective sur l'ensemble des opérations de pêche dans le sens où certaines opérations de pêche ne trouvent pas de correspondance dans le jeu de données Sacrois.

c) Classification hiérarchique sur composantes principales

Afin de réaliser la typologie, une classification hiérarchique sur composantes principales (Husson et al., 2016), consolidée par la méthode des K-means (Hartigan & Wong, 1979), est réalisée. Les individus statistiques correspondent aux opérations de pêches. Chaque individu statistique est caractérisé par 26 variables qui sont les 23 descripteurs quantitatifs et les trois descripteurs qualitatifs. Seuls les descripteurs quantitatifs serviront à la classification ascendante hiérarchiques sur composantes principales. Les descripteurs qualitatifs sont là en tant que variables explicatives, pour pouvoir interpréter la classification obtenue.

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) permet d'identifier les individus extrêmes (« outliers ») ainsi que les variables peu informatives du jeu de données, et de fixer le nombre de dimensions à conserver pour la classification. L'ACP est une analyse descriptive qui va aider à l'interprétation des résultats puisqu'elle permet d'étudier les corrélations entre variables, et les corrélations entre variables et axes factoriels. Il est également possible de savoir si les descripteurs qualitatifs sont pertinents et utiles pour pouvoir expliquer la classification qui suit (ie : structurent-ils notre jeu de données ?).

La Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) qui en découle permet de produire un dendrogramme (ou arbre hiérarchique). La CAH est réalisée à partir de la matrice de distance des individus. La distance choisie est la distance euclidienne. Les variables ont été standardisées (centrées et réduites) afin de gérer l'hétérogénéité des unités et ainsi éviter des artefacts liés aux effets d'échelle différente entre les unités des descripteurs.

Le dendrogramme est construit à partir de la méthode de Ward. Cette méthode tend à minimiser l'inertie intra-classe (les individus d'une même classe se ressemblent) et à maximiser l'inertie inter-classe (les individus de classes différentes divergent). Cette méthode cherche donc à obtenir les classes les plus homogènes possibles.

Le dendrogramme est ensuite coupé afin de constituer les différentes classes. Le niveau de coupure est déterminé à partir d'une analyse de plusieurs graphiques (dendrogramme brut et sauts d'inertie notamment). La longueur relative des branches du dendrogramme permet de fournir une première indication sur le niveau de coupure à choisir. Les sauts d'inertie du dendrogramme informent sur la perte d'inertie inter-classe. Ce graphique s'interprète de la façon suivante : un saut net à X classes indique une forte perte d'inertie inter-classe si les X classes sont regroupées en X-1 classes. Or pour obtenir des classes homogènes, l'inertie inter-classe est à maximiser : X classes est donc à privilégier.

La classification obtenue est ensuite améliorée et consolidée par la méthode des K-means (Hartigan & Wong, 1979), en initialisant l'algorithme à partir du nombre de classes précédemment choisi.

La typologie se termine par la caractérisation des classes. Les différentes classes sont décrites par les variables quantitatives ainsi que par les modalités des variables qualitatives, grâce à des tests statistiques directement réalisés dans les fonctions du package 'FactoMineR' (Lê et al., 2008). Une variable (ou une modalité) caractérise d'autant mieux une classe que sa valeur-test est extrême. Autrement dit, plus la valeur-test associée à une variable (ou modalité) est élevée, plus celle-ci est caractéristique de la classe.

Pour une variable quantitative, une valeur-test positive (ou négative) indique que les individus de cette classe obtiennent des valeurs relativement élevées (ou relativement faibles) sur cette variable quantitative.

Pour une modalité d'une variable qualitative, une valeur-test positive (ou négative) indique la modalité est significativement surreprésentée (ou sous-représentée) chez les individus de cette classe.

Enfin, une description par les individus est réalisée en étudiant les deux parangons de chaque classe (individus les plus proches du centre de la classe).

2.2.5. Pertinence de la classification et validité de la méthode

La CAH est une méthode de classification non-supervisée, où l'algorithme en amont ne connaît pas les classes d'appartenance des opérations de pêche (il apprend et détermine la structure du jeu de données uniquement à partir des variables quantitatives d'entrée).

Le descripteur 'Espèce' issu du jeu de données Sacrois va alors être confronté au nouveau descripteur 'Sous-flottille' issu directement d'une jointure avec la typologie Ifremer (le code Ifremer est identique à celui des opérations de pêche identifiées). En effet, le descripteur 'Sous-flottille' renseigne (entre autres) sur l'espèce dominante ciblée par les fileyeurs (Annexe 2). Le descripteur 'Espèce' renseigne sur l'espèce principale débarquée lors de l'opération de pêche. Cette confrontation va alors permettre de juger de la pertinence de la classification.

Issus de deux jeux de données différents (typologie Ifremer et Sacrois), la répartition des modalités de ces descripteurs dans la classification peut être considérée comme un indicateur de la pertinence de la classification et de la validité de la méthode.

Remarque :

L'ensemble des scripts développés dans le cadre de la méthodologie présentée ci-dessus est disponible à l'adresse suivante : <https://gitlab.univ-ir.fr/mauthier/corentinm2>

3. RESULTATS

Sur les 90 fileyeurs recensés dans le jeu de données VMS, 72 fileyeurs ont pu être appariés sur le jeu de données AIS. Dans le nouveau jeu de données AIS constitué de ces 72 fileyeurs, 3665 opérations de pêche sont identifiées, soit une moyenne de 17 opérations de pêche par mois par fileyeur (écart-type de 11 opérations de pêche). Parmi ces 3665 opérations de pêche, 3344 opérations de pêche (plus de 91 %) sont associées à une espèce principale débarquée (ie : correspondance avec le jeu de données Sacrois). Les opérations de pêche manquantes (9 %) n'ont pas trouvé de correspondance avec le jeu de données Sacrois.

3.1. Analyse en Composantes Principales (ACP)

La première ACP réalisée est l'ACP dite brute, celle avec l'ensemble des descripteurs quantitatifs. Les deux premiers axes factoriels prennent en compte 57,9 % de la variance du jeu de données. Le graphique des variables est relativement dense car il contient beaucoup d'informations. Plusieurs descripteurs sont difficilement interprétables car mal projetés sur les premières dimensions ('Latitude centroïde', 'Longitude centroïde' et 'Angle minimal' par exemple). La plupart des descripteurs relatifs à la vitesse du navire sont bien projetés sur l'axe n°2 et sont corrélés positivement. Ces descripteurs apportent donc une information similaire. Afin de rendre l'analyse plus claire, une seconde ACP est réalisée, en ne gardant que les descripteurs quantitatifs jugés les plus pertinents à l'issue de cette première ACP.

La seconde ACP réalisée est celle avec les 13 descripteurs quantitatifs suivants : 'Durée totale', 'Distance totale', 'Vitesse moyenne', 'Écart-type vitesse', 'Écart-type Cap', 'Cap t-test', 'Angle Q₁', 'Angle Q₂', 'Angle Q₃', 'Angle moyen', 'Écart-type angle', 'Indice de compacité' et 'Indice de non-plier'.

Cette seconde ACP prend en compte une plus grande fraction de la variabilité du jeu de données restreint : les deux premiers axes factoriels expriment, à eux seuls, 68,3 % de l'inertie totale (contre 57,9 % précédemment). Ce pourcentage est relativement élevé et satisfaisant. Il indique que notre jeu de données est effectivement structuré par ces descripteurs. L'inertie cumulée avec les trois premiers axes atteint 77,4 % (Figure 9). L'étude des variables sur les trois premières dimensions semble alors suffisante pour comprendre l'essentiel du jeu de données.

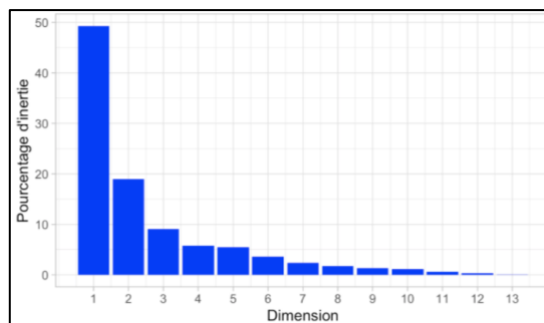


Figure 9 : Décomposition de l'inertie totale

Aucun individu particulier n'est remarqué. Toutes les opérations de pêche sont alors conservées.

Le graphique des variables (projection sur l'axe 1 et 2) montre que la plupart des descripteurs sont bien projetés (car proches du cercle) sur ce plan factoriel (Figure 10). Ils sont porteurs d'information et contribuent donc à la construction des axes. Les descripteurs 'Vitesse moyenne' et 'Écart-type Vitesse' sont les variables les moins bien projetées sur les deux premiers axes factoriels : ils expliquent moins la variabilité du jeu de données.

Les descripteurs relatifs aux angles (excepté 'Écart-type angle') sont globalement corrélés entre eux de façon positive. 'Durée totale' et 'Distance totale' sont également corrélés positivement. 'Indice de non-pliure' est négativement corrélée à 'Écart-type cap', 'Cap t-test', ainsi qu'à 'Durée totale'.

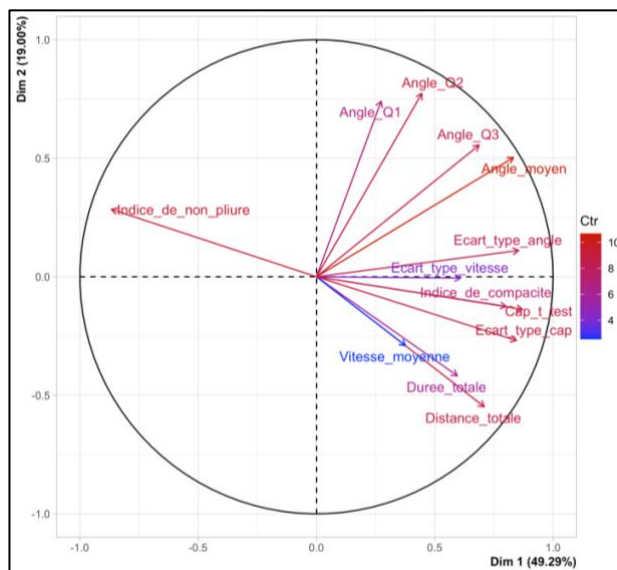


Figure 10 : Graphique des variables coloriées selon leur contribution

Les principales corrélations entre les descripteurs quantitatifs et les trois premiers axes de l'ACP sont détaillés dans le Tableau 7 ci-dessous.

Tableau 7 : Principales corrélations entre les descripteurs et les trois premiers axes (descripteurs ordonnés de manière décroissante)

	Axe 1	Axe 2	Axe 3
Corrélation positive	Cap t-test Écart-type cap Écart-type angle Angle moyen Indice de compacité Distance totale	Angle Q ₂ Angle Q ₁ Angle Q ₃ Angle moyen	Vitesse moyenne
Corrélation négative	Indice de pliure	Distance totale	Durée totale

Concernant les descripteurs qualitatifs, il est utile et intéressant de les prendre en compte pour la suite de l'étude. En effet, les descripteurs qualitatifs (et leurs modalités associées) expliquent et structurent en partie la variabilité du jeu de données. Ils serviront plus tard pour expliquer la typologie. Un test du Chi-deux permet de les ordonner selon leur aptitude à expliquer au mieux les distances entre individus dans le jeu de données. L'ordre est (du plus explicatif au moins explicatif) : 'Espèce' >>> 'Classe de taille' >> 'Côte/Large'.

3.2. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

Les dix premiers axes (sur 13) de l'ACP résument 99 % de l'information du jeu de données. Ceux-là sont conservés pour la classification.

Après calcul de la matrice de distance euclidienne, le dendrogramme (agrégé par la méthode de Ward) et les sauts d'inertie associés sont obtenus (Figure 11 et Figure 12).

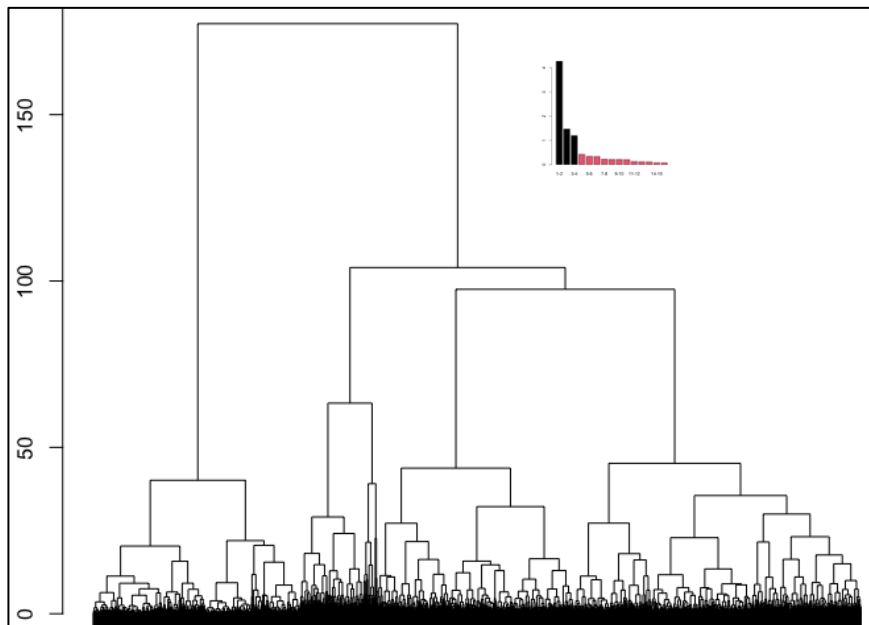


Figure 11 : Dendrogramme obtenu à la suite de la classification

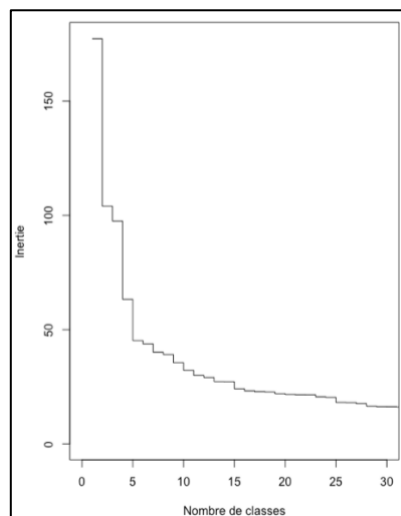


Figure 12 : Sauts d'inertie du dendrogramme

Au vu de la longueur de ses branches, le dendrogramme suggère une partition en deux ou quatre classes. Ce résultat est cohérent avec le graphique illustrant les sauts d'inertie du dendrogramme : le saut net à deux classes, puis celui à quatre classes sont facilement identifiables (Figure 12).

Afin de poursuivre sur une analyse plus fine des résultats, un niveau de coupure en quatre classes (et non deux classes) paraît judicieux et pertinent. Les opérations de pêche des fileyeurs identifiées dans le golfe de Gascogne sont donc réparties en quatre classes différentes.

Ce niveau de coupure en quatre classes est utilisé comme initialisation pour l'algorithme de partitionnement des K-means. La consolidation par la méthode des K-means amène à une répartition des individus dans les classes quasi identique. Une seule opération de pêche (sur 3344) se voit attribuer une classe différente après consolidation par la méthode des K-means.

Le dendrogramme ainsi que le graphique des individus de l'ACP coloriés selon leurs classes d'appartenance (après la consolidation par la méthode des K-means) est présenté en Figure 13.

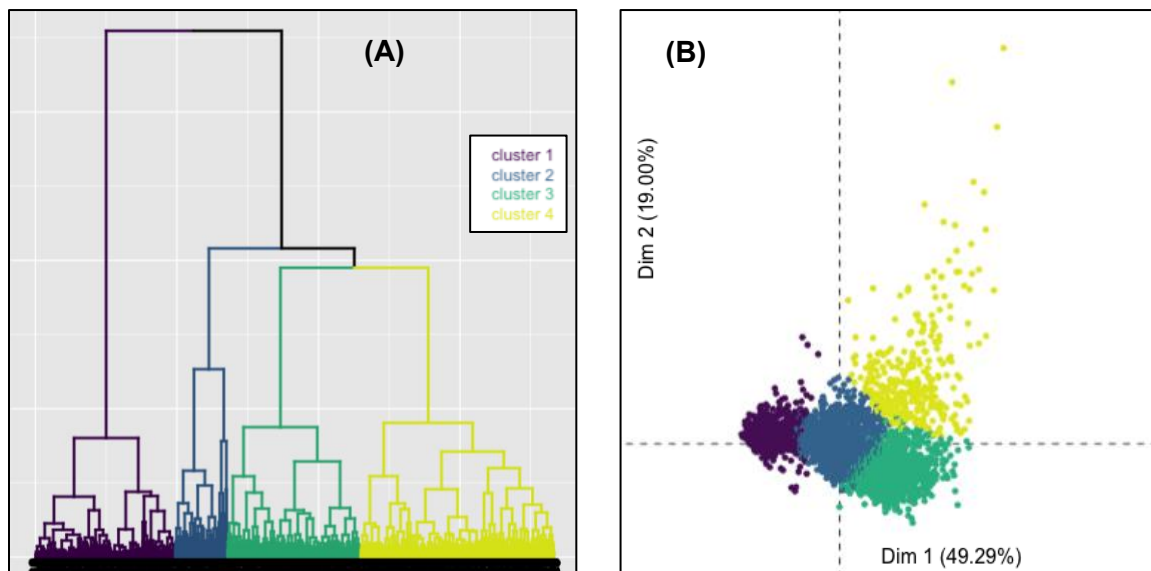


Figure 13 : Dendrogramme (A) et graphique des individus coloriés selon leurs classes d'appartenance (B)

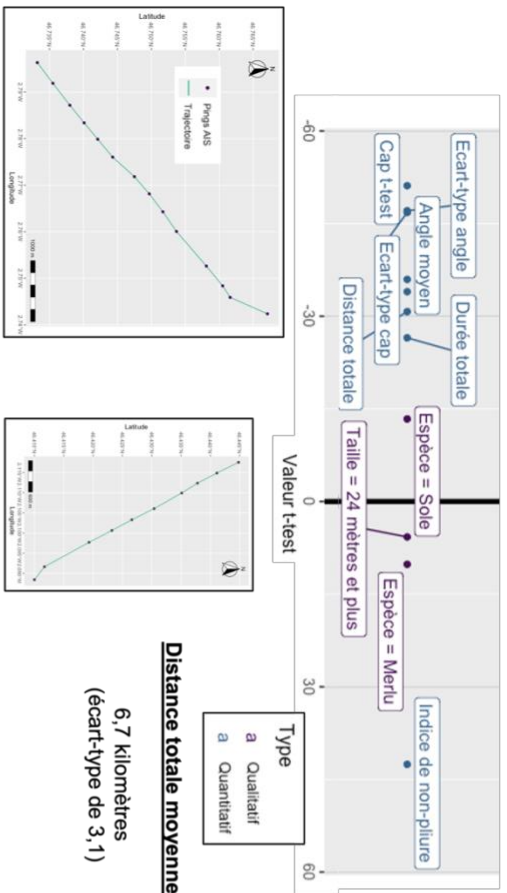
3.3. Caractérisation de la typologie

Jusque-là, la classification a permis de répartir les opérations de pêche des fileyeurs en quatre classes différentes, chacune représentant une stratégie de pêche (filage et virage) à priori particulière et distincte des autres classes. Chacune de ces classes est maintenant caractérisée afin d'aboutir à une typologie interprétable et compréhensible.

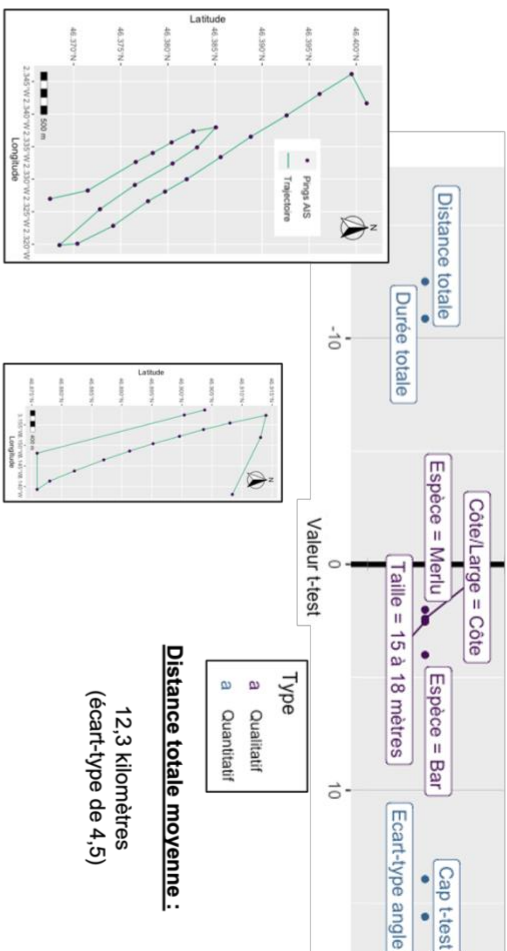
La caractérisation des classes se fait à partir des variables quantitatives et des modalités des variables qualitatives. Les classes sont également décrites et illustrées par leurs parangons respectifs (Tableau 8). Seules les variables et modalités les plus caractéristiques de chacune des quatre classes sont présentées sur les graphiques qui suivent.

Tableau 8 : Tableau synthétique des résultats de la classification

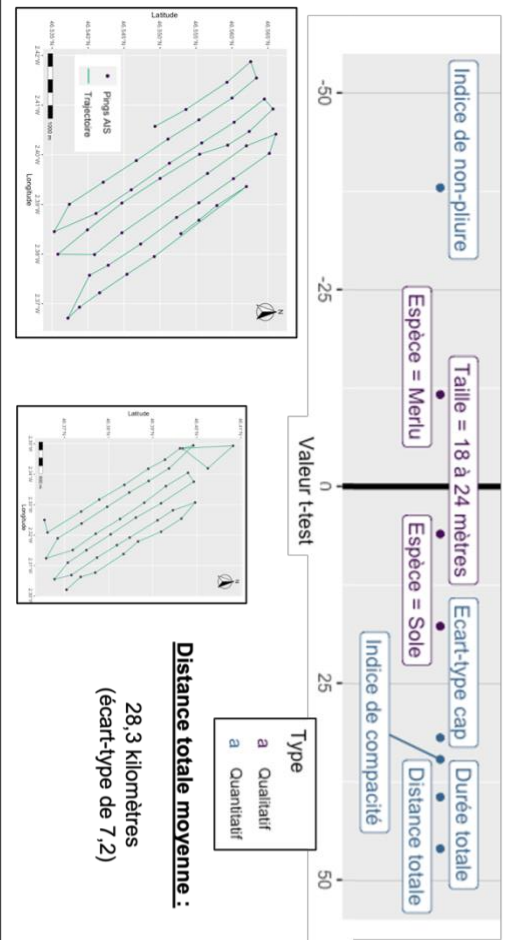
Classe n°1 : stratégie rectiligne (28 % des opérations de pêche)



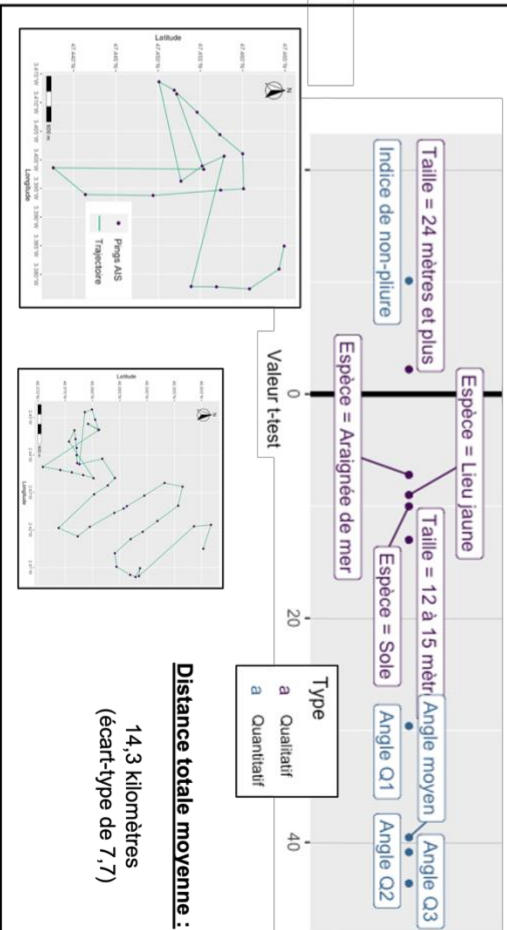
Classe n°2 : stratégie M/N/U (36 % des opérations de pêche)



Classe n°3 : stratégie accordéon (26 % des opérations de pêche)



Classe n°4 : stratégie angulaire (10 % des opérations de pêche)



- **Classe n°1 : stratégie rectiligne**

La classe n°1 regroupe 928 opérations de pêche, soit environ 28 % de l'ensemble des opérations de pêche. Les variables et modalités les plus caractéristiques de cette classe sont illustrées sur le Tableau 8.

La classe n°1 représente des fileyeurs qui empruntent la même direction tout au long de l'opération de pêche (valeurs faibles pour 'Angle moyen' et 'Écart-type angle'). Par ailleurs, ces fileyeurs maintiennent un cap relativement constant (valeurs faibles pour 'Écart-type cap' et 'Cap t-test') indiquant que les navires vont globalement dans le même sens, en plus d'aller dans la même direction. Ces résultats sont cohérents avec le fait que l'indice de non-plier est significativement plus élevé pour cette classe : la trajectoire du navire est une ligne quasi droite sans demi-tours (trajectoire non pliée). L'opération de pêche se déroule sur une distance relativement courte : 6,7 kilomètres en moyenne (comparée à la distance moyenne de 15 kilomètres des quatre classes).

Les parangons de cette classe sont de bons exemples pour visualiser la stratégie adoptée (Tableau 8). Il s'agit effectivement d'une trajectoire rectiligne, sans changement de cap majeur. D'où le nom donné à cette classe : la stratégie rectiligne.

Par ailleurs, les navires de plus de 24 mètres et le merlu (*Merluccius merluccius*) sont deux modalités caractéristiques de cette classe. A l'inverse, la sole commune (*Solea solea*) est significativement sous-représentée dans cette classe n°1.

- **Classe n°2 : stratégie M/N/U**

La classe n°2 regroupe 1217 opérations de pêche, soit environ 36 % de l'ensemble des opérations de pêche.

D'après le graphique présenté en Tableau 8, la classe n°2 rassemble des opérations de pêche de courte durée s'effectuant sur une courte distance : moyenne de 12,3 kilomètres (tout de même deux fois plus long que la classe n°1). Ces deux descripteurs sont d'ailleurs positivement corrélés. La variabilité autour de l'angle moyen est particulièrement forte (valeurs élevées pour 'Écart-type angle'). De plus, ces opérations de pêche ont la particularité de ne pas maintenir un cap régulier. Au contraire, les navires font parfois cap opposé lors de leur opération de pêche (valeur élevée pour 'Cap t-test').

Les parangons aident à mieux comprendre la classe n°2 : les trajectoires adoptées par les fileyeurs au sein de cette classe sont composées de plusieurs segments rectilignes relativement parallèles (Tableau 8). Ces segments rectilignes ont la même direction mais alternent de sens (cap opposé d'environ 180°). Le fileyeur avance en maintenant le cap sur une certaine distance, effectue un demi-tour en ayant pris le temps de se décaler de quelques mètres. Il continue sa route dans le sens opposé sur une distance similaire à celle du premier segment. Ce schéma semble se répéter une, deux ou trois fois : la forme géométrique ressemble globalement aux lettres M, N ou U. D'où le nom donné à cette classe : la stratégie M/N/U.

Le bar (*Dicentrarchus labrax*), suivi du merlu (*Merluccius merluccius*) sont les espèces significativement surreprésentées dans cette classe. Sont également surreprésentés dans cette classe, les navires de 15 à 18 mètres ainsi que les opérations de pêche se déroulant à la côte (< 12 MN).

- **Classe n°3 : stratégie accordéon**

La classe n°3 regroupe 882 opérations de pêche, soit environ 26 % de l'ensemble des opérations de pêche.

Les opérations de pêche de la classe n°3 sont des opérations de pêche plutôt longues, à la fois dans le temps (moyenne de 7,5 heures) et dans l'espace (moyenne de 28,3 kilomètres). L'indice de compacité élevé témoigne d'une forme géométrique plutôt compacte à l'inverse de la stratégie rectiligne (classe n°1). Le faible indice de non-plier décrit justement une trajectoire repliée sur elle-même. Il existe une forte variabilité autour du cap moyen (valeurs élevées pour 'Écart-type cap').

Les parangons sont assez caractéristiques et représentent relativement bien les trajectoires de cette classe (Tableau 8). Les trajectoires ressemblent à une succession de trajectoires de la stratégie M/N/U. Ici, les fileyeurs réalisent de nombreux segments rectilignes parallèles, en se décalant de plusieurs mètres dès lors que le navire fait cap opposé. Les segments rectilignes sont relativement équidistants. L'opération de pêche s'étale sur plusieurs dizaines de kilomètres, formant ainsi une trajectoire plutôt compacte sous forme d'accordéon. D'où le nom donné à cette classe : la stratégie accordéon.

Les navires de 18 à 24 mètres et la sole (*Solea solea*) sont deux modalités caractéristiques de cette classe. A l'inverse, le merlu (*Merluccius merluccius*) est une modalité sous-représentée dans cette classe.

- **Classe 4 : stratégie angulaire**

La classe n°4 regroupe 317 opérations de pêche, soit environ 10 % de l'ensemble des opérations de pêche.

Cette dernière classe regroupe des opérations de pêche ayant des trajectoires beaucoup plus hétérogènes que les trois autres classes. Leur point commun est la forte angularité de leurs trajectoires (valeurs élevées pour 'Angle Q₃', 'Angle Q₂', 'Angle Q₁' et 'Angle moyen'). Le faible indice de non-plier n'est pas vraiment interprétable pour cette classe car le navire emprunte de nombreuses directions différentes. Il permet simplement de dire que ces trajectoires ne sont pas du tout rectilignes (comme peuvent l'être celles de la classe n°1). La tendance qui semble se dégager de la classe n°4 est l'angularité des trajectoires. D'où le nom donné à cette classe : la stratégie angulaire.

Les deux parangons de cette classe témoignent de l'hétérogénéité de cette dernière classe (Tableau 8). Il est difficile de décrire ces trajectoires d'un point de vue géométrique.

Concernant les modalités des variables qualitatives, la sole (*Solea solea*), le lieu jaune (*Pollachius pollachius*) et l'araignée de mer (*Maja brachydactyla*) en tant qu'espèces principales débarquées sont des modalités surreprésentées dans cette classe. Les navires de 12 à 15 mètres sont surreprésentés tandis que ceux de plus de 24 mètres sont sous-représentés dans cette classe.

3.4. Pertinence de la classification et validité de la méthode

Les modalités des descripteurs 'Espèce' et 'Sous-flottille' caractéristiques de chaque classe sont présentées dans le Tableau 9.

Tableau 9 : Modalités des descripteurs 'Espèce' et 'Sous-flottille' caractéristiques des classes

	Espèce		Sous-flottille	
	Sous-représentée	Surreprésentée	Sous-représentée	Surreprésentée
Classe n°1	- Sole	- Merlu	/	- Fileyeurs du large à merlus dominants
Classe n°2	/	- Bar - Merlu	/	/
Classe n°3	- Merlu	- Sole	- Fileyeurs du large à merlus dominants	- Fileyeurs du large à soles dominants - Fileyeurs côtiers à soles dominants
Classe n°4	/	- Sole - Araignée de mer - Lieu jaune	- Fileyeurs du large à merlus dominants	- Fileyeurs côtiers à soles dominants - Fileyeurs côtiers à crustacés dominants

Les modalités en couleur indiquent une cohérence entre les deux descripteurs

La répartition des modalités des descripteurs au sein des classes est relativement cohérente. Pour la classe n°1, par exemple, le merlu est retrouvé à la fois en tant qu'espèce principale débarquée et en tant que sous-flottille surreprésentée (fileyeurs du large à merlus dominants). Pour la classe n°3, la sole est retrouvée à la fois en tant qu'espèce principale débarquée et en tant que sous-flottille surreprésentée (fileyeurs du large à soles dominants et fileyeurs côtiers à soles dominants). A l'inverse le merlu est une espèce sous-représentée tout comme la sous-flottille des fileyeurs du large à merlus dominants.

Il en est de même pour la classe n°4 avec la sole et l'araignée de mer qui coïncident avec les fileyeurs côtiers à soles dominants et ceux à crustacés dominants.

Le Tableau 9 ne présente aucune contradiction entre les deux jeux de données. Cette cohérence conforte les choix méthodologiques ayant permis d'aboutir à l'identification des fileyeurs sur le jeu de données AIS, à l'identification des opérations de pêche puis à cette classification.

4. DISCUSSION

L'étude a permis de classifier les stratégies de pêche individuelles des fileyeurs en quatre classes.

La stratégie dominante, la stratégie M/NU (36 % des opérations de pêche), correspond à des opérations de pêche où les fileyeurs posent leurs filets sur plusieurs centaines de mètres avant d'opérer un demi-tour, de continuer l'opération de pêche et de répéter ce schéma une, deux ou trois fois (la trajectoire ressemble aux lettres M, N ou U). Le bar et le merlu semblent être les espèces préférentiellement ciblées par cette stratégie.

La stratégie rectiligne (28 %) regroupe des fileyeurs (notamment de plus de 24 mètres) déployant leurs filets en ligne droite, sur quelques kilomètres seulement et ciblant principalement le merlu.

La stratégie accordéon (26 %) est représentée par de longues opérations de pêche en forme d'accordéon. Cette stratégie semble cibler préférentiellement la sole commune mais très peu le merlu.

Enfin la stratégie angulaire (10 %) correspond à des trajectoires très angulaires, non rectilignes et assez hétérogènes d'un point de vue géométrique. Les fileyeurs de 12 à 15 mètres sont caractéristiques de cette stratégie, contrairement à ceux de plus de 24 mètres.

Les résultats de cette étude sont issus d'un travail méthodologique avant tout exploratoire étant donné le peu d'études scientifiques ayant abordé les stratégies de pêche individuelles des fileyeurs. Néanmoins, lorsque cela fut possible, la méthodologie est inspirée de d'autres études portant notamment sur l'analyse des données VMS.

Pour illustration, l'étape de prétraitement des données est basée sur l'étude de Hintzen et al., 2012 qui détaille le package R 'VMStools'. Le cercle de rayon de 2 MN autour des ports de pêche est identique à celui utilisé dans l'algorithme ALGOPESCA développé par Ifremer (Système d'Informations Halieutiques, 2021). Par ailleurs, l'activité de pêche est déterminée à partir de la vitesse du navire, comme beaucoup d'autres études scientifiques (Campbell et al., 2014; Eastwood et al., 2007; Le Guyader et al., 2017; Lee et al., 2010; Natale et al., 2015; Peltier et al., 2021). Ici, la borne maximale de l'intervalle de vitesse (4,3 nœuds) est ajustée d'après les perspectives de l'étude de Weiss, 2020 indiquant que le seuil générique de 4,5 nœuds actuellement utilisé pour ALGOPESCA pourrait être abaissé pour les fileyeurs.

Les autres points méthodologiques mis en place furent exploratoires. Cette méthodologie exploratoire s'est accompagnée de choix réfléchis, parfois arbitraires. C'est notamment le cas pour les seuils permettant d'identifier les marées ainsi que les opérations de pêche.

Il est très probable que le seuil temporel de 40 minutes ait amené à une mauvaise identification de certaines marées (lorsque le navire rentre au port avec le système AIS éteint par exemple). Malgré tout, ce seuil a permis d'identifier 72 fileyeurs dans le jeu de données AIS sur les 73 fileyeurs potentiels (73 fileyeurs font plus de 15 mètres d'après Demaneche et al., 2019). Avec ce recul, le seuil peut donc être considéré comme très satisfaisant au vu de l'objectif de cette étude.

Pour l'identification des opérations de pêche, plusieurs seuils temporels et spatiaux ont d'abord été testés avant de fixer les seuils finaux. Ces seuils finaux permettent d'identifier des opérations de pêche visuellement cohérentes et réalistes (certains seuils aboutissaient à des opérations de pêche absurdes). Une analyse de sensibilité aurait pu être réalisée afin d'étudier l'influence des deux seuils sur le nombre de marées identifiées. Toutefois, une analyse de ce type n'était pas indispensable dans le cadre de cette étude.

Pour aider à fixer ces seuils et identifier les marées et les opérations de pêche le plus fidèlement possible, il aurait été intéressant d'avoir à disposition des données fiables sur plusieurs navires de pêche pratiquant le filet (données OBSMER par exemple où les marées et les opérations de pêche sont vérifiées et identifiées). Ainsi, il aurait été possible d'adapter ces seuils de manière à correspondre précisément à ces données de terrain.

4.1. Aspects limitants de l'étude

La présente étude permet de souligner l'intérêt des données AIS dans un objectif d'identification des stratégies individuelles de pêche. Comparée aux données VMS, la haute résolution temporelle des données AIS est une caractéristique particulièrement intéressante permettant de capter et d'analyser plus finement la trajectoire des navires de pêche. Toutefois, il est important de préciser que les données AIS et VMS utilisées dans cette étude présentent certaines limites.

Les systèmes AIS et VMS ne sont pas obligatoires pour tous les navires de pêche européens : tous les navires n'en sont pas équipés. Le système VMS est obligatoire pour tout navire de pêche professionnelle de plus de 12 mètres tandis que le système AIS est imposé sur tout navire de plus de 15 mètres. Le taux de couverture des navires de pêche (proportion des bateaux équipés de ces systèmes) peut alors être relativement faible (Russo et al., 2016). Pour illustration, le nombre de navires de pêche français actifs dans le golfe de Gascogne en 2018 était de 1486 navires. Parmi eux, 414 navires (près de 28 %) font plus de 12 mètres et 324 navires (près de 22 %) font plus de 15 mètres (Demaneche et al., 2019). En ce qui concerne les fileyeurs, la proportion des navires équipés de ces systèmes est moindre car la plupart des fileyeurs français sont des « petits » navires. Seulement 16 % et 13 % des fileyeurs français sont, respectivement, des navires de plus de 12 et 15 mètres (Demaneche et al., 2019). Les données AIS (et VMS dans une moindre mesure) utilisées pour cette étude ne rendent donc pas compte de l'activité des plus petits navires (opérant potentiellement plus à la côte). L'impact de la pêche côtière est alors sous-estimée (Pedersen et al., 2009; Russo et al., 2016), alors qu'il est prouvé qu'elle constitue une menace potentielle pour les populations de cétacés (Cruz et al., 2018; Zappes et al., 2013), comme pour le marsouin commun (*Phocoena phocoena*) en Europe.

Il est donc important de tenir compte de ce biais dans les données lors de la lecture des résultats.

La seconde difficulté concerne la représentativité des données AIS pour les navires étant équipés de ce système. En effet, le système AIS peut à tout moment tomber en panne. Le capitaine du navire peut aussi l'éteindre s'il le souhaite (Serry & Lévêque, 2015). Ce cas de figure a pu être constaté lors de la procédure d'appariement des données AIS et VMS : une fois l'appariement établi au niveau du code identifiant le navire, certains pings VMS n'avaient pas d'équivalent AIS (Figure 14). Autrement dit, le système VMS est actif dans des zones où le système AIS ne l'est pas toujours. Ces incohérences suggèrent une interruption volontaire ou technique de la transmission AIS, ce qui fausse inévitablement la représentation de l'activité de pêche en mer (Le Guyader et al., 2017; McCauley et al., 2016; Russo et al., 2016). Certaines opérations de pêche (qu'il est possible de deviner dans les zones de forte densité de pings VMS) sont donc invisibles à partir des données AIS seules.

Bien que les états européens doivent s'assurer de l'installation et du bon fonctionnement du système AIS sur les navires, il est aujourd'hui compliqué d'en assurer le bon usage (McCauley et al., 2016).

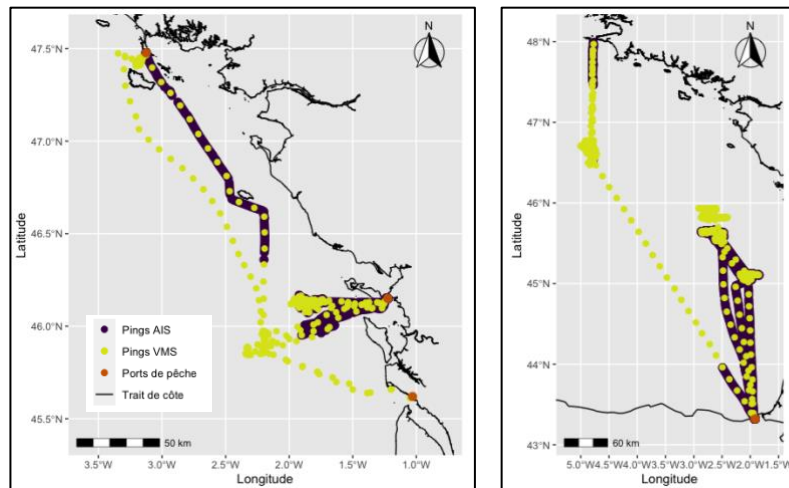


Figure 14 : Deux exemples de répartition spatiale des pings AIS et VMS d'un (supposé) même fileyeur

Une autre limite potentielle concerne la couverture spatiale du système AIS. Les messages AIS sont transmis par VHF et principalement captés par les autres navires aux alentours disposant eux aussi d'une VHF (mode navire-navire) ou par les stations à terre (mode navire-terre). De ce fait, la distribution spatiale des pings AIS peut être hétérogène : concentrée le long des côtes et/ou comporter des « zones blanches » (ie : avec peu de données). La question qui se pose est alors de savoir si l'absence de données est due à une réelle absence de l'activité de pêche ou bien à une déficience de transmission (Natale et al., 2015).

Toutefois, l'effort de pêche dans le golfe de Gascogne est l'un des plus intenses au monde (Kroodsma et al., 2018). La forte activité maritime dans cette zone permet très certainement d'atténuer cette limite de couverture spatiale. De plus, le développement récent des messages S-AIS (captés par les nouveaux satellites AIS) permet petit à petit de s'affranchir de cette limite et de réduire considérablement les « zones blanches » (McCauley et al., 2016). Tout navire équipé du système AIS est aujourd'hui aisément localisable, et ce à tout moment où il se trouve (Serry & Lévêque, 2015).

Les opérations de pêche identifiées dans cette étude regroupent des opérations de filage et des opérations de virage. Le filage correspond à l'étape de mise à l'eau du filet, il n'y a aucune capture lors de cette étape. A l'inverse, le virage correspond à la phase de remontée du filet à bord du bateau, lorsque les espèces sont capturées.

3344 opérations de pêche (sur 3665) trouvent correspondance avec les données Sacrois. Par analogie, ces 3344 opérations de pêche (91 %) seraient alors des opérations de virage puisque les données Sacrois renseignent sur les espèces capturées (donc sur l'étape du virage). Les 321 opérations restantes (9 %) seraient alors des opérations de filage. La disproportion est élevée : 91 % contre 9 %, alors que la théorie souhaiterait un quasi-équilibre (une opération de filage entraîne une opération de virage : 50 % et 50 %)

Pour autant, il n'y a aucune raison que la méthodologie mise en place puisse détecter davantage les opérations de virage plutôt que celles de filage. Il y a alors vraisemblablement des opérations de filage qui ont été injustement associées aux données Sacrois

Cette fausse association est probablement due au fait que lorsqu'un fileyeur vire un filet, il file ensuite un autre filet dans la même zone de pêche à quelques heures d'intervalle. Les espèces déclarées dans les données Sacrois sont alors associées à l'opération de virage (association correcte) mais aussi à l'opération de filage suivante (mauvaise association).

Toutefois, il est raisonnable de penser que la stratégie de virage adoptée par un fileyeur soit similaire à celle de filage adoptée par ce même fileyeur, le même jour, dans la même zone. Par ailleurs, la richesse et la composition spécifique des deux opérations de virage rapprochées dans le temps et dans l'espace d'un même fileyeur doivent être relativement proches. Les interprétations faites sur les stratégies de pêche et les espèces débarquées ont donc du sens, mais sont à prendre avec du recul.

4.2. Perspectives de l'étude

La méthodologie proposée dans cette étude ainsi que les résultats obtenus sont encourageants. Il est en effet possible d'analyser les stratégies de pêche assez finement à partir des données AIS. La méthode ouvre la porte à de nombreux axes de travail. De nouvelles pistes et problématiques pourraient être explorées avec la poursuite et le perfectionnement de ce travail. Les principales perspectives de cette étude sont discutées dans les paragraphes qui suivent.

D'un point de vue méthodologique, une perspective technique serait d'enrichir la liste des descripteurs utilisés pour caractériser chaque opération de pêche. Une liste plus longue permettrait potentiellement une analyse plus fine des stratégies individuelles des fileyeurs. Par exemple, la stratégie angulaire (classe n°4), qui regroupe des opérations de pêche hétérogènes, pourrait éventuellement être divisée en sous-classes. Idéalement, les sous-classes regrouperaient des opérations de pêche plus homogènes, éventuellement caractérisées par des nouveaux descripteurs (comme des descripteurs de nature géométrique : longueur de la diagonale du polygone, du segment le plus long, etc.) Un autre challenge serait de réussir à différencier une opération de filage d'une opération de virage. Théoriquement, la vitesse du navire lors d'une opération de filage est plus élevée que celle lors d'une opération de virage (le navire avance moins vite lors du virage car les matelots ont besoin de temps pour démailler les espèces prises dans le filet). Pour autant, les descripteurs relatifs à la vitesse ('Vitesse moyenne' et 'Écart-type vitesse') ne structurent pas réellement la variabilité du jeu de données et ne permettent donc pas de différencier le filage du virage. En effet, la vitesse du navire lors du virage dépend surtout de la quantité et du type d'espèce capturée : il n'existe pas de vitesse caractéristique lors d'une opération de virage. Néanmoins, des descripteurs relatifs à l'accélération instantanée (à chaque ping) comme la moyenne et l'écart-type de l'accélération pourraient être ajoutés à la liste afin de tenter de différencier les étapes de filage et de virage. L'hypothèse sous-jacente est que l'accélération d'un navire de pêche est plus constante (écart-type faible) lors d'une opération de filage. A l'inverse, un fileyeur en train de virer le filet alterne entre accélération et décélération (écart-type élevé) selon la quantité et le type d'espèce à démailler dans la portion du filet.

La présente étude a permis d'identifier, de classer et de caractériser les stratégies de pêche individuelles des fileyeurs français dans le golfe de Gascogne sur la période hivernale de 2017. Mais qu'en est-il de l'évolution de ces stratégies dans le temps ? Les stratégies de pêche chez les fileyeurs ont-elles évoluées ? Existe-t-il une tendance saisonnière ou annuelle ? La stratégie M/N/U est-elle toujours la stratégie dominante ? S'intéresser à l'évolution des stratégies de pêche dans le temps permettrait ainsi de répondre à ces questions et de tester de nombreuses hypothèses.

Dans le contexte de la hausse des captures accidentelles de dauphins communs, il serait particulièrement intéressant d'étudier les stratégies de pêche individuelles des fileyeurs avant puis après 2017. En effet, depuis 2017, le nombre d'échouages est particulièrement élevé. L'hypothèse suivante pourrait ainsi être testée : depuis 2017 chez les fileyeurs, y a-t-il eu des évolutions récentes dans leurs pratiques/stratégies de pêche qui pourraient contribuer à l'augmentation des effectifs d'échouages de dauphins communs.

Il s'agirait de réaliser la même étude sur les périodes hivernales de plusieurs années (de 2013 à 2021 par exemple). Une année serait prise comme année de référence (2017 par exemple, année marquée par un nombre d'échouages record). Les stratégies de pêche individuelles des fileyeurs pourraient être comparées de façon interannuelle. Il serait alors possible de voir s'il y a eu une évolution récente et significative dans les stratégies de pêche des fileyeurs et de faire le lien avec la hausse des échouages de dauphins communs.

Il serait aussi intéressant de confronter les résultats de cette étude à des données déjà existantes.

Par exemple, la répartition spatiale des opérations de pêche identifiées par la méthode serait comparée aux zones probables de mortalité par capture accidentelle des dauphins communs. Cela pourrait permettre d'améliorer les connaissances sur les pratiques de pêche pouvant engendrer des captures accidentelles.

Une approche complémentaire serait de rapprocher les opérations de pêche identifiées par la méthode à des données réelles de terrain. Les données réelles de terrain renseigneraient idéalement sur les opérations de pêche ayant entraîné un événement de capture accidentelle (données de type OBSMER ou données issues des déclarations des captures accidentelles des pêcheurs). Il serait alors possible, grâce à ces données, d'identifier parmi toutes les opérations de pêche identifiées, celles ayant entraîné un événement de capture accidentelle. La classification permettrait ensuite de déterminer les classes correspondantes à ces opérations de pêche ainsi que les variables caractéristiques de ces classes (Appartiennent-elles toutes à une même classe ? Quelles sont les variables qui caractérisent le plus les opérations de pêche amenant à une capture accidentelle ?). Si les opérations de pêche ayant entraîné une capture accidentelle appartiennent toutes à une seule et même classe, cela laisserait supposer que cette classe-là correspond à une stratégie potentiellement plus à risque vis-à-vis du phénomène des captures accidentelles de dauphins. La confrontation des résultats de la méthode avec un tel jeu de données pourrait permettre d'améliorer considérablement la connaissance sur les interactions entre les activités de pêche professionnelle et le dauphin commun.

Également, il faut savoir que la méthodologie mise en place pour cette étude est applicable aux différents engins de pêche. Le travail présenté ici se limite à l'étude des navires de pêche pratiquant le filet. Pour autant, à partir du moment où l'information sur l'engin de pêche est disponible dans un jeu de données externe, la méthodologie peut assurément être étendue à tous les autres engins de pêche. Il serait intéressant, par exemple, d'analyser les stratégies de pêche pour d'autres flottilles potentiellement impliquées dans les captures accidentelles de dauphins, comme les chalutiers pélagiques du golfe de Gascogne (Peltier et al., 2020). Toutefois, les stratégies de pêche d'un art traînant (comme le chalut pélagique) ne sont pas de même nature que les stratégies de pêche d'un art dormant (comme le filet). Les descripteurs permettant de décrire les opérations de pêche doivent donc être adaptés en conséquence.

Enfin, la méthodologie appliquée ici ne se limite pas à la problématique des captures accidentelles de mammifères marins et peut être appliquée pour des questions halieutiques beaucoup plus larges.

L'étude des stratégies de pêche à partir des données AIS peut en effet servir à analyser la distribution spatiale de l'activité de pêche, à estimer plus finement la distribution des espèces halieutiques ou encore à améliorer l'estimation de l'effort de pêche.

L'estimation de l'effort de pêche pour un art dormant tel que le filet est, aujourd'hui encore, fragile. En effet, cette estimation repose majoritairement sur la vitesse du navire (Le Guyader et al., 2017; Lee et al., 2010; Vespe et al., 2016) : en dessous d'un certain seuil de vitesse, le navire est considéré comme étant en activité de pêche. L'effort de pêche est ainsi estimé sur la base de cette activité de pêche. Si l'estimation de l'effort de pêche à partir de la vitesse du navire semble être pertinente pour les arts traînants, cela s'avère beaucoup plus délicat pour les arts dormants (filets notamment). En effet, il est raisonnable d'assimiler l'effort de pêche d'un chalutier à son temps passé en dessous d'un certain seuil de vitesse (le temps correspond alors grossièrement au temps passé à pêcher : le temps du trait de chalut). Pour autant, l'effort de pêche d'un fileyeur ne dépend pas de la vitesse du bateau mais plutôt de la longueur et de la hauteur du filet déployé et de son temps d'immersion dans l'eau (Fock, 2008; Lee et al., 2010). Avec cette méthode, leur effort de pêche est largement sous-estimé (Fock, 2008; Lee et al., 2010; Natale et al., 2015).

Ainsi, réussir à distinguer une opération de filage d'une opération de virage chez un fileyeur permettrait d'améliorer considérablement l'estimation de l'effort de pêche. Il suffirait de calculer le temps écoulé entre le filage et le virage, ce qui correspondrait alors au temps d'immersion du filet dans l'eau. Sous l'hypothèse que la distance totale parcourue par le fileyeur (lors de l'opération de pêche) correspond à la longueur du filet déployé, l'effort de pêche pourrait être exprimé en longueur de filet * temps d'immersion. Une donnée sur la hauteur du filet, bien que compliquée à obtenir, permettrait encore de gagner en précision. L'effort de pêche se rapprocherait alors du « temps de pêche engin », une approche beaucoup plus précise que le « temps de pêche navire », celui qui est actuellement estimé (Weiss, 2020).

5. CONCLUSION

Cette étude propose un fondement méthodologique permettant, à partir des données AIS, d'identifier puis de caractériser les stratégies de pêche individuelles des fileyeurs.

Le travail méthodologique a constitué le cœur de l'étude. Il fut décisif et déterminant dans le sens où il permet de souligner la pertinence et l'intérêt des données AIS dans un but d'identification des stratégies individuelles de pêche. Le recours à un jeu de données externe comme celui des données VMS est précieux et essentiel. Sans cela, il est très difficile d'identifier l'engin de pêche des navires et de cibler les flottilles d'intérêt.

La classification obtenue dans cette étude est satisfaisante : les descripteurs utilisés permettent de caractériser et de décrire correctement les classes. Hormis la stratégie angulaire qui regroupe des trajectoires géométriquement hétérogènes, les trois autres classes sont relativement homogènes et représentent la grande majorité des opérations de pêche identifiées (90 %). La méthodologie mise en place arrive ainsi à capturer et à expliquer la plupart du jeu de données AIS. Par ailleurs, la cohérence des résultats avec la typologie Ifremer conforte la méthodologie mise en place, qui peut ainsi être appliquée sur d'autres jeux de données.

Dans un contexte où le phénomène des captures accidentelles de dauphins communs est grandissant et constitue une réelle menace pour cette espèce protégée (ICES, 2020a), la méthodologie mise en place semble prometteuse pour une meilleure compréhension de ce phénomène. L'identification des stratégies de pêche individuelles à partir des données AIS offre en effet de nombreuses perspectives de travail.

Une perspective particulièrement intéressante est d'étudier l'évolution de ces stratégies de pêche sur les dernières années pour pouvoir identifier au plus près les pratiques de pêche susceptibles de capturer les dauphins communs. La finalité de ce travail est d'aider les gestionnaires à prendre les décisions les plus appropriées possibles. Plus la connaissance sur les interactions entre activités de pêche et dauphins communs sera fine, plus la gestion des pêches pourra être adaptée (et non pas généralisée à une trop large échelle). Les résultats de ces études peuvent par exemple amener à cibler les segments de flottilles nécessitant des attentions particulières (effort d'observation soutenu dans le cadre du programme ObsMer, caméras embarquées à bord des navires dans le cadre du projet OBSCAMe, etc.). Des mesures de gestion (portant sur la géométrie des engins de pêche ou bien sur la fermeture spatio-temporelle de l'activité de pêche par exemple) spécifiques aux segments de flottilles ou aux navires concernées par cette problématique seraient plus appropriés et justifiées.

Enfin, un travail comme celui-ci peut amener à repenser et à faire évoluer la réglementation concernant les conditions de l'équipement du système AIS sur les navires.

Le système AIS, en complément des données VMS, est une source d'information précieuse pour la gouvernance des océans (McCauley et al., 2016). L'amélioration de la connaissance sur les interactions entre les activités de pêche et le dauphin commun est nécessaire. Ces données AIS sont peut-être une des clés pour une gestion durable des écosystèmes marins, entre exploitation des ressources halieutiques et préservation de la biodiversité.

6. BIBLIOGRAPHIE

- Campbell, M. S., Stehfest, K. M., Votier, S. C., & Hall-Spencer, J. M. (2014). Mapping fisheries for marine spatial planning: Gear-specific vessel monitoring system (VMS), marine conservation and offshore renewable energy. *Marine Policy*, 45, 293-300. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2013.09.015>
- Cañadas, A., Donovan, G. P., Desportes, G., & Borchers, D. L. (2009). A short review of the distribution of short-beaked common dolphins (*Delphinus delphis*) in the central and eastern North Atlantic with an abundance estimate for part of this area. *NAMMCO Scientific Publications*, 7, 201-220. <https://doi.org/10.7557/3.2714>
- Certain, G., Ridoux, V., Van Canneyt, O., & Bretagnolle, V. (2008). Delphinid spatial distribution and abundance estimates over the shelf of the Bay of Biscay. *ICES Journal of Marine Science*, 65(4), 656-666. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsn046>
- Cruz, M. J., Machete, M., Menezes, G., Rogan, E., & Silva, M. A. (2018). Estimating common dolphin bycatch in the pole-and-line tuna fishery in the Azores. *PeerJ*, 6, e4285. <https://doi.org/10.7717/peerj.4285>
- Cury, P., Bertrand, A., Bertrand, S., Coll, M., Gros, P., Kifani, S., Le Loch, F., Maury, O., Menard, F., Renaud, F., Shannon, L., & Shin, Y.-J. (2016). The Ecosystem Approach to Fisheries: Reconciling Conservation and Exploitation. In A. Monaco & P. Prouzet (Éds.), *Tools for Oceanography and Ecosystemic Modeling* (p. 221-311). John Wiley & Sons, Inc.
- Dars, C., Dabin, W., Demaret, F., Meheust, E., Méndez-Fernandez, P., Peltier, H., Spitz, J., Caurant, F., & Van Canneyt, O. (2019). *Les échouages de mammifères marins sur le littoral français en 2019. Réseau National Echouages (RNE). Rapport annuel*. 41 pp. Observatoire Pelagis – UMS 3462, Université de La Rochelle / CNRS.
- Demaneche, S., Berthou, P., Le Blond, S., Bégot, E., Weiss, J., Biseau, A., & Leblond, E. (2019). *Amélioration de la connaissance de l'activité des fileyeurs dans le golfe de Gascogne - Analyse préliminaire*. 76 pp. Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00506/61725/>
- Direction des Pêches maritimes et Aquaculture, Observatoire Pelagis, UMS 3462, & Office Français pour la Biodiversité. (2019). *Captures accidentelles de petits cétacés en Atlantique. Bilan de l'hiver 2018-2019*. 42 pp.
- Eastwood, P. D., Mills, C. M., Aldridge, J. N., Houghton, C. A., & Rogers, S. I. (2007). Human activities in UK offshore waters: An assessment of direct, physical pressure on the seabed. *ICES Journal of Marine Science*, 64(3), 453-463. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsm001>
- Fock, H. O. (2008). Fisheries in the context of marine spatial planning: Defining principal areas for fisheries in the German EEZ. *Marine Policy*, 32(4), 728-739. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2007.12.010>
- Gascuel, D. (2007). *Dynamique des populations et gestion des stocks halieutiques. Support de cours en ligne*. 126 pp. Agrocampus Rennes / Campus numérique ENVAM éd.
- Hall, M. A., Alverson, D. L., & Metuzals, K. I. (2000). By-Catch: problems and solutions. *Marine Pollution Bulletin*, 41(1), 204-219. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(00\)00111-9](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(00)00111-9)
- Hartigan, J. A., & Wong, M. A. (1979). Algorithm AS 136: A K-Means Clustering Algorithm. *Applied Statistics*, 28(1), 100-108. <https://doi.org/10.2307/2346830>
- Hintzen, N. T., Bastardie, F., Beare, D., Piet, G. J., Ulrich, C., Deporte, N., Egekvist, J., & Degel, H. (2012). VMStools: Open-source software for the processing, analysis and visualisation of fisheries logbook and VMS data. *Fisheries Research*, 115-116, 31-43. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2011.11.007>
- Husson, F., Lê, S., & Pagès, J. (2016). *Analyse de données avec R* (2e éd. Revue et augmentée). Presses universitaires de Rennes.

- ICES. (2020a). EU request on emergency measures to prevent bycatch of common dolphin (*Delphinus delphis*) and Baltic Proper harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) in the Northeast Atlantic. *Report of the ICES Advisory Committee*, 2020. <https://doi.org/10.17895/ICES.ADVICE.6023>
- ICES. (2020b). Workshop on fisheries Emergency Measures to minimize BYCatch of short-beaked common dolphins in the Bay of Biscay and harbor porpoise in the Baltic Sea (WKEMBYC). *ICES Scientific Reports*, 2(43), 354 pp. <https://doi.org/10.17895/ICES.PUB.7472>
- Kroodsmma, D. A., Mayorga, J., Hochberg, T., Miller, N. A., Boerder, K., Ferretti, F., Wilson, A., Bergman, B., White, T. D., Block, B. A., Woods, P., Sullivan, B., Costello, C., & Worm, B. (2018). Tracking the global footprint of fisheries. *Science*, 359(6378), 904-908. <https://doi.org/10.1126/science.aao5646>
- Le Guyader, D., Ray, C., Gourmelon, F., & Brosset, D. (2017). Defining high-resolution dredge fishing grounds with Automatic Identification System (AIS) data. *Aquatic Living Resources*, 30, 39. <https://doi.org/10.1051/alr/2017038>
- Lê, S., Josse, J., & Husson, F. (2008). FactoMineR: An R Package for multivariate analysis. *Journal of Statistical Software*, 25(1), 1-18. <https://doi.org/10.18637/jss.v025.i01>
- Lee, J., South, A. B., & Jennings, S. (2010). Developing reliable, repeatable, and accessible methods to provide high-resolution estimates of fishing-effort distributions from vessel monitoring system (VMS) data. *ICES Journal of Marine Science*, 67(6), 1260-1271. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsq010>
- Lewison, R. L., Crowder, L. B., Read, A. J., & Freeman, S. A. (2004). Understanding impacts of fisheries bycatch on marine megafauna. *Trends in Ecology & Evolution*, 19(11), 598-604. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2004.09.004>
- Mannocci, L., Dabin, W., Augeraud-Véron, E., Dupuy, J.-F., Barbraud, C., & Ridoux, V. (2012). Assessing the impact of bycatch on dolphin populations: the case of the common colphin in the Eastern North Atlantic. *PLoS ONE*, 7(2), e32615. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032615>
- McCauley, D. J., Woods, P., Sullivan, B., Bergman, B., Jablonicky, C., Roan, A., Hirshfield, M., Boerder, K., & Worm, B. (2016). Ending hide and seek at sea. *Science*, 351(6278), 1148-1150. <https://doi.org/10.1126/science.aad5686>
- Meynier, L., Pusineri, C., Spitz, J., Santos, M. B., Pierce, G. J., & Ridoux, V. (2008). Intraspecific dietary variation in the short-beaked common dolphin *Delphinus delphis* in the Bay of Biscay: Importance of fat fish. *Marine Ecology Progress Series*, 354, 277-287. <https://doi.org/10.3354/meps07246>
- Morizur, Y., Demaneche, S., Dube, B., Gaudou, O., & Dimeet, J. (2012). *Les captures accidentelles de cétacés dans les pêches professionnelles françaises en 2011 : Rapport national sur la mise en oeuvre du règlement européen (CE) No 812/2004 – (année 2011)*. 37 pp. Ifremer. Les captures accidentelles de cétacés dans les pêches professionnelles françaises en 2011 : Rapport national sur la mise en oeuvre du règlement européen (CE) No 812/2004 – (année 2011)
- Murphy, S., Pinn, E. H., & Jepson, P. D. (2013). The short-beaked common dolphin (*Delphinus delphis*) in the North-eastern Atlantic: Distribution, ecology, management and conservation status. *Oceanography and Marine Biology*, 51, 193-280.
- Natale, F., Gibin, M., Alessandrini, A., Vespe, M., & Paulrud, A. (2015). Mapping fishing effort through AIS Data. *PLoS ONE*, 10(6), e0130746. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0130746>
- Neumann, D. R., & Orams, M. B. (2003). Feeding behaviours of short-beaked common dolphins, *Delphinus delphis*, in New Zealand. *Aquatic Mammals*, 29(1), 137-149. <https://doi.org/10.1578/016754203101023997>
- Pauly, D., Trites, A. W., Capuli, E., & Christensen, V. (1998). Diet composition and trophic levels of marine mammals. *ICES Journal of Marine Science*, 55(3), 467-481. <https://doi.org/10.1006/jmsc.1997.0280>
- Pebesma, E. (2018). Simple features for R: standardized support for spatial vector data. *The R Journal*, 10(1), 439-446. <https://doi.org/10.32614/RJ-2018-009>

- Pedersen, S. A., Fock, H., Krause, J., Pusch, C., Sell, A. L., Böttcher, U., Rogers, S. I., Sköld, M., Skov, H., Podolska, M., Piet, G. J., & Rice, J. C. (2009). Natura 2000 sites and fisheries in German offshore waters. *ICES Journal of Marine Science*, 66(1), 155-169. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsn193>
- Peltier, H., Authier, M., Caurant, F., Dabin, W., Daniel, P., Dars, C., Demaret, F., Meheust, E., Van Canneyt, O., Spitz, J., & Ridoux, V. (2021). In the wrong place at the wrong time: Identifying spatiotemporal co-occurrence of bycaught common dolphins and fisheries in the Bay of Biscay (NE Atlantic) from 2010 to 2019. *Frontiers in Marine Science*, 8, 704005. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.704005>
- Peltier, H., Authier, M., Dabin, W., Dars, C., Demaret, F., Doremus, G., Van Canneyt, O., Laran, S., Mendez-Fernandez, P., Spitz, J., Daniel, P., & Ridoux, V. (2020). Can modelling the drift of bycaught dolphin stranded carcasses help identify involved fisheries? An exploratory study. *Global Ecology and Conservation*, 21, e00843. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00843>
- Peltier, H., Authier, M., Deaville, R., Dabin, W., Jepson, P. D., Van Canneyt, O., Daniel, P., & Ridoux, V. (2016). Small cetacean bycatch as estimated from stranding schemes: The common dolphin case in the northeast Atlantic. *Environmental Science & Policy*, 63, 7-18. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.05.004>
- Peltier, H., Dabin, W., Daniel, P., Van Canneyt, O., Dorémus, G., Huon, M., & Ridoux, V. (2012). The significance of stranding data as indicators of cetacean populations at sea: Modelling the drift of cetacean carcasses. *Ecological Indicators*, 18, 278-290. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.11.014>
- Peters, K. J., Bury, S. J., Betty, E. L., Parra, G. J., Tezanos-Pinto, G., & Stockin, K. A. (2020). Foraging ecology of the common dolphin *Delphinus delphis* revealed by stable isotope analysis. *Marine Ecology Progress Series*, 652, 173-186. <https://doi.org/10.3354/meps13482>
- Read, A. J. (2008). The looming crisis: Interactions between marine mammals and fisheries. *Journal of Mammalogy*, 89(3), 541-548. <https://doi.org/10.1644/07-MAMM-S-315R1.1>
- Rogan, E., Read, A. J., & Berggren, P. (2021). Empty promises: The European Union is failing to protect dolphins and porpoises from fisheries by-catch. *Fish and Fisheries*, 22(4), 865-869. <https://doi.org/10.1111/faf.12556>
- Russo, T., D'Andrea, L., Parisi, A., Martinelli, M., Belardinelli, A., Boccoli, F., Cignini, I., Tordoni, M., & Cataudella, S. (2016). Assessing the fishing footprint using data integrated from different tracking devices: Issues and opportunities. *Ecological Indicators*, 69, 818-827. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.04.043>
- Serry, A., & Lévêque, L. (2015). Le système d'identification automatique (AIS) : Une source de données pour étudier la circulation maritime. *Netcom*, 29(1-2), 177-202. <https://doi.org/10.4000/netcom.1943>
- Spitz, J., Peltier, H., & Authier, M. (2018). *Évaluation du descripteur 1 « Biodiversité—Mammifères marins » en France Métropolitaine. Rapport scientifique pour l'évaluation 2018 au titre de la DCSMM*. 170 pp. Observatoire Pelagis – UMS 3462, Université de La Rochelle / CNRS.
- Système d'Informations Halieutiques. (2021). *Algorithme de traitement de données de géolocalisation ALGOPESCA. Note synthétique*. 20 pp. Ifremer. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00682/79405/>
- Vermard, Y., Rivot, E., Mahévas, S., Marchal, P., & Gascuel, D. (2010). Identifying fishing trip behaviour and estimating fishing effort from VMS data using Bayesian Hidden Markov Models. *Ecological Modelling*, 221(15), 1757-1769. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2010.04.005>
- Vespe, M., Gibin, M., Alessandrini, A., Natale, F., Mazzarella, F., & Osio, G. C. (2016). Mapping EU fishing activities using ship tracking data. *Journal of Maps*, 12, 520-525. <https://doi.org/10.1080/17445647.2016.1195299>
- Weiss, J. (2020). *Détermination des seuils de vitesse de pêche par flottille*. 60 pp. Ifremer. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00661/77340/>

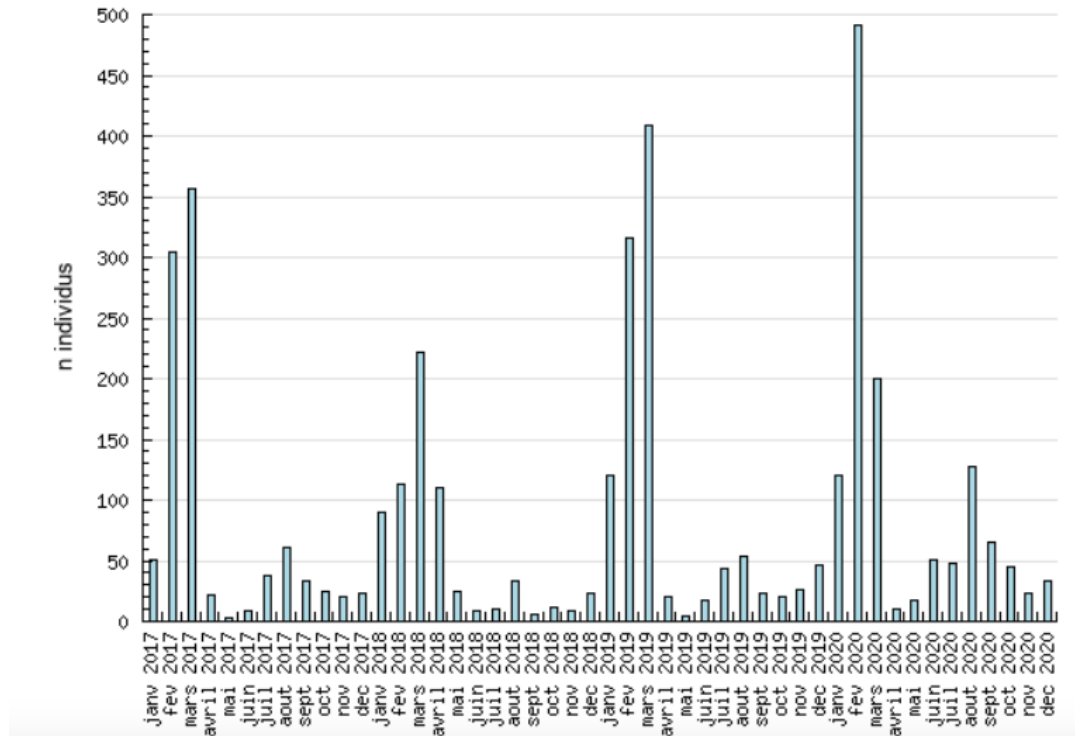
- Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L., François, R., Golemund, G., Hayes, A., Henry, L., Hester, J., Kuhn, M., Pedersen, T., Miller, E., Bache, S., Müller, K., Ooms, J., Robinson, D., Seidel, D., Spinu, V., ... Yutani, H. (2019). Welcome to the Tidyverse. *Journal of Open Source Software*, 4(43), 1686. <https://doi.org/10.21105/joss.01686>
- Zappes, C. A., Alves, L. C. P. de S., Silva, C. V. da, Azevedo, A. de F., Di Benedetto, A. P. M., & Andriolo, A. (2013). Accidents between artisanal fisheries and cetaceans on the Brazilian coast and Central Amazon: Proposals for integrated management. *Ocean & Coastal Management*, 85, 46-57. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2013.09.004>

7. SITOGRAFIE

- Agostinelli, C., & Lund, U. (2017). *R package 'circular': Circular Statistics (version 0.4-93)*. [En ligne]. Disponible sur : <https://r-forge.r-project.org/projects/circular/> (Consultée le 06 juillet 2021)
- Commission Européenne. (2020, juillet 2). *Procédures d'infraction du mois de juillet : Principales décisions*. [En ligne]. Disponible sur : https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/INF_20_1212 (Consultée le 02 août 2021)
- Observatoire Pelagis, UMS 3462. (2021). *Histogrammes & Cartes Echouage*. [En ligne]. Disponible sur : <http://pelagis.in2p3.fr/public/histo-carto/index.php> (Consulté le 05 août 2021)
- R Core Team. (2021). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.R-project.org/> (Consultée le 13 août 2021)

8. ANNEXES

Annexe 1 : Distribution mensuelle des échouages de *Delphinus delphis* recensés sur la façade atlantique française de 2017 à 2020 (Observatoire Pelagis, UMS 3462, 2021)



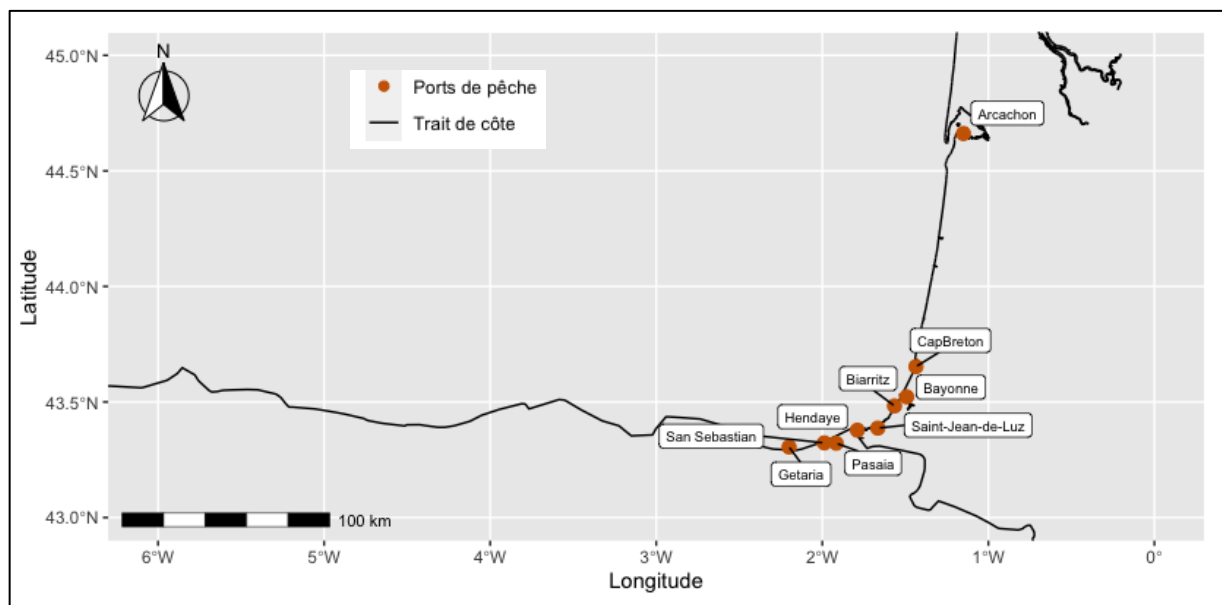
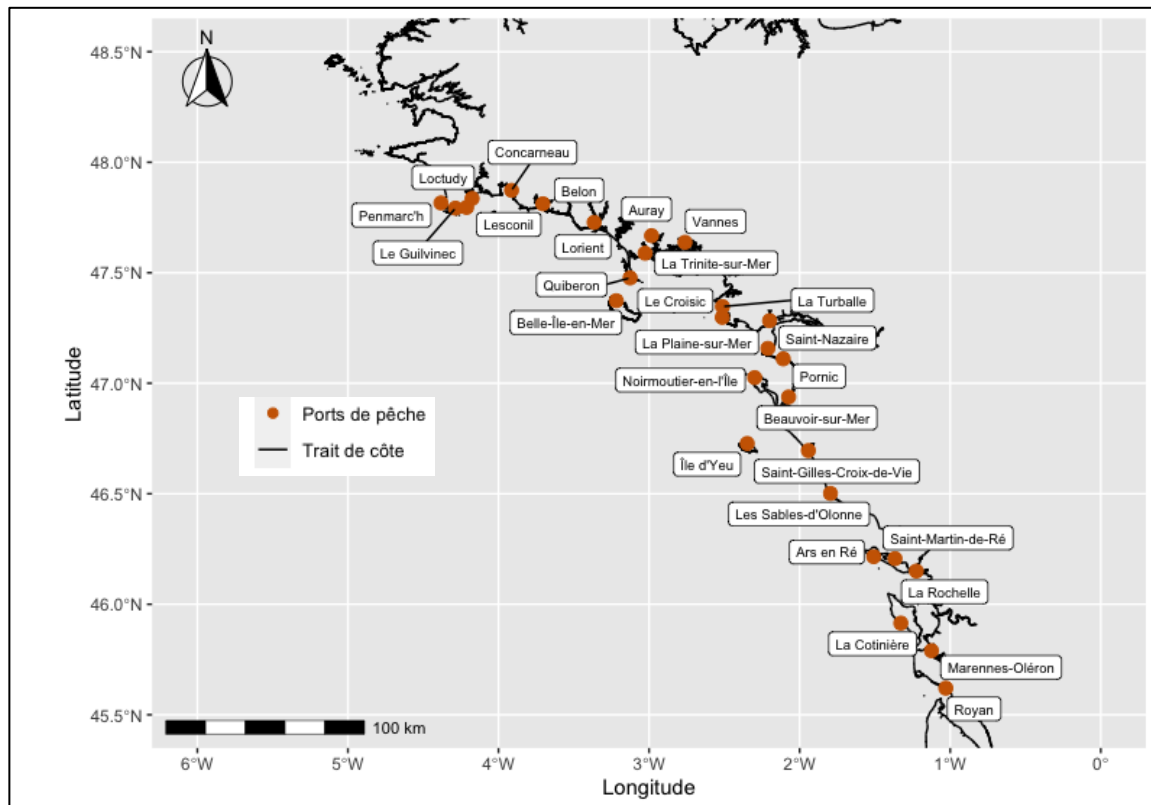
Annexe 2 : Typologie (en sous-flottes) des fileyeurs du golfe de Gascogne (Demaneche et al., 2019)

- 1) Fileyeurs fluviaux
 - a. Fileyeurs fluviaux à poissons anadromes dominants
 - b. Fileyeurs fluviaux à maigres dominants
- 2) Fileyeurs 3 milles
 - a. Fileyeurs 3 milles à divers espèces côtières
 - b. Fileyeurs 3 milles à seiches dominants
- 3) Fileyeurs côtiers
 - a. Fileyeurs côtiers à bars dominants
 - b. Fileyeurs côtiers à soles dominants
 - c. Fileyeurs côtiers à lieux jaunes dominants
 - d. Fileyeurs côtiers Fileyeur côtier à divers espèces côtières
 - e. Fileyeurs côtiers à seiches dominants
 - f. Fileyeurs côtiers à maigres dominants
 - g. Fileyeurs côtiers à crustacés dominants
- 4) Fileyeurs mixtes
 - a. Fileyeurs mixtes à soles dominants
- 5) Fileyeurs du large
 - a. Fileyeurs du large à merlus dominants
 - b. Fileyeurs du large à baudroies dominants
 - c. Fileyeurs du large à soles dominants

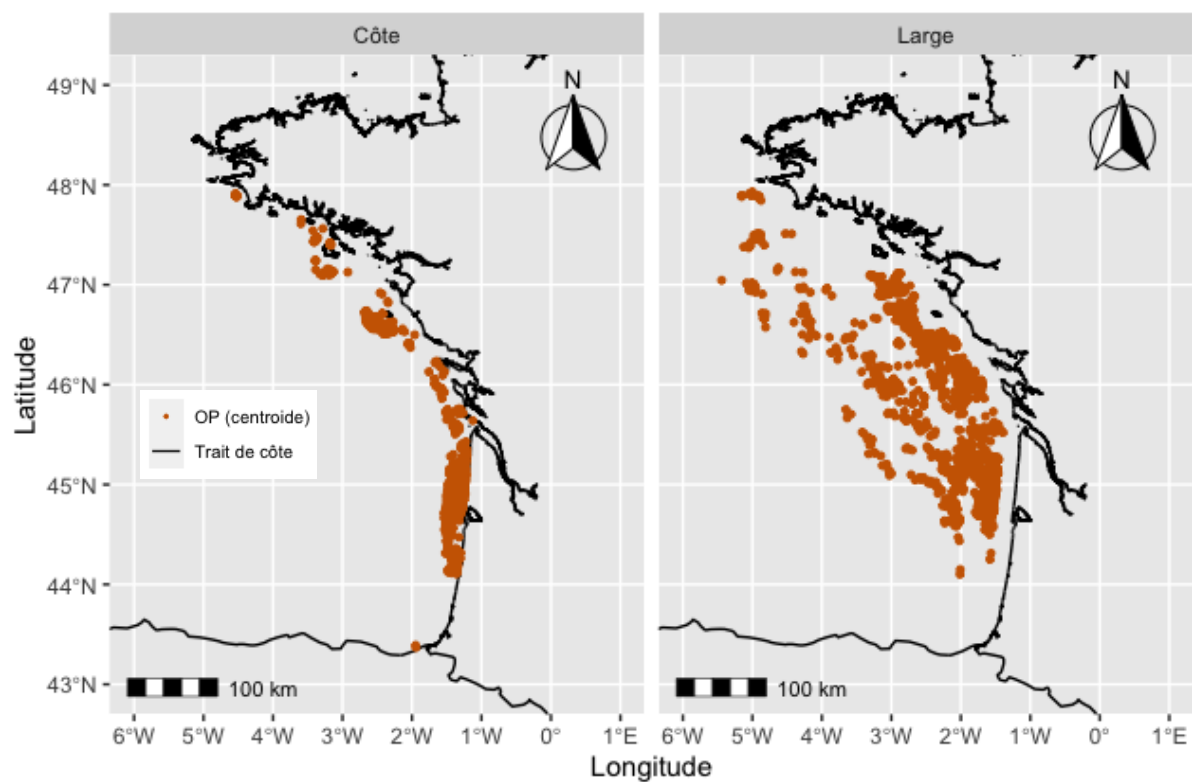
Annexe 3 : Variables du jeu de données Sacrois


Champ	Type	Description
VESSEL_FK	VARCHAR	Code anonyme du navire
PAVILLON	VARCHAR	Pavillon du navire (code ISO3)
CL_LONGUEUR	VARCHAR	Classe de longueur du navire (<=12m,]12-15],]15-18],]18-24], >24m)
QUARTIER_IMMAT_COD	VARCHAR	Code du quartier d'immatriculation du navire
QUARTIER_IMMAT_LIB	VARCHAR	Libellé du quartier d'immatriculation du navire
YEAR	NUMBER	Année
MONTH	NUMBER	Mois
DAY	NUMBER	Jour
ENGIN_FAO_COD	VARCHAR	Code FAO de l'engin
ENGIN_FAO_LIB	VARCHAR	Libellé FAO de l'engin
SQUARE	VARCHAR	Carré 3'3'
FISHING_TIME	NUMBER	Temps de pêche en heure par navire * jour * engin * carré 3'3'
ESPECE_FAO_COD	VARCHAR	Code FAO de l'espèce capturée
ESPECE_FAO_LIB	VARCHAR	Libellé de l'espèce capturée
QUANTITY	NUMBER	Quantité capturée en kg par navire * jour * engin * carré 3'3' * espèce

Annexe 4 : Cartographie des ports de pêche utilisés lors de l'étude



**Annexe 5 : Répartition spatiale du centroïde des opérations de pêche identifiées
(côte : < 12 MN ; large : > 12 MN)**



	<p><u>Diplôme</u> : Ingénieur agronome</p> <p><u>Spécialisation</u> : Sciences halieutiques et aquacoles (SHA)</p> <p><u>Option</u> : Ressources et écosystèmes aquatiques (REA)</p> <p><u>Enseignant référent</u> : Olivier Le Pape</p>
<p><u>Auteur</u> : Corentin Vignard</p> <p><u>Date de naissance</u> : 23/07/1997</p>	<p><u>Organisme d'accueil</u> : Observatoire Pelagis - UMS 3462</p> <p><u>Adresse</u> : 5 allée de l'Océan, 17000 La Rochelle</p>
<p><u>Nombre de pages</u> : 43 <u>Annexes</u> : 5</p>	<p><u>Maître de stage et encadrants</u> : Hélène Peltier, Matthieu Authier et Camille Deslias</p>
<p><u>Année de soutenance</u> : 2021</p>	
<p><u>Titre français</u> : Les données AIS pour comprendre les captures accidentelles de dauphins : identification et caractérisation des stratégies de pêche chez les fileyeurs du golfe de Gascogne</p>	
<p><u>English title</u>: AIS data to understand dolphin bycatch: identification and characterization of fishing strategies of netters in the Bay of Biscay</p>	
<p><u>Résumé</u> :</p>	
<p>Depuis 2017, le nombre d'échouages de dauphins communs sur les côtes françaises atteint des valeurs records. La plupart des carcasses échouées sont issues de captures accidentelles liées à l'activité de pêche. Dans le golfe de Gascogne, la pression induite par ces captures constitue une réelle menace pour cette espèce protégée. Le projet LICADO vise à limiter ces captures accidentelles. Ce stage s'inscrit dans l'un des axes de ce programme : amélioration de la connaissance sur les interactions entre activités de pêche et dauphin commun. Parmi les navires de pêche opérant dans cette zone, les fileyeurs français sont identifiés comme flottille susceptible de contribuer aux captures accidentelles. A partir des données AIS (données à haute résolution temporelle issues des navires en mer), l'objectif de cette étude est de mettre en place une méthodologie permettant d'identifier et de caractériser les stratégies de pêche individuelles de ces fileyeurs. La méthodologie mise en place a permis d'identifier puis de caractériser les stratégies de pêche en quatre classes : la stratégie rectiligne, M/N/U, accordéon et angulaire. Cette étude démontre l'intérêt des données AIS dans une perspective d'identification des stratégies de pêche. La validation de la méthode grâce à des données d'Ifrémer rend la méthode applicable à d'autres jeux de données et offrent de nombreuses perspectives. La poursuite de ce travail permettrait d'enrichir les connaissances sur le phénomène des captures accidentelles et pourrait fournir des éléments clés pour une meilleure gestion des écosystèmes marins.</p>	
<p><u>Abstract</u>:</p>	
<p>Since 2017, the number of strandings of common dolphins along the French coast has reached unprecedented records. Most of the stranded carcasses come from bycatch, linked to fishing activity. In the Bay of Biscay, the pressure induced by bycatch is a real threat for this protected species. The project LICADO aims to reduce bycatch. This study is part of one of the lines of this project: improvement of the knowledge on the interactions between fishing activity and common dolphin. Among the fishing vessels operating in this area, the French netters are identified as a fleet that could contribute to dolphin bycatch. Based on AIS data (high temporal resolution data coming from vessels at sea), the goal of this study is to set up a methodology allowing identification and characterization of the individual fishing strategies of French netters. The methodology put in place has made it possible to identify and then to characterize fishing strategies in four clusters: the straight, the M/N/U, the accordion, and the angular strategy. This study demonstrates the value of AIS data with the identification of fishing strategy in mind. The validation of the method with Ifremer data makes the method applicable to other data sets and offers many perspectives. The pursuit of this work would enrich the knowledge on bycatch and could provide key elements for a better management of marine ecosystems.</p>	
<p><u>Mots-clés</u> : Captures accidentelles ; <i>Delphinus delphis</i> ; Données AIS ; Fileyeurs ; Stratégies de pêche</p>	
<p><u>Key words</u>: Bycatch ; <i>Delphinus delphis</i> ; AIS data ; Netters ; Fishing strategies</p>	