

AGROCAMPUS OUEST

CFR Angers CFR Rennes

Année universitaire : 2020 - 2021

Spécialité :

Ingénieur agronome

Spécialisation (et option éventuelle) :

Sciences halieutiques et aquacoles, préparée à Agrocampus Ouest (Gestion des Pêches et des Ecosystèmes Continentaux et Côtiers)

Mémoire de fin d'études

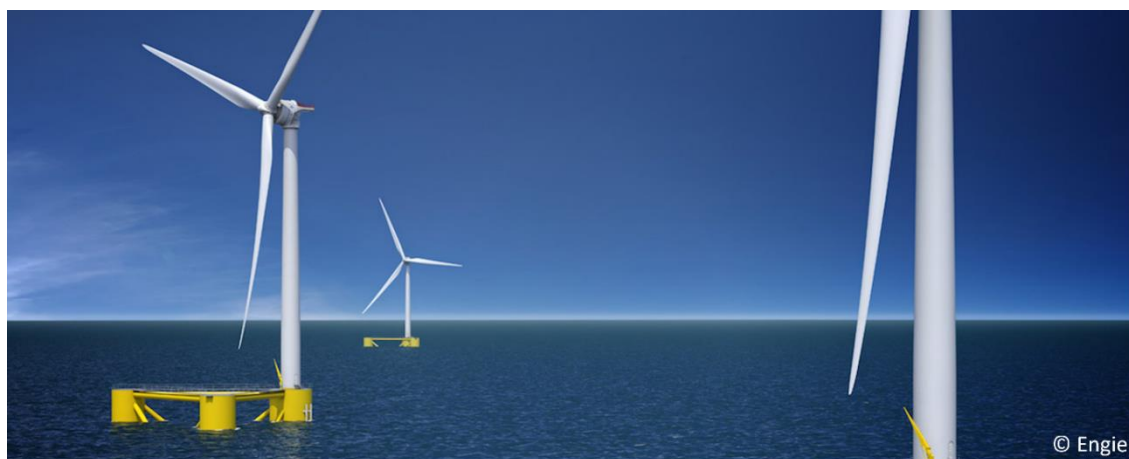
d'ingénieur d'AGROCAMPUS OUEST (École nationale supérieure des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage), école interne de L'institut Agro (Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement)

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)

Identification de zones de moindre contrainte pour l'implantation de parcs éoliens offshore flottants : une approche par la sensibilité des activités maritimes appliquée à la ferme pilote de Groix & Belle-Île

Par : Clara JARRY



Soutenu à Rennes le 16/09/2021

Devant le jury composé de :

Président : Jean-Eudes BEURET

Maîtres de stage : Cyril TISSOT, Damien LE GUYADER

Enseignant référent : Jérôme GUITTON

Autre membre du jury :

Olivier MUSARD, Chef du service Appui aux acteurs, mobilisation des territoires à la direction régionale Bretagne de l'Office français de la biodiversité

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

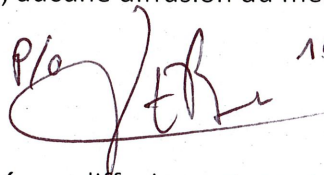
Fiche de confidentialité et de diffusion du mémoire

Confidentialité

Non Oui si oui : 1 an 5 ans 10 ans

Pendant toute la durée de confidentialité, aucune diffusion du mémoire n'est possible ⁽¹⁾.

Date et signature du **maître de stage** ⁽²⁾ :
(ou de l'étudiant-entrepreneur)

16/09/2021


A la fin de la période de confidentialité, sa diffusion est soumise aux règles ci-dessous (droits d'auteur et autorisation de diffusion par l'enseignant à renseigner).

Droits d'auteur

L'auteur ⁽³⁾ Nom Prénom JARRY Clara

autorise la diffusion de son travail (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)

Oui Non

Si oui, il autorise

la diffusion papier du mémoire uniquement ⁽⁴⁾

la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

la diffusion papier et électronique du mémoire (joindre dans ce cas la fiche de conformité du mémoire numérique et le contrat de diffusion)

(Facultatif) accepte de placer son mémoire sous licence Creative commons CC-By-Nc-Nd (voir Guide du mémoire Chap 1.4 page 6)

Date et signature de l'**auteur** :

16/09/2021 

Autorisation de diffusion par le responsable de spécialisation ou son représentant

L'enseignant juge le mémoire de qualité suffisante pour être diffusé (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)

Oui Non

Si non, seul le titre du mémoire apparaîtra dans les bases de données.

Si oui, il autorise

la diffusion papier du mémoire uniquement ⁽⁴⁾

la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

la diffusion papier et électronique du mémoire

Date et signature de l'**enseignant** :

16/09/2021 

(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

Je tiens à remercier tout particulièrement mes maîtres de stage Cyril et Damien pour leur encadrement sans faille durant ce stage de six mois. Merci à tous les deux pour votre disponibilité, pour avoir su me rassurer quand j'avais des doutes et pour vos conseils avisés qui m'ont permis (je l'espère !) de suivre la bonne direction. J'ai réellement apprécié ce sujet de recherche. Ce travail a été formateur à bien des égards, tant par la variété des tâches réalisées que par la diversité des acteurs rencontrés. Merci à vous deux pour cette belle expérience.

Je remercie les membres du laboratoire LETG-Brest qui sont toujours prêts à apporter leur aide en cas de besoin. Je pense en particulier à Ingrid, Mathias, Jeanne et Isabelle. Merci également aux autres stagiaires, Lara, Antoine et Gabriel, avec qui j'ai partagé ces six mois de stage.

Je remercie très chaleureusement mes enseignants référents, Jean-Eudes et Jérôme, pour leur suivi tout au long de ce travail. Jérôme, encore merci pour tes conseils en cartographie sur R et pour m'avoir répondu même pendant tes congés. Tu m'as aidée à avancer plus d'une fois !

Enfin, mes remerciements s'adressent naturellement à tous les représentants d'activités que j'ai eu la chance d'interroger et qui ont accepté de me recevoir malgré les conditions sanitaires actuelles.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	
TABLE DES MATIÈRES.....	
LISTE DES ABRÉVIATIONS, ACRONYMES ET SIGLES	
LISTE DES FIGURES.....	
LISTE DES TABLEAUX.....	
LISTE DES ANNEXES.....	
INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
PARTIE 1 – ÉTAT DE L’ART	3
1. Etude de la dynamique spatio-temporelle des activités maritimes.....	3
1.1. Les difficultés d’analyse en milieu marin	3
1.2. Données mobilisables pour la description spatio-temporelle des activités	3
2. Eléments de cadrage	4
2.1. Les activités maritimes : définitions et typologies	4
2.2. Les interactions entre activités maritimes	5
2.2.1. De l’interaction négative potentielle au conflit.....	5
2.2.2. Des interactions négatives, neutres ou positives	6
2.2.3. L’importance de la dimension temporelle	6
2.2.4. Grille de compatibilité des activités maritimes	6
2.3. Sensibilité, effet, impact : éléments de caractérisation	7
3. L’éolien offshore flottant : une technologie en plein essor.....	8
3.1. Une alternative à l’éolien offshore posé.....	8
3.2. Quelles conséquences pour les activités maritimes ?	8
PARTIE 2 – CADRE MÉTHODOLOGIQUE	11
1. Présentation du projet de PEOF de Groix & Belle-Île.....	11
2. Présentation de la zone d’étude : la Bretagne sud	12
3. Démarche méthodologique.....	13
3.1. Une typologie des activités maritimes en Bretagne sud	13
3.2. Données spatio-temporelles mobilisées et modalités d’acquisition.....	14
3.2.1. Données AIS.....	14
3.2.2. Données déclaratives	14
3.2.3. Données à dire d’acteurs.....	15
3.3. Traitement préliminaire : homogénéisation de l’information spatio-temporelle	16
3.4. Démarche d’analyse des interactions.....	17
3.4.1. Une évaluation à dire d’experts.....	17

3.4.2.	Interactions entre activités maritimes : quelle compatibilité ?.....	17
3.4.3.	Interactions entre activités maritimes et PEOF : quelle sensibilité ?.....	17
3.4.3.1.	Ancrage théorique et travaux antérieurs	17
3.4.3.2.	Application au cas des activités maritimes.....	19
3.4.3.2.1.	<i>Construction des typologies</i>	19
3.4.3.2.2.	<i>Choix des triplets étudiés</i>	20
3.4.3.2.3.	<i>Définition et estimation de l'indice de sensibilité</i>	22
PARTIE 3 – RÉSULTATS	.....	24
1.	Distribution spatio-temporelle des activités maritimes.....	24
2.	Analyse des interactions spatio-temporelles entre activités maritimes.....	24
2.1.	Toutes activités confondues	24
2.2.	Activités en interaction négative.....	25
2.2.1.	Grille de compatibilité des activités maritimes et calcul des intersections	25
2.2.2.	Zones conflictuelles.....	26
3.	Représentation de la sensibilité des activités maritimes au regard d'un PEOF pour l'identification de zones de moindre contrainte	28
3.1.	Estimation des indices de sensibilité	28
3.2.	Représentation cartographique de la sensibilité.....	30
4.	Une première approche de l'impact du PEOF de Groix & Belle-Île sur les activités maritimes.....	31
4.1.	Activités présentes sur la zone d'implantation	31
4.2.	Hierarchisation des activités selon leur sensibilité.....	32
PARTIE 4 – DISCUSSION	.....	33
1.	Difficultés et limites liées à la disponibilité des données géographiques	33
2.	Réflexions sur la méthode d'évaluation de la sensibilité	34
2.1.	Compréhension et appropriation de la méthode par les représentants.....	34
2.2.	Biais de l'évaluation à dire d'experts.....	34
2.3.	Une évaluation limitée à une seule pression	34
CONCLUSION GÉNÉRALE	.....	35
BIBLIOGRAPHIE	.....	36
SITOGRAFIE	.....	39
ANNEXES	.....	i

LISTE DES ABRÉVIATIONS, ACRONYMES ET SIGLES

ADEME. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie.

AIS. *Automatic Identification System.* Système d'identification automatique.

CDPMEM. Comité Départemental des Pêches Maritimes et des Elevages Marins.

CRML. Conférence Régionale Mer et Littoral.

CROSS. Centre Régional Opérationnel de Surveillance et de Sauvetage.

DCP. Dispositif de Concentration de Poissons.

DDTM. Direction Départementale des Territoires et de la Mer.

DMN. Déclaration de Manifestation Nautique.

EMR. Energie Marine Renouvelable.

FEFGBI. Ferme Eolienne Flottante de Groix & Belle-Île (maître d'ouvrage de la ferme pilote).

GES. Gaz à Effet de Serre.

GIS. Groupement d'Intérêt Scientifique.

GT ECUME. Groupe de Travail sur les Effets CUMulés des projets d'énergies Marines renouvelables sur l'Environnement marin.

MTES. Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire.

OMI. Organisation Maritime Internationale.

PEOF. Parc éolien offshore flottant.

PEOP. Parc éolien offshore posé.

RTE. Réseau de Transport d'Electricité (maître d'ouvrage du raccordement).

VALPENA. éVALuation des pratiques de PEches au regard des Nouvelles Activités.

VMS. *Vessel Monitoring System.* Système de suivi des navires.

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Structuration hiérarchique des activités maritimes (d'après Le Tixerant, 2004)	4
Figure 2. Eléments de définition des conflits (Le Guyader 2012).....	5
Figure 3. Echelle reprenant les différents types d'interaction entre activités maritimes (Bonnevie et al. 2019 ; échelle adaptée de Klinger et al. 2018).....	6
Figure 4. Grille de compatibilité entre activités maritimes à l'échelle du bassin maritime de Lorient (De Cacqueray 2011).....	7
Figure 5. Architecture d'une éolienne flottante du PEOF de Groix & Belle-Île (EOLFI 2021b)	11
Figure 6. Carte de la zone d'étude.....	12
Figure 7. Démarche générale pour l'évaluation de la sensibilité des composantes écosystémiques...	18
Figure 8. Représentation schématique des triplets (d'après Le Guyader 2020 ; Vries et al. 2011)	18
Figure 9. Représentation schématique des triplets étudiés dans le cadre du stage	21
Figure 10. Cartes représentant le nombre d'activités à l'échelle saisonnière	24
Figure 11. Grille de compatibilité des activités maritimes au niveau N3 de la typologie construite à partir des entretiens	25
Figure 12. Grille simplifiée de la somme des intersections spatio-temporelles entre activités maritimes au niveau N3 de la typologie (résultats exprimés en pourcentage du nombre total d'intersections) ..	26
Figure 13. Cartes représentant le nombre d'interactions négatives à l'échelle saisonnière.....	27
Figure 14. Cartes représentant l'intensité des interactions négatives à l'échelle saisonnière	27
Figure 15. Diagrammes en radar représentant les valeurs des différents indices par activité et pour les deux scénarios d'accès au PEOF	29
Figure 16. Représentation cartographique de la sensibilité des activités maritimes (scénario accès autorisé)	30
Figure 17. Représentation cartographique de la sensibilité des activités maritimes (scénario accès interdit)	31

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Typologie des activités maritimes identifiées en Bretagne sud	13
Tableau 2. Synthèse des provenances des données spatio-temporelles utilisées dans l'étude	14
Tableau 3. Synthèse des caractéristiques des données spatio-temporelles utilisées dans l'étude.....	16
Tableau 4. Typologie des pressions exercées par les activités liées aux PEOF	19
Tableau 5. Typologie des impacts potentiels des PEOF sur les activités maritimes	20
Tableau 6. Typologie des activités liées aux parcs éoliens offshore posés et flottants (adaptée de GT ECUME 2020).....	21
Tableau 7. Correspondance entre les modalités de réponse, les scores et les niveaux de résistance, de résilience spatiale et de résilience de développement.....	23
Tableau 8. Calcul de l'indice de sensibilité	23
Tableau 9. Discrétisation des moyennes des indices de sensibilité	30
Tableau 10. Sommes des indices de présence des activités présentes sur la zone d'implantation (par ordre décroissant).....	32
Tableau 11. Hiérarchisation des activités présentes sur la zone d'implantation selon leurs indices de sensibilité	32

LISTE DES ANNEXES

Annexe I. Guide utilisé pour la conduite d'entretien (version générique)	i
Annexe II. Représentation schématique de la méthode d'optimisation spatiale utilisée dans le cadre du projet APPEAL (Le Guyader 2019).....	ii
Annexe III. Cartes représentant la somme des indices de présence à l'échelle saisonnière pour toutes les activités confondues	iii
Annexe IV. Cartes représentant la somme des indices de présence à l'échelle saisonnière pour le transport maritime	iv
Annexe V. Cartes représentant la somme des indices de présence à l'échelle saisonnière pour le transport de passagers.....	v
Annexe VI. Cartes représentant la somme des indices de présence à l'échelle saisonnière pour le transport commercial	vi
Annexe VII. Cartes représentant la somme des indices de présence à l'échelle saisonnière pour les activités nautiques	vii
Annexe VIII. Carte représentant la somme des indices de présence à l'échelle annuelle pour la pêche professionnelle	viii
Annexe IX. Grille brute de la somme des intersections spatio-temporelles entre activités au niveau N3 de la typologie	ix
Annexe X. Proportion du pv95 de chaque groupe d'engins de pêche en fonction du pv95 total (en pourcentage) (Geo4Seas 2021)	x
Annexe XI. Attribution des groupes d'engins de pêche à une classe de résilience spatiale en fonction de leur pv95 (Geo4Seas 2021).....	xi
Annexe XII. Valeurs brutes des critères de résistance, de résilience spatiale et de résilience de développement collectées pendant les entretiens	xii
Annexe XIII. Représentation cartographique de la sensibilité des activités maritimes (scénario accès autorisé, sans discrétisation).....	xiii
Annexe XIV. Représentation cartographique de la sensibilité des activités maritimes (scénario accès interdit, sans discrétisation).....	xiv

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Véritable pierre angulaire de l'évolution des sociétés humaines, la problématique énergétique s'impose comme l'une des principales préoccupations sociales, géopolitiques et environnementales de notre ère. Depuis maintenant plusieurs décennies, cette problématique s'imprègne de plus en plus d'une volonté de transition énergétique. L'enjeu n'est plus seulement de produire de l'énergie, mais de produire mieux et de consommer de manière plus raisonnée. La transition énergétique repose en partie sur les énergies renouvelables dont le développement doit permettre de répondre à un défi double : renforcer la sécurité énergétique tout en réduisant les émissions de gaz à effet de serre (GES). Alors que les conséquences du changement climatique deviennent une évidence, la production d'énergie apparaît comme l'un des principaux facteurs d'émission anthropique de GES, notamment en raison de l'exploitation massive d'énergies fossiles (pétrole, charbon, gaz) (GIEC 2021). De ce constat naît une dynamique politique mondiale et européenne de reconstruction du modèle énergétique initié après la seconde guerre mondiale. Dans le cadre du Paquet Energie-Climat 2020 adopté en 2008, l'Union européenne fixait l'objectif juridiquement contraignant d'une contribution à hauteur de 20 % des énergies renouvelables dans sa consommation totale d'énergie en 2020 (Commission européenne 2016). Cet objectif a été revu à la hausse en 2014 avec le Paquet Energie-Climat 2030 ; la part des énergies renouvelables doit désormais atteindre 32 % à l'horizon 2030 (Parlement européen 2020). En France, ces plans d'action européens ont été traduits dans la législation nationale avec l'adoption de la loi sur la transition énergétique en 2015 qui faisait suite aux lois Grenelle I (2009) et Grenelle II (2010). Cette loi établit plusieurs objectifs ambitieux dont une consommation d'énergie à 32 % d'origine renouvelable et une baisse de 50 % de l'énergie nucléaire utilisée d'ici 2030 et 2035 respectivement (MTES 2019b). Dans cette perspective, la France s'est dotée en 2018 de la Programmation Pluriannuelle de l'Energie, un document de pilotage qui fixe tous les cinq ans les priorités d'actions des pouvoirs publics dans le secteur de l'énergie (MTES 2019a).

A l'échelle mondiale, une part importante de l'augmentation de la production d'énergie renouvelable concerne les zones offshore avec le développement des énergies marines renouvelables (EMR) (Yates, Bradshaw 2018). En Europe, les différents bassins maritimes contribuent de manière inégale à l'expansion des EMR. Les pays d'Europe du Nord comptent le plus grand nombre de fermes éoliennes offshore installées, faisant de l'Europe le leader mondial de l'éolien en mer (Stelzenmüller *et al.* 2020). Avec près de 11 millions de km² de domaine maritime (Le Marchand 2020), la France détient un potentiel conséquent pour l'exploitation d'énergies marines. Afin de soutenir leur développement, l'Etat français a lancé plusieurs appels d'offres depuis 2011. Toutefois, la concrétisation des projets d'EMR est freinée par des défis technologiques et sociétaux, ces derniers mettant en jeu des questions d'acceptabilité et d'acceptation sociales (Lalancette *et al.* 2019). D'une vacuité apparente pour le moins trompeuse, la mer est en réalité utilisée par de nombreuses activités humaines. Les EMR doivent dès lors s'intégrer dans un milieu déjà convoité par maints usages dont l'ancienneté et le caractère historique renforcent pour certains la légitimité d'occupation de l'espace. L'augmentation et la concentration des usages, en particulier au niveau des zones côtières, posent des problèmes de compétition spatiale et d'impact sur les écosystèmes concernés. Adoptée en 2014 par l'Union européenne, la directive pour la planification de l'espace maritime (PEM 2014/89/UE) doit permettre de répondre à ces enjeux et d'œuvrer en faveur d'une gestion intégrée de la mer (Le Guyader, Le Tixerant 2019). Les objectifs de la planification sont notamment de réduire les conflits entre les différents intérêts pour l'espace maritime et de créer des synergies entre les activités tout en protégeant l'environnement (Göke *et al.* 2018).

Dans ce contexte, il est primordial de comprendre les interactions intervenant d'une part entre les activités humaines, et d'autre part entre les activités humaines et l'environnement. Ces questions font l'objet de nombreux travaux de recherche. Certains projets portent tout particulièrement sur les enjeux d'intégration de nouvelles activités humaines en mer. C'est le cas du projet de recherche

APPEAL (« Approche socio-écosystémique de l'impact des parcs éoliens flottants ») dans lequel s'inscrit directement mon stage. Ce projet s'intéresse à l'intégration socio-économique et environnementale des parcs éoliens offshore flottants (PEOF) sur les côtes métropolitaines françaises. Il s'appuie sur deux sites de développement de PEOF pilotes : Groix & Belle-Île (Atlantique) et Leucate (Méditerranée). Résolument innovant, le projet APPEAL cherche à fournir une vision intégrée de l'impact des EMR qui fait défaut dans les travaux menés jusqu'à présent. L'objectif principal est de proposer une démarche méthodologique visant, d'une part, à mesurer les impacts des PEOF sur les socio-écosystèmes côtiers et, d'autre part, à identifier des zones de moindre contrainte pour l'implantation de telles infrastructures. Il s'agit de favoriser leur intégration en limitant les impacts négatifs, à la fois pour l'environnement et les autres activités maritimes.

Il existe actuellement peu d'informations sur l'impact de l'éolien flottant étant donné son stade de maturité technologique peu avancé. Par ailleurs, les connaissances relatives à l'impact des EMR en général sont essentiellement centrées sur les incidences écologiques et environnementales. Aussi, le présent travail vise à apporter des éléments de connaissance concernant l'impact des PEOF sur les activités maritimes. Il s'agit notamment d'aborder les impacts potentiels du futur PEOF de Groix & Belle-Île sur les activités maritimes présentes en Bretagne sud. Bien qu'il s'applique à un site en particulier, ce travail a surtout une visée méthodologique. L'objectif majeur est de construire une approche par la sensibilité des activités maritimes pour l'identification de zones propices à l'implantation de futurs PEOF. Le stage comporte deux volets principaux :

- i) **L'analyse des interactions spatio-temporelles entre les activités maritimes.** Ce premier volet repose sur la réalisation d'un état des lieux des activités maritimes présentes en Bretagne sud (hors PEOF) et sur l'élaboration de cartographies d'interactions à l'échelle saisonnière. L'objectif est de connaître la distribution spatio-temporelle des activités, d'identifier les zones de plus forte concentration et de mettre en évidence les interactions négatives potentielles entre activités.
- ii) **L'analyse de la sensibilité des activités maritimes potentiellement impactées par un PEOF.** Ce second volet consiste en premier lieu à proposer une démarche méthodologique générique afin d'évaluer la sensibilité des activités maritimes au regard de la pression d'occupation spatiale exercée par un PEOF. L'objectif est notamment de fournir une représentation cartographique de la sensibilité des activités permettant l'identification de zones de moindre contrainte à l'échelle de la Bretagne sud. Une contribution à l'évaluation de l'impact du PEOF de Groix & Belle-Île sur les activités maritimes est ainsi proposée.

Mon travail est guidé par la problématique suivante : ***Comment identifier des zones de moindre contrainte pour l'implantation de PEOF en tenant compte des activités maritimes déjà présentes et de leurs sensibilités respectives ?***

Afin d'y répondre, ce mémoire s'organise en quatre parties :

La **partie 1** propose un état de l'art des travaux portant sur l'étude de la dynamique spatio-temporelle des activités maritimes. Les difficultés posées par ce type d'étude sont rappelées. Les concepts nécessaires à une bonne compréhension du travail sont expliqués. Cette partie présente également la technologie de l'éolien offshore flottant et ses impacts potentiels sur les activités maritimes.

La **partie 2** expose le cadre méthodologique pour l'analyse des interactions entre les activités maritimes et l'évaluation de la sensibilité des activités au regard d'un PEOF. Le contexte du projet de PEOF de Groix & Belle-Île est présenté. Les ressources mobilisées ainsi que leurs modalités d'acquisition et de traitement sont détaillées.

La **partie 3** présente les résultats du travail, notamment sous forme de restitutions cartographiques. Enfin, la **partie 4** revient sur les apports méthodologiques de ce travail, les difficultés et limites rencontrées ainsi que sur les perspectives de recherche.

PARTIE 1 – ÉTAT DE L'ART

1. Etude de la dynamique spatio-temporelle des activités maritimes

1.1. Les difficultés d'analyse en milieu marin

Avant d'aborder plus en détail les modalités d'étude des activités maritimes, il convient de rappeler certaines difficultés inhérentes aux travaux portés sur le milieu marin. En effet, ces travaux se heurtent à plusieurs difficultés d'ordre méthodologique. Celles-ci sont en grande partie liées aux spécificités du milieu marin ainsi qu'à la disponibilité et à la qualité des données géographiques en mer.

Contrairement au milieu terrestre, la mer est un espace ouvert caractérisé par le flou de ses limites. Cette absence de limites physiques fixes, de même que l'absence de notion de propriété privée, compliquent la circonscription du déroulement des activités maritimes. La description des activités humaines est d'autant plus délicate qu'elles peuvent exploiter une ou plusieurs dimensions de l'espace maritime : la surface, la colonne d'eau ou le fond. Aussi, les activités humaines en mer se caractérisent par une forte variabilité spatiale et temporelle qui les rend difficiles à appréhender (Le Tixerant 2004 ; Le Guyader 2012).

En outre, les données renseignant à la fois les dimensions spatiale, temporelle et quantitative des activités humaines en mer sont relativement limitées (St. Martin, Hall-Arber 2008 ; Le Guyader 2012). Lorsqu'elles existent, ces données sont souvent partielles ou trop agrégées pour permettre une description précise du déroulement spatio-temporel des activités. Par ailleurs, les données sont de nature hétérogène (différents formats, différentes résolutions spatiales et temporelles) et détenues par différents organismes, ce qui complexifie à la fois la collecte et le traitement de l'information. Cette hétérogénéité soulève également des questions relatives à l'incertitude et à la qualité des données géospatiales.

1.2. Données mobilisables pour la description spatio-temporelle des activités

L'étude de la dynamique spatio-temporelle des activités maritimes nécessite l'utilisation de données renseignant à la fois leur emprise spatiale, leur dynamique temporelle et leur intensité en matière d'effectifs. Ces données hétérogènes proviennent de multiples sources. Quatre catégories de données peuvent classiquement être distinguées :

Les données « d'objets mobiles ». Ces données géolocalisées renseignent la position d'un navire (coordonnées géographiques) à des intervalles de temps discrets à plus ou moins haute fréquence. Il s'agit notamment des données AIS (*Automatic Identification System* – système d'identification automatique) et des données VMS (*Vessel Monitoring System* – système de suivi des navires de pêche). Initialement prévus pour la sécurité maritime (AIS) ou le contrôle des navires (VMS), ces systèmes de surveillance satellitaire assurent l'obtention d'une information continue sur la distribution spatio-temporelle de certaines activités (Le Guyader *et al.* 2016).

L'AIS est rendu obligatoire par l'Organisation Maritime Internationale (OMI) depuis 2002 dans le cadre de la convention SOLAS. Ce système est en particulier imposé aux navires de transport de passagers, aux navires de charge d'une jauge brute égale ou supérieure à 300 tjb (tonneaux de jauge brute) et aux navires de pêche d'une longueur supérieure à quinze mètres. L'AIS délivre des informations sur l'identité du navire émetteur, sa position et le trajet effectué (Serry, Lévêque 2015 ; Le Guyader, Le Tixerant 2019). Bien qu'elles offrent une information spatio-temporelle précieuse, les données AIS ne concernent qu'une partie des navires seulement. Les petits navires (*e.g.* bateaux de plaisance, bateaux

de pêche d'une longueur inférieure à quinze mètres) ne sont majoritairement pas équipés de ce système de suivi (Serry, Lévêque 2015).

Depuis 2012, la Commission Européenne a rendu le système VMS obligatoire pour les navires de pêche professionnelle de plus de douze mètres travaillant dans les eaux communautaires. Les données recueillies permettent d'identifier le navire et de connaître sa position géographique, sa vitesse et son cap à des intervalles de temps réguliers (Ifremer 2020). Cependant, les données VMS brutes sont très difficilement accessibles pour des raisons de confidentialité (Le Guyader, Le Tixerant 2019).

Les données d'observation. Des informations peuvent être recueillies auprès des principaux acteurs en charge de la surveillance du trafic maritime : le Centre Régional Opérationnel de Surveillance et de Sauvetage (CROSS) et les sémaphores. Les CROSS relèvent par radar les entrées et les sorties des navires au sein des périmètres placés sous leur responsabilité. Les sémaphores récoltent des données sur les mouvements quotidiens de navires observés par les vigies dans un rayon de douze milles nautiques (Le Tixerant 2004).

Les données déclaratives. Des informations sur le déroulement des activités maritimes peuvent être contenues dans des documents déclaratifs officiels comme les déclarations de manifestations nautiques. Certaines structures telles que les compagnies de transport maritime ou les centres nautiques peuvent disposer d'une base de données plus ou moins structurée sur les trajets effectués.

Les données à dire d'acteurs. En cas de lacunes informationnelles, des données spatio-temporelles peuvent être collectées à dire d'acteurs. L'approche consiste à mener des enquêtes par entretiens semi-directifs auprès de personnes-ressources présumées posséder des connaissances sur une population cible (Le Guyader 2012). Les données peuvent également être acquises à titre individuel, notamment par le biais de questionnaires en ligne.

2. Eléments de cadrage

2.1. Les activités maritimes : définitions et typologies

Face à la multiplicité des activités humaines en mer, plusieurs typologies ont été proposées pour en simplifier l'étude. Cicin-Sain et Knecht (1998) ont recensé dans un ouvrage de synthèse les différentes typologies élaborées depuis 1983. A partir de cet inventaire, ils ont ensuite établi une typologie exhaustive des activités en zone côtière et en mer. Le Tixerant (2004) s'est inspiré de cette synthèse pour produire une typologie où les activités humaines sont structurées en fonction de leur mode d'utilisation du milieu (Figure 1). Les usages y sont déclinés en activités puis en sous-activités. Bien qu'ils soient fréquemment utilisés de manière indifférenciée dans la littérature, les termes « usage » et « activité » n'ont pas exactement la même signification. Corlay (2001) définit l'usage comme « *la manifestation spatiale d'une fonction* ». La définition proposée par Le Tixerant (2004) va dans ce sens ; l'usage correspondrait à un mode d'utilisation du territoire qui génère un espace. Aussi, un usage intègre plusieurs activités humaines comme l'illustre la typologie proposée.

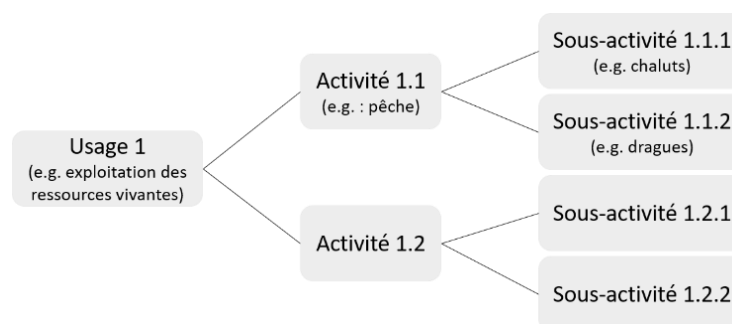


Figure 1. Structuration hiérarchique des activités maritimes (d'après Le Tixerant, 2004)

Certaines typologies s’inspirant notamment des travaux de Le Tixerant (2004) se centrent sur une zone d’étude en particulier. Dans sa thèse, De Cacqueray (2011) propose une typologie des activités humaines à l’échelle de la façade Atlantique française. La typologie construite par Le Guyader (2012) s’applique quant à elle à une échelle plus locale, la rade de Brest.

2.2. Les interactions entre activités maritimes

2.2.1. De l’interaction négative potentielle au conflit

La proximité géographique entre les différentes activités maritimes peut susciter des tensions et des conflits. La notion d’engagement est utilisée par certains géographes et économistes afin d’opérer une distinction entre ces deux notions. Selon Caron et Torre (2006), une situation de tension devient une situation de conflit en cas d’engagement de l’une des parties prenantes. L’engagement correspond à la mise en œuvre d’une menace crédible ; il peut consister en un recours en justice, une médiatisation, une voie de fait ou une confrontation verbale (Caron, Torre 2006). On préférera ici utiliser le terme « interaction négative potentielle » à celui de « tension ».

Le conflit revêt différentes connotations selon les disciplines. En géographie, le conflit « *fait notamment référence à la concurrence pour l’espace, support d’activités, à la concurrence pour le partage des ressources, à l’accès à un espace, à son aménagement, à sa gestion, à son appartenance territoriale* » (Cadoret 2006, p. 30). Il est ainsi possible de distinguer les conflits environnementaux, d’aménagement, d’implantation ou encore d’usage (Cadoret 2006). Les conflits d’usage correspondent aux « *oppositions concernant l’affectation de l’espace terrestre et marin, le partage de ces espaces et de leurs ressources, l’infraction des règles d’utilisation de l’espace et les conséquences réelles ou potentielles d’un usage* » (Cadoret 2006, p. 12). En milieu marin, quatre types de conflits d’usage peuvent être distingués. Ces conflits résultent d’une concurrence pour l’espace, d’une concurrence pour la ressource, d’une divergence de perception environnementale ou d’une gestion sectorielle (Johnson, Pollnac 1989). Le Guyader (2012) a proposé une figure de synthèse de ces différents éléments de définition (Figure 2).

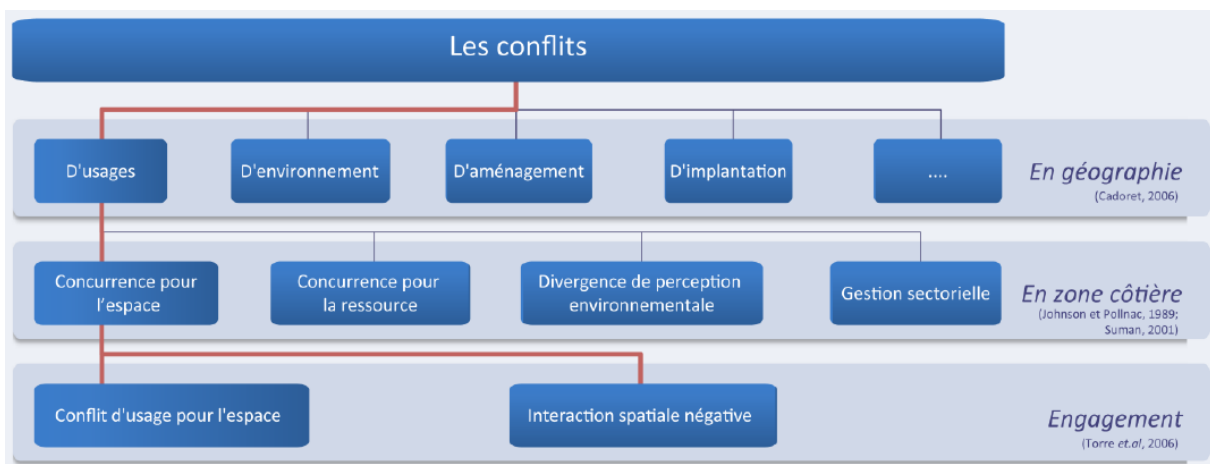


Figure 2. Éléments de définition des conflits (Le Guyader 2012)

Dans le présent rapport, l’attention est portée sur les conflits d’usage émanant d’une concurrence pour l’espace. Nous n’opérons pas de distinction entre les interactions négatives potentielles et les conflits avérés. Ces deux notions sont regroupées sous le terme « d’interaction négative ».

2.2.2. Des interactions négatives, neutres ou positives

Certaines activités maritimes entrent inévitablement en interaction du fait de leur forte proximité spatiale et temporelle. Pour autant, ces interactions ne sont pas nécessairement négatives. Les interactions peuvent être problématiques, neutres ou bénéfiques (Couper 1983 ; Smith, Vallega 1991). Afin de tenir compte des éventuelles relations synergiques entre les activités, Bonnevie *et al.* (2019) ont proposé une échelle comprenant cinq niveaux d'interaction (Figure 3).

Conflits					Synergies				
Compétition		Antagonisme		Amensalisme		Commensalisme		Mutualisme	
-	-	+	-	0	-	+	0	+	+

Figure 3. Echelle reprenant les différents types d'interaction entre activités maritimes (Bonnevie *et al.* 2019 ; échelle adaptée de Klinger *et al.* 2018)

La compétition, l'antagonisme et l'amensalisme renvoient à des situations conflictuelles car au moins l'une des deux activités est impactée négativement. Le commensalisme et le mutualisme correspondent à des relations synergiques ; au moins l'une des deux activités bénéficie de l'interaction (Klinger *et al.* 2018 ; Bonnevie *et al.* 2019).

2.2.3. L'importance de la dimension temporelle

La plupart du temps, les interactions potentielles entre activités maritimes sont représentées en superposant spatialement les zones de pratique des activités. Leur dynamique temporelle n'est pas prise en compte dans les représentations. Or, Le Guyader (2012) souligne l'importance de distinguer les interactions spatiales des interactions spatio-temporelles, certaines activités pouvant se dérouler sur une même zone géographique mais à des moments différents. Il différencie ainsi les activités dynamiques, variables dans l'espace et dans le temps, des activités permanentes comme les éoliennes offshore. Si au moins l'une des deux activités est permanente, la prise en compte de la dimension temporelle n'est pas une nécessité. En revanche, dès lors que les deux activités sont dynamiques, il est indispensable d'inclure cette dimension ; les activités peuvent utiliser le même espace mais être disjointes dans le temps. La dimension temporelle demeure cependant difficile à intégrer dans les analyses géographiques.

2.2.4. Grille de compatibilité des activités maritimes

Afin de formaliser les interactions entre les activités maritimes, plusieurs matrices ou grilles d'interactions entre activités en mer ont été proposées. Le terme « matrice de compatibilité » entre activités maritimes est également utilisé. Les activités maritimes peuvent être qualifiées de « compatibles », « probablement compatibles » et « incompatibles » (Ehler, Douvère 2009). Une des premières matrices de ce type a été élaborée par Couper (1983). Cette matrice synthétise les interactions entre des activités prises deux à deux. Les interactions peuvent être conflictuelles, potentiellement risquées pour l'une des activités ou les deux, ou bénéfiques pour l'une des activités ou les deux. Cette grille a été reprise et adaptée à différentes échelles géographiques telles que le bassin méditerranéen (Smith, Vallega 1991) et le bassin maritime de Lorient (De Cacqueray 2011) (Figure 4). Cette seconde échelle coïncide partiellement avec la zone d'étude retenue dans le présent rapport. La grille construite par De Cacqueray (2011) prend en compte les types d'interactions entre des activités prises deux à deux et leur compatibilité théorique. Elle permet notamment de mettre en évidence les activités les plus conflictuelles sur le plan spatial.

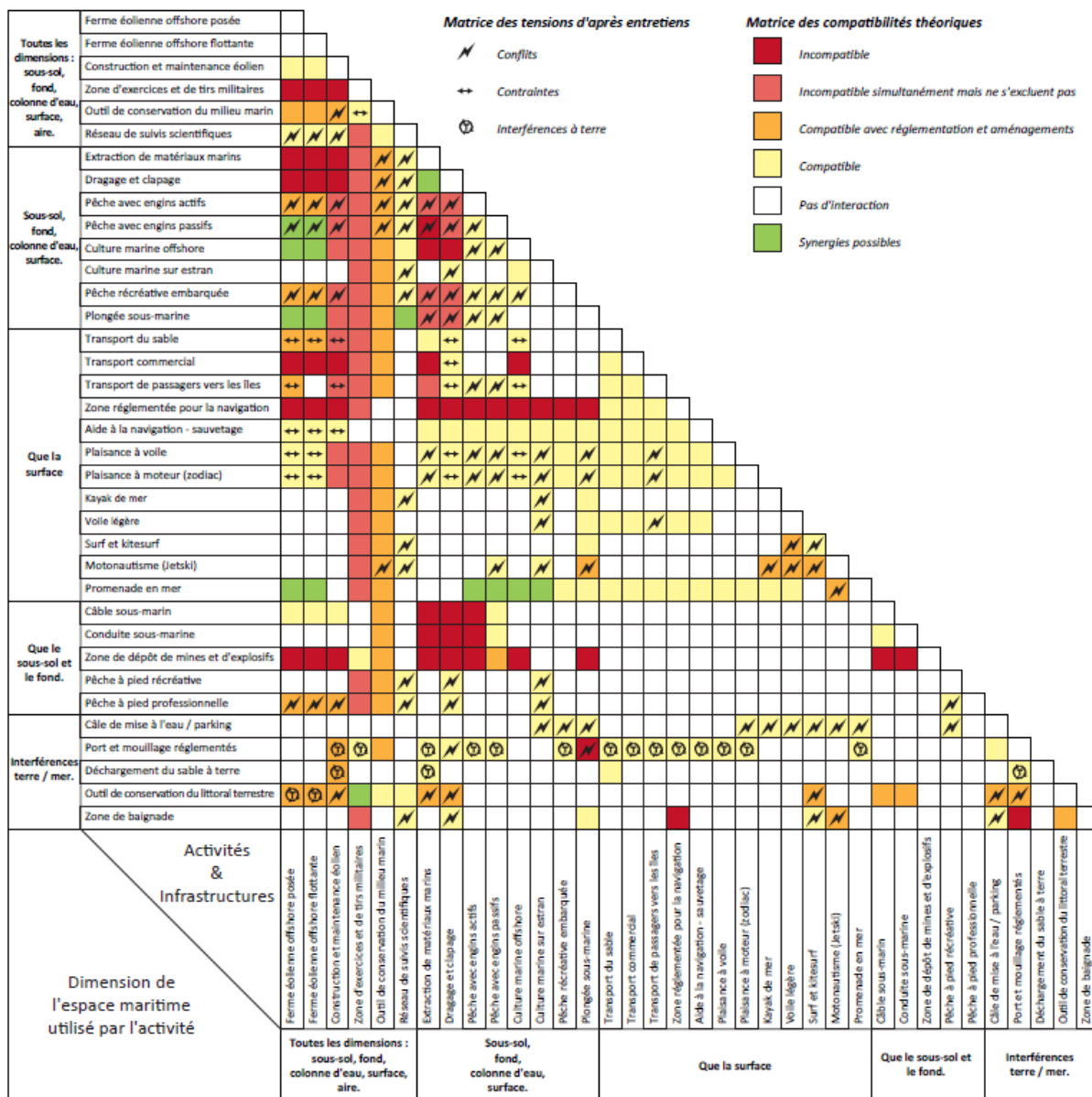


Figure 4. Grille de compatibilité entre activités maritimes à l'échelle du bassin maritime de Lorient (De Cacqueray 2011)

2.3. Sensibilité, effet, impact : éléments de caractérisation

Selon leur sensibilité, les activités maritimes peuvent être plus ou moins affectées par la concurrence spatiale ou l'implantation de nouvelles infrastructures comme les éoliennes offshore. Dans la littérature, la notion de sensibilité est fréquemment utilisée en référence à des composantes environnementales ou écologiques telles que les espèces ou les habitats. La sensibilité d'un récepteur environnemental à une perturbation ou pression peut être déterminée par estimation de sa résistance (ou tolérance) et de sa résilience à la perturbation. Le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire définit la résistance d'un élément à un effet comme « sa susceptibilité d'être affecté par cet effet. Pour un élément d'un écosystème, par exemple un habitat ou une espèce, elle décrit le potentiel de destruction, dégradation, de réduction ou d'amélioration de la viabilité qu'a l'effet sur cet élément » (MTES 2012, p. 260). Il propose par ailleurs la définition suivante pour la résilience : « La résilience d'un élément à une perturbation peut être définie comme sa capacité à retrouver un état proche à celui

prévalant avant la perturbation. La résilience intègre une notion de temporalité qui doit être adaptée à chaque élément considéré » (MTES 2012, p. 260).

La distinction entre les termes « effet » et « impact » se fonde sur cette notion de sensibilité. Le groupe de travail sur les impacts cumulés des parcs éoliens en mer (GT ECUME) définit l'effet comme étant une « conséquence objective en termes de variation de pression susceptible de générer ensuite un impact dans le milieu vivant marin » (GT ECUME 2020, p.5). Cette définition est en accord avec celle du MTES selon lequel l'effet « décrit la conséquence objective de cette interaction – entre un projet EMR et son environnement – sur l'environnement » (MTES 2012, p. 258). L'impact est à différencier de l'effet, en ce sens qu'il intègre une notion de sensibilité. Il prend donc en compte le rapport à l'effet pour un récepteur donné. Aussi, l'impact peut être défini comme la transposition de l'effet sur un récepteur en fonction d'une échelle de sensibilité (MTES 2017 ; GT ECUME 2020).

3. L'éolien offshore flottant : une technologie en plein essor

3.1. Une alternative à l'éolien offshore posé

Alors que l'éolien offshore posé s'inscrit dans le prolongement de l'éolien terrestre, l'éolien offshore flottant marque une véritable rupture technologique. La différence principale entre les deux technologies correspond au support sur lequel repose l'éolienne. Dans le cas de l'éolien posé, les éoliennes reposent sur des fondations fixées au fond marin. Les éoliennes flottantes reposent quant à elles sur un flotteur maintenu par des lignes d'ancrage. Cette différence de technologie explique en partie l'écart de maturité entre le posé et le flottant. A l'heure actuelle, il existe seulement quelques éoliennes flottantes opérationnelles dans le monde qui sont encore à l'état de prototypes. La première éolienne flottante a été inaugurée en 2009 par la Norvège (Zountouridou *et al.* 2015). Plusieurs projets pilotes sont en cours en Norvège, en Ecosse, au Portugal, en France, au Japon et aux Etats-Unis (Girard, Kalaydijan 2019). Cependant, l'éolien flottant n'existe pas à l'échelle industrielle pour le moment contrairement à l'éolien posé (Le Marchand 2020).

L'éolien offshore flottant présente plusieurs atouts par rapport à son homologue posé. Il constitue notamment une solution pour s'affranchir des limites de la profondeur. Les éoliennes flottantes peuvent être installées entre 50 et 200 mètres de profondeur (Le Marchand 2020) tandis que les éoliennes posées ne sont une option économiquement viable que jusqu'à 50 mètres (Zountouridou *et al.* 2015). Les éoliennes flottantes peuvent ainsi être implantées plus loin des côtes, ce qui représente deux avantages majeurs. Les vents plus forts et réguliers du large assurent une production d'électricité plus importante. L'éloignement de la côte permet par ailleurs de réduire les conflits d'usage avec les autres activités maritimes. De plus, l'éolien flottant serait moins impactant sur le plan environnemental, la fixation au fond marin des éoliennes étant assurée par un système d'ancrage moins imposant que les fondations sous-marines de l'éolien posé (EOLFI 2021a). Les travaux du Cerema (2015) ont permis d'identifier des zones propices au développement de l'éolien flottant en fonction de différents critères (ressource en vent, conditions météo-océaniques et hydrodynamiques, profondeur).

3.2. Quelles conséquences pour les activités maritimes ?

La littérature met en lumière un certain nombre de conséquences (positives comme négatives) des parcs éoliens offshore sur le compartiment anthropique. Les impacts les plus abondamment décrits font référence à l'activité de pêche professionnelle. Le principal impact relevé est la perte d'une zone de pratique liée à la pression d'occupation spatiale générée par le parc. Les pêcheurs risquent ainsi une restriction d'accès aux zones de pêche traditionnelles (Blyth-Skyrme 2010 ; Alexander *et al.* 2013 ; Reilly *et al.* 2015). Ce phénomène d'exclusion s'observe par exemple dans les parcs éoliens offshore belges où la pêche est interdite. Avec un total de 399 turbines opérationnelles recouvrant

une zone de 238 km², la Belgique fait partie des leaders mondiaux de l'industrie éolienne offshore (Degraer *et al.* 2019 ; 2020).

La réduction d'une zone de pratique peut impliquer un report de l'activité sur d'autres sites qui accueillent potentiellement un effort de pêche déjà élevé. Cette densification peut exacerber la concurrence entre pêcheurs (Blyth-Skyrme 2010 ; Reilly *et al.* 2015). La restriction d'accès peut également entraîner des déplacements plus importants, à l'origine d'une diminution du temps de pratique de l'activité, d'une augmentation des dépenses en carburant, entraînant par là même une potentielle perte de revenus (Alexander *et al.* 2013).

La pratique d'une activité peut être autorisée au sein du parc sous réserve du respect de certaines conditions. La préfecture maritime est compétente pour instaurer un certain nombre de règles de navigation portant entre autres sur la vitesse ou sur la possibilité de mouillage (FEFGBI, RTE 2017).

Gray *et al.* (2016) ont mené une étude sur les modifications de l'activité de pêche suite à la construction de six parcs éoliens offshore en mer d'Irlande orientale. Bien que la pêche ne soit pas interdite au sein des parcs, les résultats montrent une réduction de l'activité qui s'explique en partie par la crainte des pêcheurs d'endommager les engins de pêche ou d'entrer en collision avec les turbines. Ces risques physiques sont renforcés par la possible perturbation des systèmes de navigation et de communication, en lien avec les éventuelles interférences entre les installations et les signaux radars (MTES 2012). Les travaux de maintenance des parcs éoliens sont aussi considérés comme des facteurs perturbant l'activité de pêche. Suite à la construction des parcs, certains pêcheurs ont ainsi modifié leurs pratiques en changeant par exemple d'engins de pêche ou d'espèces cibles (Gray *et al.* 2016).

Naturellement, les pêcheurs ne sont pas les seuls usagers concernés par le risque de collision, la réduction d'une zone de pratique ou encore le déplacement de l'activité. Le transport maritime ou les loisirs nautiques peuvent également être impactés, notamment par la modification des voies de navigation. L'aquaculture peut être amenée à voir son aire de pratique réduite ou déplacée, au moins temporairement. Par exemple, l'installation du câble de raccordement peut entraîner un enlèvement et/ou un déplacement des tables ostréicoles (MTES 2012 ; CNPMM 2020). L'aquaculture peut aussi être impactée par la modification des conditions environnementales liée à l'installation ou à la présence physique des infrastructures, et en particulier par la dégradation de la qualité de l'eau. Les travaux lors des phases de construction et de démantèlement, de même que le frottement des lignes d'ancrage sur les fonds marins en phase d'exploitation (phénomène de ragage), sont susceptibles de remettre en suspension les sédiments et d'augmenter la turbidité. Ceci peut causer une diminution de la quantité d'oxygène disponible. La qualité de l'eau peut également être dégradée par une pollution chimique chronique liée aux matériaux utilisés (anodes sacrificielles) ou accidentelle (pollution aux hydrocarbures par des navires de maintenance) (FEFGBI, RTE 2018a ; CNPMM 2020). Ces pressions peuvent aussi s'exercer sur les ressources halieutiques ciblées par la pêche. Enfin, une modification des conditions hydrodynamiques peut être observée localement avec la création de zones de turbulence autour des mâts, la production d'un effet de déventement généré par la rotation des pales ou encore la modification de la vitesse du courant et de la hauteur de la houle. Ces pressions peuvent constituer une contrainte pour les petits navires et pour certaines activités nautiques comme le surf (MTES 2012 ; FEFGBI, RTE 2018a ; 2018b).

Il convient de mentionner également les impacts positifs potentiels des parcs éoliens sur les activités maritimes. L'effet positif le plus communément cité par la littérature est la possible augmentation locale de la ressource halieutique. La présence physique des installations engendre trois principaux effets sur la faune marine : l'effet récif, l'effet DCP (Dispositif de Concentration de Poissons) et l'effet réserve. L'effet récif résulte de la colonisation des parties immergées des infrastructures par des organismes fixés comme les bivalves filtreurs. L'effet DCP correspond à l'attraction des poissons autour des installations, notamment suscitée par la forte biomasse liée à l'effet récif. Ce phénomène,

déjà observé sur les plateformes pétrolières de la mer du Nord, peut attirer des espèces commerciales importantes (Hooper, Austen 2014). Enfin, l'effet réserve est la conséquence d'une restriction partielle ou totale de la pêche au sein des parcs (MTES 2012 ; Le Marchand 2020). Il pourrait induire une augmentation locale des biomasses de poissons (Coates *et al.* 2016) et générer un effet de *spill-over* (Halouani *et al.* 2020) bénéfique pour les activités de pêche professionnelles et récréatives aux abords du parc. Ces effets ont pu être mis en évidence pour les parcs éoliens offshore belges. Pour faire face à l'exclusion de leur activité, les pêcheurs ont adapté leurs pratiques et reporté leur effort de pêche aux abords des parcs. Les taux de capture de plie, l'une des principales espèces cibles de la flotte belge, étaient plus élevés au voisinage de certains parcs par rapport à une zone plus large (Degraer *et al.* 2019).

La présence d'un parc éolien offshore peut également s'avérer bénéfique pour d'autres activités. Plusieurs travaux s'intéressent à la capacité d'utilisation multiple des infrastructures, notamment dans une perspective de réduction des conflits entre usages (Lacroix, Pioch 2011). Le développement de l'aquaculture au sein de parcs éoliens fait partie des possibilités de synergies étudiées (Hooper, Austen 2014 ; Stelzenmüller *et al.* 2020). L'utilisation multiple des infrastructures pourrait également permettre un partage des coûts de maintenance entre les différents usagers.

Finalement, le développement de l'éolien en mer peut créer une opportunité de diversification de l'activité et des revenus. Certains pêcheurs peuvent par exemple travailler en tant que gardes du parc éolien (Gray *et al.* 2016) ou proposer du pescatourisme. Bien que les EMR offrent des emplois alternatifs, les pêcheurs peuvent souffrir d'un manque de qualification ou ne disposent pas forcément d'un navire approprié (Alexander *et al.* 2013).

PARTIE 2 – CADRE MÉTHODOLOGIQUE

1. Présentation du projet de PEOF de Groix & Belle-Île

Le site d'application de l'étude correspond au projet de PEOF de Groix & Belle-Île. Il s'agit d'une ferme pilote destinée à expérimenter la technologie de l'éolien flottant en conditions réelles. Cette ferme pilote doit notamment permettre de s'assurer de la fiabilité et de la rentabilité de la technologie avant d'envisager un développement industriel en France. La mise en service est prévue pour 2022 pour une durée d'exploitation de vingt ans. La ferme pilote sera constituée de trois éoliennes flottantes de 9,5 MW et de 180 mètres de hauteur. Chaque éolienne reposera sur un flotteur semi-submersible maintenu au sol par un ancrage formé de cinq lignes de mouillage caténaires composées de chaînes en acier et d'ancres à enfouissement (Figure 5).

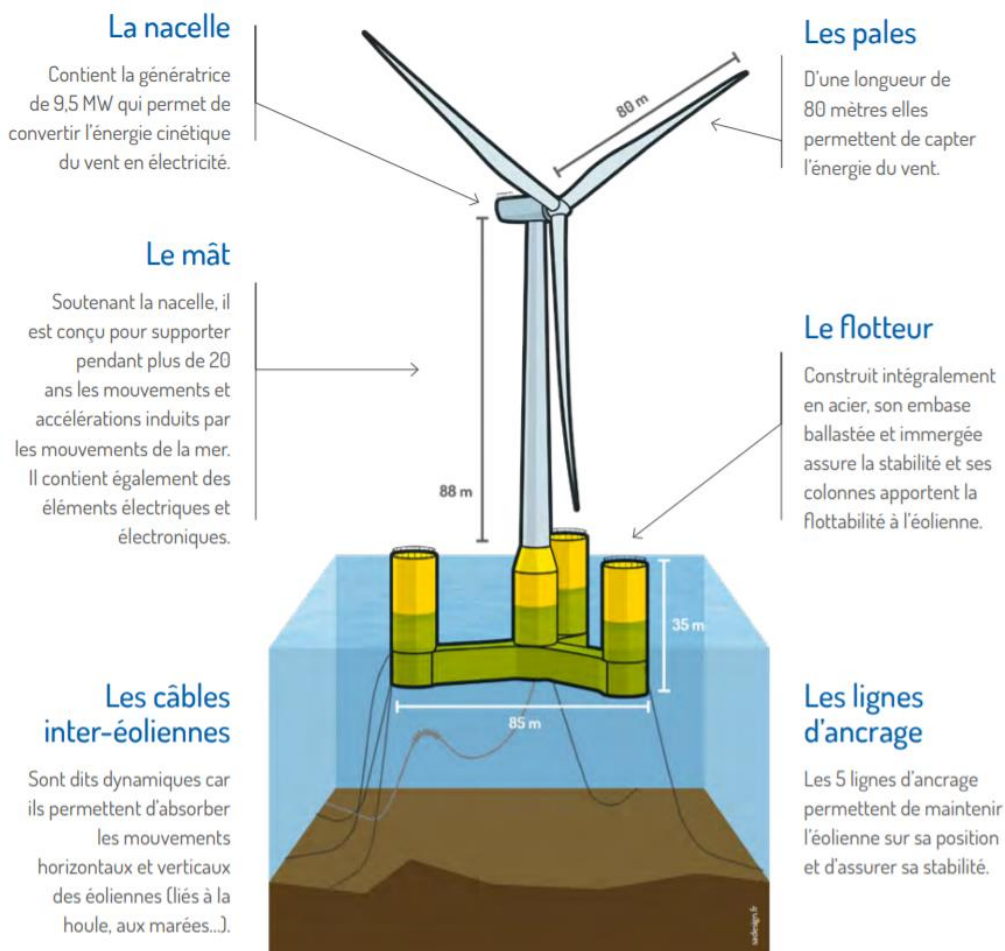


Figure 5. Architecture d'une éolienne flottante du PEOF de Groix & Belle-Île (EOLFI 2021b)

La zone d'implantation du parc, qui correspond à la zone de concession d'utilisation du domaine public maritime, a une superficie d'environ 14 km². Elle est localisée à 23 km de la côte quiberonnaise, à 14 km du sud de l'île de Groix et à 19 km du nord-ouest de Belle-Île. L'emplacement a été proposé par la CRML (Conférence Régionale Mer et Littoral) au sein d'une zone propice initiale validée par l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie). Les éoliennes seront espacées les unes des autres d'une distance de 1 500 mètres environ. Il s'agit d'un site représentatif des conditions océaniques de l'essentiel du marché mondial pour l'éolien flottant, notamment en matière de vent. La

relative proximité des côtes doit permettre de faciliter les travaux de maintenance potentiellement plus fréquents pour une ferme pilote.

2. Présentation de la zone d'étude : la Bretagne sud

La zone d'étude retenue pour réaliser l'état des lieux des activités maritimes et l'évaluation de leur sensibilité correspond à l'ensemble de la Bretagne sud. Elle s'étend de la baie d'Audierne à l'île de Hoëdic environ, à cheval entre les départements du Finistère et du Morbihan (Figure 6).



Figure 6. Carte de la zone d'étude

La Bretagne sud est une zone dynamique qui abrite de nombreuses activités maritimes. Au niveau portuaire, le port de Lorient est le deuxième port de commerce breton (en tonnage) et le 18^{ème} à l'échelle française en 2017 (Durand 2019). Le port de pêche de Lorient-Keroman est le premier port de pêche de Bretagne (en tonnage et en valeur). Il est connu comme étant le premier port de débarquement de langoustines vivantes (Lorient Agglomération 2020). La pêche bretonne, notamment dans le Morbihan, se caractérise par sa très grande diversité de métiers (CDPMEM 56 2021). La conchyliculture, en particulier l'ostréculture, occupe également une place importante dans l'économie morbihannaise. La Bretagne sud est réputée comme étant un haut lieu des pratiques nautiques. L'activité de transport de passagers est également bien développée dans cette zone, en lien notamment avec la présence des îles (les Glénan, Groix, Belle-Île, Houat, Hoëdic). Le transport de marchandises est aussi important et se concentre au niveau de couloirs de navigation destinés à canaliser le trafic maritime. Enfin, la zone d'étude comporte également des sites d'exercices et de tirs militaires soumis à des fermetures temporaires, à l'origine de contraintes non négligeables pour les autres activités (De Cacqueray 2011).

3. Démarche méthodologique

3.1. Une typologie des activités maritimes en Bretagne sud

Une typologie des activités maritimes identifiées en Bretagne sud a été construite à partir de la bibliographie selon le mode de structuration proposé par Le Tixerant (2004) (Tableau 1).

Tableau 1. Typologie des activités maritimes identifiées en Bretagne sud

USAGES	ACTIVITES_N1	SOUS-ACTIVITES N2	SOUS-ACTIVITES_N3		
Transport maritime	Transport civil	Transport de passagers			
		Transport commercial	Cargos Tankers		
Sport et loisirs	Activités nautiques	Activités nautiques encadrées	Voilier		
			Voile légère		
			Surf		
			Kitesurf		
			Paddle		
			Kayak		
		Manifestations nautiques sportives	Voilier		
			Dériveur		
			Surf		
			Yole de mer		
			Catamaran		
			Jetski		
		Activités nautiques libres	Kayak		
			Kitesurf		
			Waveski		
Windfoil					
Windsurf					
Mixte					
Exploitation des ressources vivantes	Pêche de loisir	Manifestations nautiques sportives	Concours de pêche		
			Pêche libre	Pêche en mer du bord	
				Pêche sous-marine depuis la côte	
		Arts traînants	Chaluts		
			Senne		
			Palangres dérivantes		
		Arts dormants	Engins fixes		
			Autres engins		
		Cultures marines	Conchyliculture		
			Ostréiculture		
			Mytiliculture		
		Exploitation des ressources non vivantes	Extraction de matériaux	Granulats marins	Matériaux siliceux Matériaux calcaires
				Production d'énergies marines renouvelables	Projets d'éoliennes offshore
					Projets d'hydroliennes
		Travaux maritimes	Dragage / Clapage	Raccordement au réseau électrique et de télécommunication	
Raccordement au réseau d'eau potable et d'assainissement					
Zones d'exercices et de tirs					
Défense	Dépôts de mines et d'explosifs				
		Transport militaire			

La typologie est structurée en quatre niveaux emboîtés allant des usages aux sous-activités. Dans le cadre du stage et afin de répondre à la commande du projet APPEAL, seuls trois grands groupes d'activités sont étudiés : la pêche professionnelle, le transport maritime (civil) et les activités de sport et loisirs. Pour le niveau N3 qui constitue l'échelle typologique la plus fine, les items coïncident avec le

plus haut degré de précision des données géospatiales disponibles. Les activités nautiques sont classées en fonction du type de support tandis que les activités de pêche professionnelle sont regroupées en catégories d'engins. Pour les analyses, nous ne ferons pas de distinction en fonction du niveau N2 pour les activités nautiques. Par exemple, les sous-activités « Voilier » des activités nautiques encadrées, des manifestations nautiques sportives et des activités nautiques libres seront confondues. Au niveau N3, ce sont donc 30 sous-activités différentes qui sont étudiées.

3.2. Données spatio-temporelles mobilisées et modalités d'acquisition

L'étude repose sur l'obtention et l'exploitation des données spatio-temporelles renseignant à la fois l'emprise spatiale des activités, leur dynamique temporelle et leur intensité en matière d'effectifs. La nature des données spatio-temporelles disponibles de même que la source de l'information diffèrent en fonction des activités étudiées (Tableau 2).

Tableau 2. Synthèse des provenances des données spatio-temporelles utilisées dans l'étude

Sources de l'information spatio-temporelle		Activités concernées
Données AIS	<i>MarineTraffic</i>	Transport maritime
	<i>Global Fishing Watch</i>	Pêche professionnelle
Données déclaratives	Déclarations de manifestations nautiques	Manifestations nautiques encadrées
Données à dire d'acteurs	Questionnaire	Activités nautiques libres
	Entretiens	Activités nautiques encadrées

3.2.1. Données AIS

Le transport maritime et la pêche professionnelle ont été étudiés à partir de données AIS. Leur prétraitement a été réalisé par Damien LE GUYADER. Pour le transport maritime, les données AIS brutes pour l'année 2015 ont été acquises auprès de la société Orbcomm qui archive les données AIS à l'échelle mondiale. L'information géographique produite renseigne la densité de longueur cumulée des trajectoires (km/km²) pour le transport de passagers, les cargos et les tankers pour chaque saison. Pour une activité donnée (*i.e.* transport de passagers), on considère que la zone de pratique correspond à l'ensemble des pixels pour lesquels la densité de trajectoires est positive.

Pour la pêche professionnelle, les données provenant de « *Global Fishing Watch* » pour les années 2014 à 2016 ont été mobilisées. Les données AIS renseignent la position des navires sans faire de distinction entre l'exercice de la pêche et d'autres opérations (transit, dérive, etc.). L'estimation des actions supposées de pêche a été réalisée par apprentissage statistique par GBF (Kroodsma *et al.* 2018). L'information géographique produite correspond au temps de pêche annuel médian (en heures) à une résolution spatiale de 200 m pour cinq catégories d'engins de pêche : engins passifs (*fixed gears*), palangres dérivantes (*drifting longlines*), sennes (*purse seines*), chaluts (*trawlers*) et autres engins (*other fishing*). L'absence de données disponibles avec une résolution spatiale suffisante n'a pas permis de réaliser d'analyses saisonnières.

3.2.2. Données déclaratives

Les déclarations de manifestations nautiques (DMN) concernent des événements encadrés et déclarés par les organisateurs auprès des Directions Départementales des Territoires et de la Mer (DDTM). Chaque DMN comporte une description précise de la manifestation (données qualitatives, quantitatives et temporelles telles que le type de support (bateau), le nombre de supports et les jours de manifestation) et une ou plusieurs cartes de la zone utilisée (données spatiales). Les DMN utilisées dans cette étude proviennent des DDTM du Finistère et du Morbihan. Les DMN du Morbihan pour

l'année 2018 ont été obtenues et traitées par Léna DURBECKER, une précédente stagiaire du projet APPEAL. Dans un souci de cohérence, les DMN de l'année 2018 ont été demandées à la DDTM du Finistère et traitées dans le cadre de mon stage. Plus de 300 fichiers nous ont été fournis. Seuls les fichiers répondant aux deux critères suivants ont été conservés :

- La manifestation a eu lieu au moins en partie dans la zone d'étude (suppression des DMN concernant exclusivement le Finistère nord) ;
- La manifestation a eu lieu au moins en partie dans la zone de potentiel de l'éolien flottant définie par le Cerema (suppression des DMN concernant des manifestations côtières).

A l'issue de cette phase de tri, seules sept DMN ont été conservées pour l'étude. Les manifestations correspondent à des courses au large de voiliers. Les tracés des parcours figurant dans les DMN ont été géoréférencés à l'aide de l'outil de géoréférencement de QGIS et joints à une table attributaire contenant l'information temporelle, quantitative et qualitative (saison, nombre de supports, type de support).

3.2.3. Données à dire d'acteurs

Un questionnaire en ligne¹ visant à étudier les pratiques des acteurs du nautisme et leurs perceptions vis-à-vis du projet de PEOF de Groix & Belle-Île a été élaboré. Initié dans le cadre du stage de Léna DURBECKER et approfondi par Lara POLLRATZKY, une autre stagiaire du projet APPEAL, il est diffusé activement depuis fin avril 2021 à l'échelle de la Bretagne sud. Le questionnaire permet d'obtenir des informations sur les zones et l'intensité de pratique des usagers de loisirs nautiques libres (*i.e.* sans encadrement par une structure) à une échelle saisonnière. L'intensité de pratique est estimée en nombre de sorties (nombre de jours) par saison. Les zones de pratique sont récoltées au moyen d'une interface de saisie cartographique. La carte proposée aux utilisateurs a été construite à partir de la carte marine du SHOM (RasterMarine) et du carroyage VALPENA² (mailles de 3 milles nautiques x 3 milles nautiques).

Afin d'obtenir des données spatio-temporelles sur les activités nautiques encadrées, j'ai par ailleurs conduit des entretiens auprès de trois représentants des activités nautiques en Bretagne sud. Les entretiens ont permis d'obtenir une information complémentaire sur les zones et l'intensité de pratique des activités nautiques encadrées à une échelle saisonnière. Une interface de saisie simplifiée des informations spatio-temporelles a été mise en place sur QGIS en amont des entretiens. Un formulaire d'attributs préconfiguré a été constitué pour faciliter la saisie des données et leur structuration. Pour chaque zone de pratique numérisée sont précisées les informations suivantes :

- Le numéro de l'entretien ;
- L'identifiant unique de la zone de pratique ;
- L'échelle de numérisation ;
- L'activité pratiquée ;
- La saison ;
- Le nombre de supports.

Les zones de pratique ont été directement numérisées sur un ordinateur par les personnes-ressources à l'aide d'une souris et de l'outil de dessin à main levée « *Freehand Editing* » disponible sur QGIS. La carte marine du SHOM (RasterMarine) a été utilisée comme fond de plan pour réaliser la numérisation. Trois échelles de numérisation ont été proposées : 1/1 000 000, 1/500 000 et 1/250 000. Le changement d'échelle a été effectué en fonction des préférences de la personne enquêtée.

¹ Disponible à l'adresse : <https://www-ium.univ-brest.fr/enketo/::srnlmdPL>

² Le Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS) VALPENA (éVALUation des Pratiques de PEches au regard des Nouvelles Activités) est un projet porté par l'Université de Nantes en collaboration avec sept Comités des pêches maritimes et des élevages marins. Il a pour ambition de fournir une méthode permettant de produire des données de spatialisation des activités de pêche dans un contexte de partage de l'espace maritime.

3.3. Traitement préliminaire : homogénéisation de l'information spatio-temporelle

Les données spatio-temporelles disponibles sont marquées par une forte hétérogénéité. En effet, les jeux de données associés aux différentes activités varient à plusieurs niveaux : le format des données, la variable analysée, la résolution spatiale et la résolution temporelle (Tableau 3).

Tableau 3. Synthèse des caractéristiques des données spatio-temporelles utilisées dans l'étude

Jeu de données	Format	Variable analysée	Résolution spatiale	Résolution temporelle
Données AIS - <i>MarineTraffic</i>	Raster	Densité de trajectoires (en km/km ²)	200 m	Saison
Données AIS - <i>Global Fishing Watch</i>	Raster	Temps de pêche médian (en heures)	200 m	Année
Résultats du questionnaire	Vecteur	Nombre d'usagers	3 MN	Saison
DMN - Finistère	Vecteur	Nombre de supports		Jour
DMN - Morbihan	Vecteur	Nombre de supports		Jour
Résultats des entretiens	Vecteur	Nombre de supports		Saison

Avant d'exploiter les données spatio-temporelles pour les analyses, un traitement préliminaire d'homogénéisation de l'information a été effectué pour pallier les différences d'échelle et d'unité.

1 - Dans un premier temps, les fichiers rasters ont été vectorisés. Les données *MarineTraffic* et les données *Global Fishing Watch* ont respectivement été fusionnées sur deux fichiers uniques. Une densité de supports (en nombre de supports/km²) a été calculée pour les données des entretiens et des DMN, tandis qu'une densité d'usagers (en nombre d'usagers/km²) a été calculée pour les données du questionnaire.

2 - Chaque jeu de données a été normalisé afin d'obtenir des courbes de distribution similaires. Les jeux de données ont fait l'objet d'une transformation Box-Cox³, à l'exception des données *MarineTraffic* pour lesquelles une simple transformation log₁₀ a été suffisante.

3 - Chaque jeu de données normalisé a été rééchantillonné entre 0,1 et 1. Cette opération permet d'obtenir une échelle identique par la construction d'un « indice de présence » commun à tous les jeux de données, autorisant ainsi leur comparaison. Cette variable, sans unité, rend compte de l'intensité de pratique des différentes activités. Le rééchantillonnage a consisté à appliquer la formule suivante à l'ensemble d'un jeu de données :

$$y = 0,1 + \frac{(1 - 0,1) \times (x - \min(x))}{\max(x) - \min(x)}$$

Ainsi, la valeur maximale de chaque jeu s'est vue attribuer un indice de présence de 1, tandis que la valeur minimale s'est vue attribuer un indice de présence de 0,1.

4 - Les jeux de données ont ensuite été rééchantillonnés spatialement en utilisant une grille de référence composée de mailles de 1 km². Ce rééchantillonnage a permis d'homogénéiser la résolution spatiale des données sur la zone d'étude. Il s'agit de la résolution spatiale utilisée pour réaliser les analyses d'interactions.

³ La fonction de Box et Cox (1964) est une généralisation de la transformation logarithmique qui permet de mieux appréhender la variabilité des données.

$$\{y_i \in \mathbb{R}_+^*, \lambda \in \mathbb{R}\} : y_i^* = f(y_i, \lambda) = \begin{cases} \frac{y_i^\lambda - 1}{\lambda} & (\lambda \neq 0) \\ \log y_i & (\lambda = 0) \end{cases} \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

5 - Les données AIS possédant une résolution spatiale initiale plus fine, un indice de présence médian a été calculé pour chaque maille de 1 km².

Concernant les données du questionnaire, un indice de présence moyen pondéré par les surfaces respectives des mailles VALPENA au sein de chaque pixel de 1 km² a été calculé.

Enfin, les activités nautiques étant représentées par quatre jeux de données différents, un indice de présence moyen a été calculé par type de support.

Ainsi, pour une maille et une saison données, chaque activité maritime est caractérisée par un indice de présence compris entre 0,1 et 1 (probabilité de présence de l'activité).

6 - Finalement, l'ensemble des jeux de données a été condensé en un seul et même fichier pour la suite des traitements.

3.4. Démarche d'analyse des interactions

3.4.1. Une évaluation à dire d'experts

Les questions d'interactions (entre activités maritimes ainsi qu'entre activités maritimes et PEOF) ont été discutées à dire d'experts lors d'entretiens semi-directifs adaptés dans le cadre d'une approche exploratoire. L'échantillonnage a été basé sur les personnes exerçant des responsabilités au sein de structures encadrant les activités. Il s'agit de personnes-ressources pour les activités étudiées. En supplément des trois entretiens réalisés auprès de têtes de réseaux du nautisme, quatre entretiens destinés uniquement à la collecte de ces informations ont été réalisés (soit sept entretiens au total). Ces quatre entretiens ont respectivement été conduits auprès :

- du directeur d'une agence de développement et de promotion des activités nautiques,
- du responsable commercial d'une compagnie de transport de passagers,
- de la responsable sécurité, sûreté et environnement d'une organisation professionnelle des entreprises françaises de transport et de services maritimes,
- d'élus politiques et de salariés du Comité Départemental des Pêches Maritimes et des Elevages Marins (CDPMEM) du Morbihan.

Pour le transport maritime et les activités nautiques, des entretiens individuels ont été réalisés. Un entretien collectif a été mené auprès de trois représentants de la pêche professionnelle. Le guide d'entretien utilisé (version générique) est disponible en annexe (Annexe I).

3.4.2. Interactions entre activités maritimes : quelle compatibilité ?

Dans cette première analyse, les interactions entre les activités maritimes présentes en Bretagne sud sont abordées en l'absence de PEOF. La compatibilité des activités est approchée par l'analyse de leurs interactions négatives. Les entretiens ont permis de mettre en évidence des interactions négatives effectives entre des activités prises deux à deux. La question suivante a été posée aux personnes-ressources : « *Existe-t-il des activités maritimes dont la pratique gêne votre activité ? Lesquelles ?* ». A partir des informations récoltées, une grille d'interactions soulignant les activités maritimes conflictuelles a été construite à l'échelle de la Bretagne sud. La grille a ensuite été croisée avec les données spatio-temporelles disponibles afin d'identifier les zones de superposition d'activités conflictuelles et d'évaluer le niveau d'interaction entre ces activités. Les analyses réalisées sont explicitées en partie 3 section 2.

3.4.3. Interactions entre activités maritimes et PEOF : quelle sensibilité ?

3.4.3.1. Ancrage théorique et travaux antérieurs

Cette seconde analyse concerne l'évaluation de la sensibilité des activités maritimes au regard des PEOF. Cette évaluation vise à alimenter le modèle d'optimisation spatiale de type Marxan élaboré

dans le cadre du projet APPEAL. Le modèle doit permettre d'identifier des sites potentiels d'implantation de PEOF qui maximisent le potentiel de production énergétique d'une part, et limitent les interactions négatives avec les composantes anthropiques et environnementales d'autre part. Ces sites sont dits « de moindre contrainte » (Annexe II).

Au moment du stage, l'évaluation de la sensibilité a déjà été réalisée pour une catégorie de récepteurs environnementaux, les habitats benthiques, selon une méthode adaptée de La Rivière *et al.* (2016). La démarche proposée se déroule en trois étapes (Figure 7).

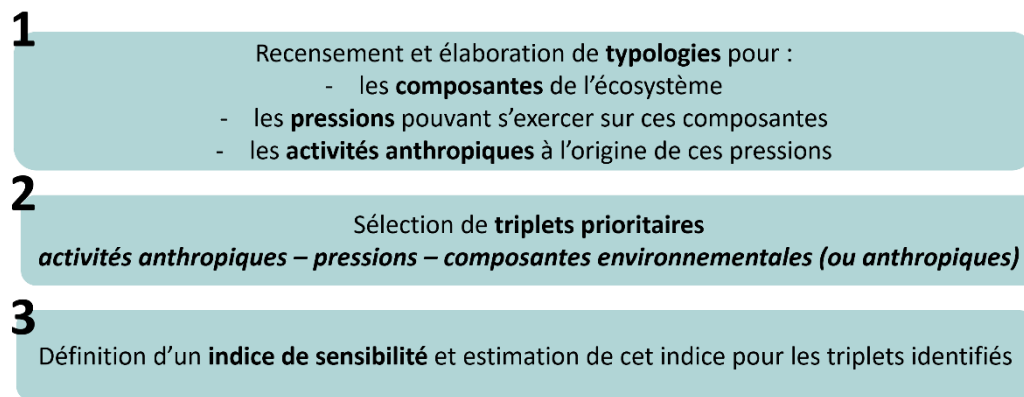


Figure 7. Démarche générale pour l'évaluation de la sensibilité des composantes écosystémiques

La première étape consiste à recenser et à élaborer des typologies pour :

- les composantes de l'écosystème,
- les pressions pouvant s'exercer sur ces composantes,
- les activités anthropiques (liées au cycle de vie des PEOF) à l'origine de ces pressions.

A partir des typologies construites, la deuxième étape vise à identifier à dire d'experts des triplets jugés prioritaires en termes d'enjeux de conservation, un triplet étant la combinaison d'une activité anthropique, d'une pression et d'une composante environnementale données (Figure 8). Il s'agit de répondre à la question suivante : « *Quelle activité génère quelle pression sur quelle composante de l'écosystème ?* ».

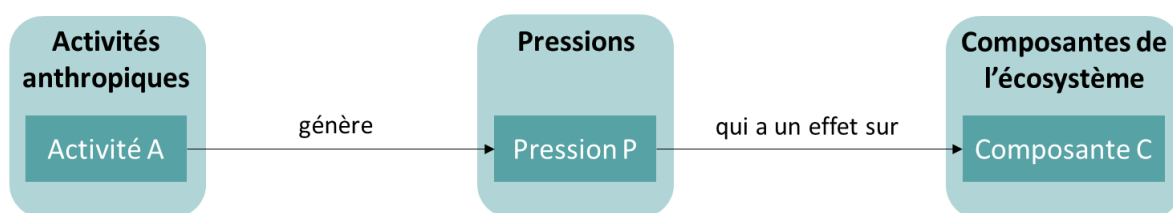


Figure 8. Représentation schématique des triplets (d'après Le Guyader 2020 ; Vries *et al.* 2011)

La troisième étape est centrée sur l'évaluation, à dire d'experts, de la sensibilité pour chaque triplet identifié. L'objectif est de répondre à la question suivante : « *Quelle est la sensibilité d'une composante de l'écosystème C au regard d'une pression P exercée par une activité A ?* ». La sensibilité est estimée à partir d'un indice issu du croisement de deux critères semi-quantitatifs, la résistance (ou tolérance) et la résilience, tous deux présentés en partie 1 section 2.3. Dans le cas des habitats benthiques, la résistance est définie comme la « *capacité d'un habitat à tolérer une pression sans modification notable de ses caractéristiques biotiques et abiotiques* » (La Rivière *et al.* 2016, p.19). La résilience correspond quant à elle au « *temps nécessaire à la récupération d'un habitat, une fois que la pression impactante a cessé* » (La Rivière *et al.* 2016, p.19). L'indice de sensibilité est obtenu en multipliant les

scores de résistance et de résilience. Un indice de confiance est associé à chaque indicateur (résistance, résilience, sensibilité) afin d'évaluer la qualité de l'estimation.

Des approches similaires ont également été mobilisées dans le cadre des projets d'EMR afin d'évaluer leurs impacts cumulés sur les écosystèmes marins et littoraux. Le GT ECUME a notamment fait appel à ce type de démarche pour évaluer les impacts cumulés de deux parcs éoliens offshore posés (PEOP) situés au large de la Normandie, à Fécamp et Courseulles-sur-Mer. Dans son rapport paru en 2020, le GT ECUME propose une typologie des activités liées au cycle de vie des PEOP, une typologie des pressions ainsi qu'une typologie des récepteurs. Seuls les récepteurs environnementaux (*i.e.* habitats et communautés benthiques, ichtyofaune et faune planctonique, mammifères et tortues marines, faune volante) sont étudiés.

3.4.3.2. Application au cas des activités maritimes

A notre connaissance, cette approche n'a pas encore été appliquée au cas des activités maritimes. Aussi, l'objectif du présent travail est d'adapter la méthode présentée afin d'évaluer la sensibilité des activités maritimes au regard des pressions exercées par les PEOP.

3.4.3.2.1. Construction des typologies

Dans un premier temps, une typologie a été construite pour chaque composante des triplets à partir des informations tirées de la littérature.

Typologie des activités maritimes. La typologie utilisée est celle présentée dans le Tableau 1.

Typologie des pressions. La littérature souligne les conséquences potentielles (négatives comme positives) des EMR sur le compartiment anthropique (cf. partie 1 section 3.2). Pour autant, il n'existe pas de typologie à proprement parler de ces pressions. En outre, les pressions (ou effets) et les impacts sont généralement indifférenciés. Dans le cadre de ce travail, on choisit d'opérer une distinction entre ces deux termes. La distinction est fondée sur la notion de sensibilité (cf. partie 1 section 2.3). Pour notre étude, on retient que la pression est la conséquence objective de la réalisation d'une activité liée au PEOP sur l'environnement. L'impact correspond quant à lui à la transposition d'une pression sur une activité maritime en fonction d'une échelle de sensibilité. Des activités maritimes différentes peuvent ainsi être inégalement affectées par une même pression en fonction de leurs sensibilités respectives. L'impact peut être positif ou négatif pour l'activité (P/N). Il peut également être direct ou indirect (D/I). On définit l'impact direct comme le résultat d'une interaction de premier degré entre une activité liée au PEOP et une activité maritime. L'impact indirect correspond quant à lui à la résultante d'un ou de plusieurs impacts directs. Une typologie des pressions (Tableau 4) et une typologie des impacts (Tableau 5) ont été élaborées à partir des informations issues de la littérature. Volontairement génériques, les typologies proposées visent à recenser les pressions et impacts susceptibles de s'appliquer sur l'ensemble des activités maritimes.

Tableau 4. Typologie des pressions exercées par les activités liées aux PEOP

PRESSIONS_N1	PRESSIONS_N2	PRESSIONS_N3
Occupation de l'espace		
Modification des conditions environnementales	Modification des conditions hydrodynamiques	Création de zones de turbulence autour des mâts Effet de déventement généré par la rotation des pales Modification de la vitesse du courant Modification de la hauteur de la houle
	Dégradation de la qualité de l'eau	Augmentation de la turbidité Pollution chimique
	Modification de la faune marine	Dégradation ou déplacement de la ressource halieutique Augmentation locale de la ressource halieutique

*Tableau 5. Typologie des impacts potentiels des PEOF sur les activités maritimes
(P/N : positif/négatif – D/I : direct/indirect)*

IMPACTS_N1	IMPACTS_N2	P/N	D/I
Modification des modalités d'utilisation de l'espace	Perte d'une zone de pratique	N	D
	Gain d'une zone de pratique	P	D
	Report de l'activité	N	I
	Allongement du temps de trajet et de la distance parcourue	N	I
	Diminution du temps de pratique de l'activité	N	I
	Respect de règles de navigation	N	D
	Interactions avec les navires de maintenance	N	D
	Augmentation de la concurrence pour l'accès à d'autres sites	N	I
Modification des pratiques	Diversification de l'activité	P	D
	Utilisation multiple des infrastructures	P	D
Création d'un risque physique	Collision avec les installations	N	D
	Collision avec les autres navires	N	D
	Croche du raccordement	N	D
	Enchevêtrement	N	D
	Gêne aux manœuvres	N	D
	Perturbation des systèmes de navigation et de communication	N	D
Répercussions économiques	Augmentation de la consommation de carburant	N	I
	Perte de revenus	N	I
	Partage des coûts de maintenance	P	I

Typologie des activités liées aux PEOF. Dans son rapport, le GT ECUME a proposé une typologie des activités liées aux parcs éoliens posés en mer. Afin d'intégrer leur dimension temporelle, les activités sont classées en fonction des phases du cycle de vie d'un parc éolien offshore : construction, fonctionnement et démantèlement. Pour prendre en compte leur ancrage spatial, elles sont ensuite réparties selon le milieu qu'elles peuvent impacter : milieu aérien, interface et milieu sous-marin. Dans le cadre du stage, cette typologie a été révisée pour être adaptée à l'étude des parcs éoliens offshore en général, en prenant en compte les spécificités des technologies posée et flottante (Tableau 6).

Les niveaux N1 et N2 de la typologie se veulent communs aux deux technologies. Le niveau N1 décrit les grandes activités susceptibles d'affecter les récepteurs. Le niveau N2 apporte un degré de précision supplémentaire en indiquant les parties des infrastructures à l'origine des pressions. Finalement, le niveau N3 introduit les spécificités propres à chaque technologie. La typologie proposée doit pouvoir être utilisée pour décrire à la fois les pressions exercées sur les activités maritimes, mais également sur l'environnement. Aussi, certaines activités *a priori* non impactantes pour les activités humaines mais pouvant affecter l'environnement, comme c'est le cas de l'éclairage (niveau N1 de la typologie), sont mentionnées. Les informations relatives à l'éolien flottant sont issues de documents décrivant les étapes de construction, d'exploitation et de démantèlement des PEOF (Ruer 2013 ; Bracq 2016 ; Syndicat des énergies renouvelables, France Energie Eolienne 2018).

3.4.3.2.2. Choix des triplets étudiés

Dans le cadre du stage, on se limite à l'évaluation de la sensibilité des activités maritimes face à une pression d'occupation spatiale exercée par la présence physique des infrastructures en phase d'exploitation. En effet, l'objectif final est de déterminer des zones propices à l'implantation d'un PEOF. Il semble donc pertinent d'estimer la sensibilité des activités maritimes au regard de cette pression en particulier. Les triplets retenus pour l'étude sont synthétisés en Figure 9.

Tableau 6. Typologie des activités liées aux parcs éoliens offshore posés et flottants (adaptée de GT ECUME 2020)

PHASES	MILIEUX	ACTIVITES_N1	ACTIVITES_N2	ACTIVITES_N3	POSE	FLOTTANT	
Construction	Aérien	Installation	Eoliennes	Installation des éoliennes	✓	✓	
			Sous-station électrique	Connexion des éoliennes aux lignes d'ancrage	✓	✓	
		Eclairage			✓	✓	
	Interface	Transport	Système de fixation	Fondations	✓	✓	
			Eoliennes	Ancres et lignes d'ancrage	✓	✓	
			Câbles électriques		✓	✓	
		Installation	Sous-station électrique		✓	✓	
			Système de fixation	Travaux pour la mise en place des fondations	✓	✓	
			Eoliennes	Pré-installation des ancres et lignes d'ancrage	✓	✓	
			Câbles électriques	Installation des éoliennes	✓	✓	
				Connexion des éoliennes aux lignes d'ancrage	✓	✓	
				Pose et protection des câbles électriques	✓	✓	
	Sous-marin	Installation	Sous-station électrique	Connexion des câbles électriques aux éoliennes	✓	✓	
			Système de fixation	Travaux pour la mise en place des fondations	✓	✓	
			Câbles électriques	Pré-installation des ancres et lignes d'ancrage	✓	✓	
Fonctionnement	Aérien	Présence physique des infrastructures	Eoliennes		✓	✓	
			Sous-station électrique		✓	✓	
		Rotation des pales			✓	✓	
	Interface	Présence physique des infrastructures	Eoliennes		✓	✓	
			Sous-station électrique		✓	✓	
		Navigation / Maintenance	Remorquage des pièces pour maintenance à quai		✓	✓	
	Sous-marin	Présence physique des infrastructures	Maintenance sur site		✓	✓	
			Système de fixation	Fondations	✓	✓	
				Ancres et lignes d'ancrage	✓	✓	
		Diffusion de métaux dans l'eau	Câbles électriques		✓	✓	
			Sous-station électrique		✓	✓	
			Protections cathodiques	Fondations	✓	✓	
	Démantèlement	Aérien	Désinstallation	Eoliennes		✓	✓
				Sous-station électrique		✓	✓
			Eclairage			✓	✓
Interface		Désinstallation	Câbles électriques	Déconnexion et récupération des câbles électriques	✓	✓	
			Eoliennes		✓	✓	
			Système de fixation	Démolition des fondations et dragage	✓	✓	
		Transport	Sous-station électrique	Déconnexion et récupération des lignes d'ancrage	✓	✓	
			Câbles électriques		✓	✓	
			Eoliennes		✓	✓	
Sous-marin		Désinstallation	Système de fixation	Morceaux de fondations	✓	✓	
				Ancres et lignes d'ancrage	✓	✓	
			Sous-station électrique		✓	✓	
		Démantèlement	Câbles électriques	Système de fixation	Démolition des fondations et dragage	✓	✓
					Récupération des ancres et lignes d'ancrage	✓	✓
			Sous-station électrique		✓	✓	

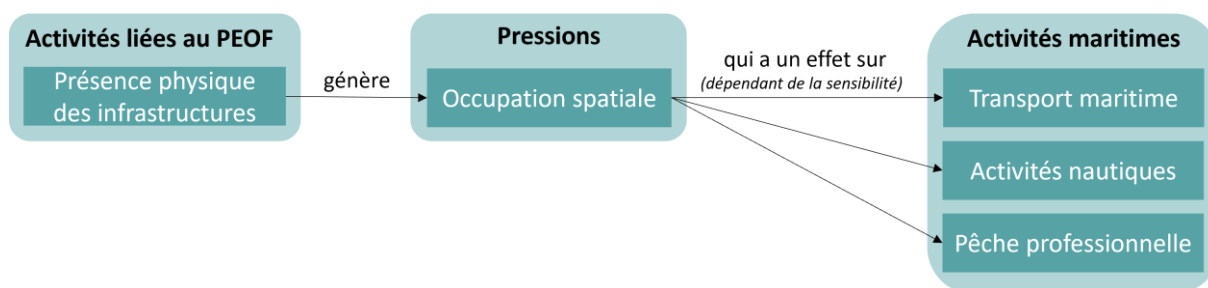


Figure 9. Représentation schématique des triplets étudiés dans le cadre du stage

3.4.3.2.3. Définition et estimation de l'indice de sensibilité

Fondements de la méthode. L'indice de sensibilité doit pouvoir être mobilisé pour identifier les zones propices à l'implantation de n'importe quel PEOF. Aussi, il est nécessaire de prendre du recul par rapport au contexte spécifique de la ferme pilote de Groix & Belle-Île et d'adopter une approche plus globale. On souhaite connaître la sensibilité d'une activité maritime donnée par rapport à un PEOF quelconque, indépendamment de ses caractéristiques techniques, de sa superficie réelle ou de son emplacement. Il s'agit donc d'une évaluation déconnectée du spatial, mobilisée dans un second temps pour les besoins de l'analyse. L'objectif premier du stage est de mettre à l'épreuve cette méthode et d'identifier les éventuelles difficultés posées par ce type d'approche. Cette expérimentation vise à mesurer la facilité d'appropriation de la démarche par les représentants des activités maritimes et à identifier les limites et voies d'amélioration possibles.

Redéfinir la résistance et la résilience. L'évaluation de la sensibilité des activités maritimes face à la pression d'occupation spatiale exercée par un PEOF nécessite d'adapter ses modalités de construction. Les définitions de la résistance et de la résilience ont été modifiées en ce sens. On définit la résistance comme la « *capacité d'une activité maritime à s'exercer sur la zone d'implantation du PEOF sans modification notable de ses caractéristiques initiales* ». Une activité maritime très résistante restera donc inchangée en dépit de l'occupation spatiale générée par le PEOF. La résilience correspond quant à elle à la « *capacité d'adaptation d'une activité maritime reposant sur la possibilité de report dans un espace alternatif et/ou sur la possibilité de développement d'interaction(s) synergique(s) avec le PEOF* ».

On distingue ainsi deux formes de résilience :

- La résilience spatiale, qui correspond à la potentialité de report spatial de l'activité ;
- La résilience de développement, qui comprend la possibilité de diversification de l'activité maritime (inhérente à l'activité elle-même ou induite par la présence du PEOF) et les autres bénéfices potentiels (e.g. partage d'infrastructures, effet DCP).

L'objectif de l'indice de sensibilité est ainsi d'évaluer à la fois le niveau de compatibilité entre l'activité maritime et le PEOF (*résistance*) et la capacité d'adaptation de l'activité maritime face à cette nouvelle forme d'occupation de l'espace (*résilience*).

Estimation de la résistance et de la résilience à dire d'experts. La résistance et la résilience des différentes activités maritimes sont estimées par les personnes-ressources enquêtées lors des entretiens. Les modalités de l'exercice sont définies comme suit :

- Seules les activités susceptibles d'entrer en interaction spatiale avec un PEOF sont étudiées. Les activités exclusivement côtières (e.g. le surf) n'entrent pas dans le cadre de l'étude ;
- Les critères sont déterminés au niveau typologique jugé pertinent par les représentants des activités ;
- On pose l'hypothèse que le PEOF possède une superficie importante. Etant donné l'ampleur du PEOF, on suppose par ailleurs que la zone d'implantation recouvre une part significative de la zone de pratique de l'activité maritime.

La résistance, la résilience spatiale et la résilience de développement sont respectivement approchées par les questions suivantes pendant les entretiens :

- *L'activité peut-elle s'exercer au sein d'un PEOF (au sens faisabilité technique) ?*
- *L'activité peut-elle s'exercer dans d'autres zones ?*
- *L'activité peut-elle se diversifier et/ou bénéficier de la présence du PEOF ?*

Les personnes-ressources peuvent répondre à chacune de ces questions par l'une des modalités de réponse suivantes : pas du tout, avec des contraintes majeures, avec des contraintes modérées, avec des contraintes mineures, tout à fait (sans contraintes). Un indice de confiance est attribué à chaque critère par la personne-ressource afin d'évaluer la qualité de la notation.

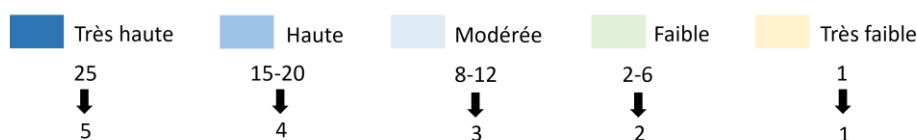
Calcul de l'indice de sensibilité. Les modalités de réponse sont associées à des scores compris entre 1 et 5 (Tableau 7). Chaque critère (résistance, résilience spatiale, résilience de développement) se voit attribuer un score. Les scores de résilience spatiale et de développement sont moyennés pour calculer le score de résilience. Si le résultat obtenu n'est pas entier, l'entier supérieur est conservé (approche conservatrice). L'indice de sensibilité correspond au produit des scores de résistance et de résilience (Tableau 8). Un indice de confiance global issu de la moyenne des indices de confiance des critères de résistance et de résilience est associé à l'indice de sensibilité.

Tableau 7. Correspondance entre les modalités de réponse, les scores et les niveaux de résistance, de résilience spatiale et de résilience de développement

Modalité de réponse	Score	Résistance / Résilience spatiale / Résilience de développement
Tout à fait	1	Très haute
Avec des contraintes mineures	2	Haute
Avec des contraintes modérées	3	Modérée
Avec des contraintes majeures	4	Faible
Pas du tout	5	Aucune

Tableau 8. Calcul de l'indice de sensibilité

Indice de sensibilité		Critère de résilience				
		Aucune (5)	Faible (4)	Modérée (3)	Haute (2)	Très haute (1)
Critère de résistance	Aucune (5)	25	20	15	10	5
	Faible (4)	20	16	12	8	4
	Modérée (3)	15	12	9	6	3
	Haute (2)	10	8	6	4	2
	Très haute (1)	5	4	3	2	1



Afin de prendre en compte les contraintes potentielles liées à la réglementation, l'indice de sensibilité de chaque activité maritime est calculé pour deux scénarios :

- Un **scénario d'accès autorisé** : On suppose que l'activité est légalement autorisée à s'exercer au sein de la zone d'implantation du PEOF (moyennant le respect de certaines contraintes réglementaires) ;
- Un **scénario d'accès interdit** : L'activité n'est pas autorisée à s'exercer au sein de la zone d'implantation du PEOF. Pour ce second scénario, la résistance de l'activité maritime est donc « aucune ».

PARTIE 3 – RÉSULTATS

1. Distribution spatio-temporelle des activités maritimes

Des cartes préliminaires représentant la distribution spatiale des activités maritimes à l'échelle saisonnière ont été produites pour toutes les activités confondues et par groupe d'activités (Annexes III à VIII). La représentation simultanée de tous les groupes d'activités met en évidence une intensité moindre en période hivernale. Les activités apparaissent principalement concentrées sur la bande côtière et ce pour les quatre saisons. Cependant, ce résultat est nettement influencé par les activités nautiques qui sont davantage segmentées au niveau N3 de la typologie par rapport aux activités de transport maritime et de pêche professionnelle (Tableau 1). Aussi, il est préférable d'étudier la distribution spatio-temporelle de chaque groupe d'activités séparément. Alors que les activités nautiques se concentrent à proximité des côtes, le transport maritime se développe essentiellement au large. Il emprunte également des chemins de navigation bien distincts au niveau de la rade de Lorient et entre le continent et les îles. La pêche professionnelle possède quant à elle une zone de pratique très étendue qu'il n'apparaît pas pertinent d'étudier à un tel niveau d'agrégation.

2. Analyse des interactions spatio-temporelles entre activités maritimes

2.1. Toutes activités confondues

Afin d'avoir une première vision globale des interactions spatio-temporelles entre activités maritimes, le nombre total d'activités sur la zone d'étude est représenté (Figure 10).

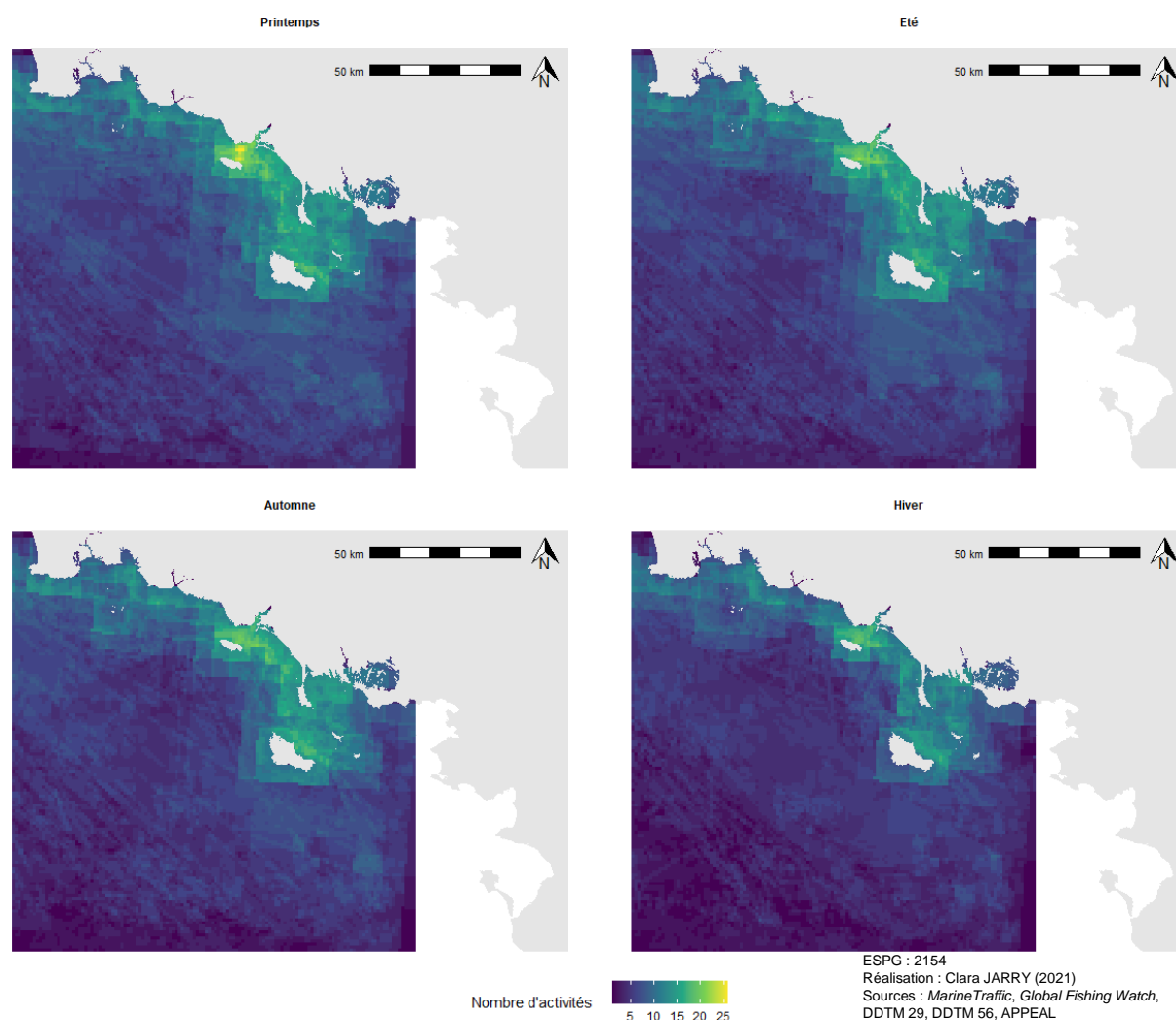


Figure 10. Cartes représentant le nombre d'activités à l'échelle saisonnière

Les activités maritimes sont plus nombreuses sur la bande côtière, notamment autour des îles de Groix et Belle-Île, de la presqu'île de Quiberon et au niveau des passes de la rade de Lorient. Le nombre d'activités est maximal au printemps. Au niveau N3 de la typologie, ce sont jusqu'à 26 activités qui cohabitent sur une même zone.

2.2. Activités en interaction négative

2.2.1. Grille de compatibilité des activités maritimes et calcul des intersections

Les interactions négatives évoquées lors des entretiens ont été synthétisées dans une grille de compatibilité (Figure 11). Elle met en évidence l'éventuelle existence d'interactions conflictuelles pour un couple donné d'activités (une activité en ligne, une activité en colonne). D'après les entretiens, les interactions négatives mettent essentiellement en jeu les activités de transport maritime. Le transport de passagers est par exemple en interaction négative avec les activités de voilier, de kitesurf, de jetski et de pêche professionnelle.



Figure 11. Grille de compatibilité des activités maritimes au niveau N3 de la typologie construite à partir des entretiens

A partir des données géolocalisées, il est possible de calculer le nombre d'intersections spatio-temporelles pour chaque couple d'activités ainsi que le nombre total d'intersections. Pour chaque couple, le nombre d'intersections correspond à la somme des pixels de 1 km² communs aux deux activités et pour chacune des saisons. Le nombre total d'intersections est calculé en sommant les intersections des couples d'activités. Il y a 1 361 425 intersections sur la zone d'étude au total. Ces résultats bruts sont sensibles à la résolution spatiale des données (de 1 km² ici). En effet, plus la segmentation spatiale est fine, plus le nombre d'intersections est élevé. L'influence du découpage spatial (connue en anglais sous le nom de « *modifiable areal unit problem* ») est une source de biais bien connue en cartographie. Aussi, il est plus pertinent d'étudier les résultats relatifs exprimés en pourcentage de la somme totale des intersections. Les résultats bruts de la somme des intersections spatio-temporelles (Annexe IX) et en pourcentage de la somme totale des intersections (Figure 12) sont illustrés au niveau N3 de la typologie.

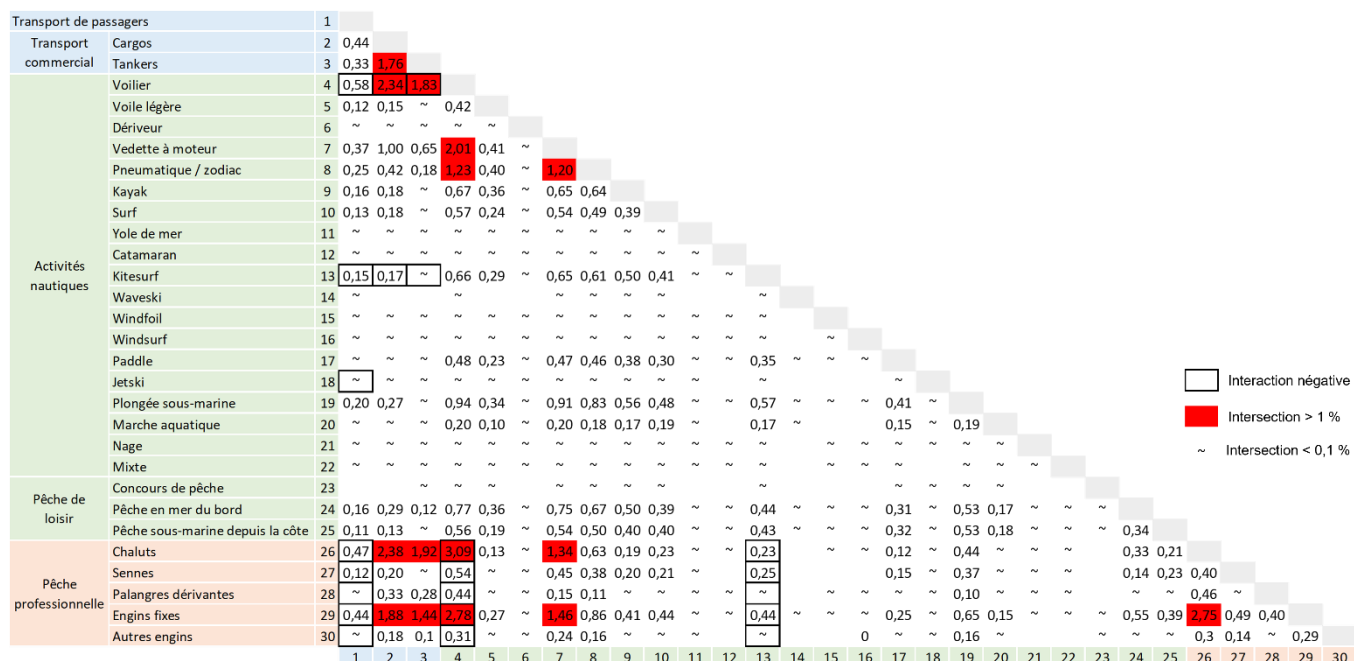


Figure 12. Grille simplifiée de la somme des intersections spatio-temporelles entre activités maritimes au niveau N3 de la typologie (résultats exprimés en pourcentage du nombre total d'intersections)

Les activités nautiques cumulent le maximum d'intersections entre elles avec environ 32 % des intersections. Les intersections entre les activités nautiques et la pêche professionnelle arrivent en deuxième position avec près de 21 %. Les intersections du transport commercial avec la pêche professionnelle et avec les activités nautiques représentent respectivement 8,6 et 8,3 % du total des intersections. Au niveau N3 de la typologie, certaines activités n'entrent pas en interaction ou de manière négligeable (moins de 0,1 % des intersections). Les activités en interaction négative constituent 14 % des intersections environ. Pour autant, certaines activités présentées comme étant conflictuelles entrent très peu en interaction d'après les données géospatiales. C'est le cas par exemple du jet ski et du transport de passagers qui représentent moins de 0,1 % des intersections. Pour certaines activités en interaction négative, les données confirment une forte intersection spatio-temporelle. Il s'agit par exemple du transport commercial et du voilier ou encore de certaines activités de pêche (chaluts, engins fixes) et du voilier.

2.2.2. Zones conflictuelles

Les zones potentiellement conflictuelles peuvent être identifiées en représentant le nombre d'interactions négatives (Figure 13). Cette variable comptabilise le nombre de couples d'activités en interaction négative pour une maille et une saison données. Cependant, elle ne prend pas en compte les probabilités de présence des activités et peut donc conduire à une sur-représentation des interactions négatives. Afin de pallier ce phénomène, un indice d'intensité des interactions négatives a été construit (Figure 14). Pour chaque maille de 1 km² et pour chaque saison, si deux activités en interaction négative sont présentes, le produit de leurs indices de présence est calculé. L'indice d'intensité correspond à la somme des produits des indices de présence. Il est attribué à une maille et à une saison données. La représentation de l'indice d'intensité permet de mettre en évidence des zones concentrant des activités maritimes en interaction négative avec un indice de présence relativement élevé. La rade de Lorient se démarque nettement pour l'ensemble des saisons, notamment en raison d'un nombre important d'activités côtières. Les abords de Quiberon et de Belle-Île apparaissent également comme des zones sous tension. Plus au large, on distingue les voies de navigation du transport maritime qui soulignent les interactions négatives mettant en jeu le transport de passagers au printemps, en été et en automne.

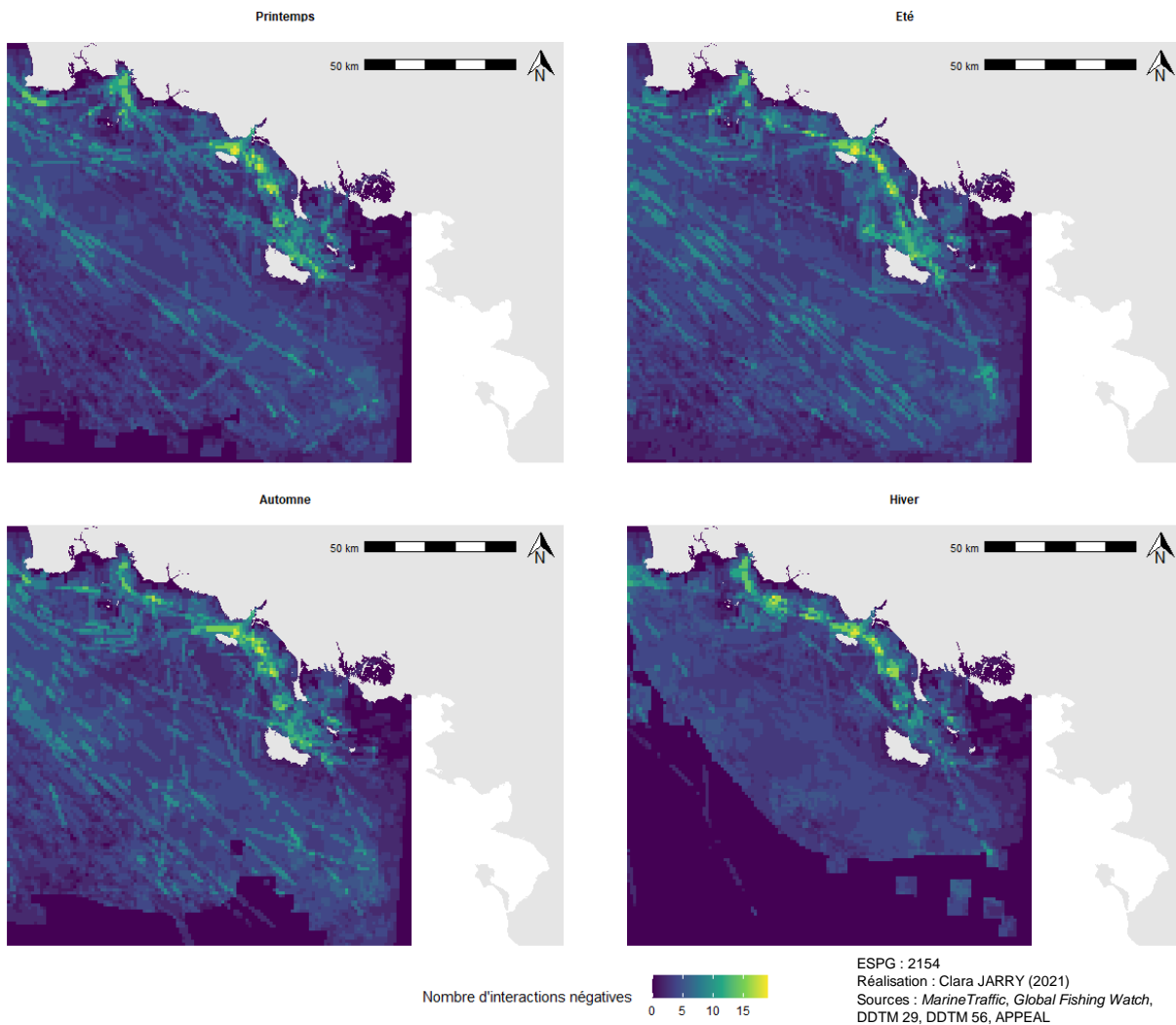


Figure 13. Cartes représentant le nombre d'interactions négatives à l'échelle saisonnière

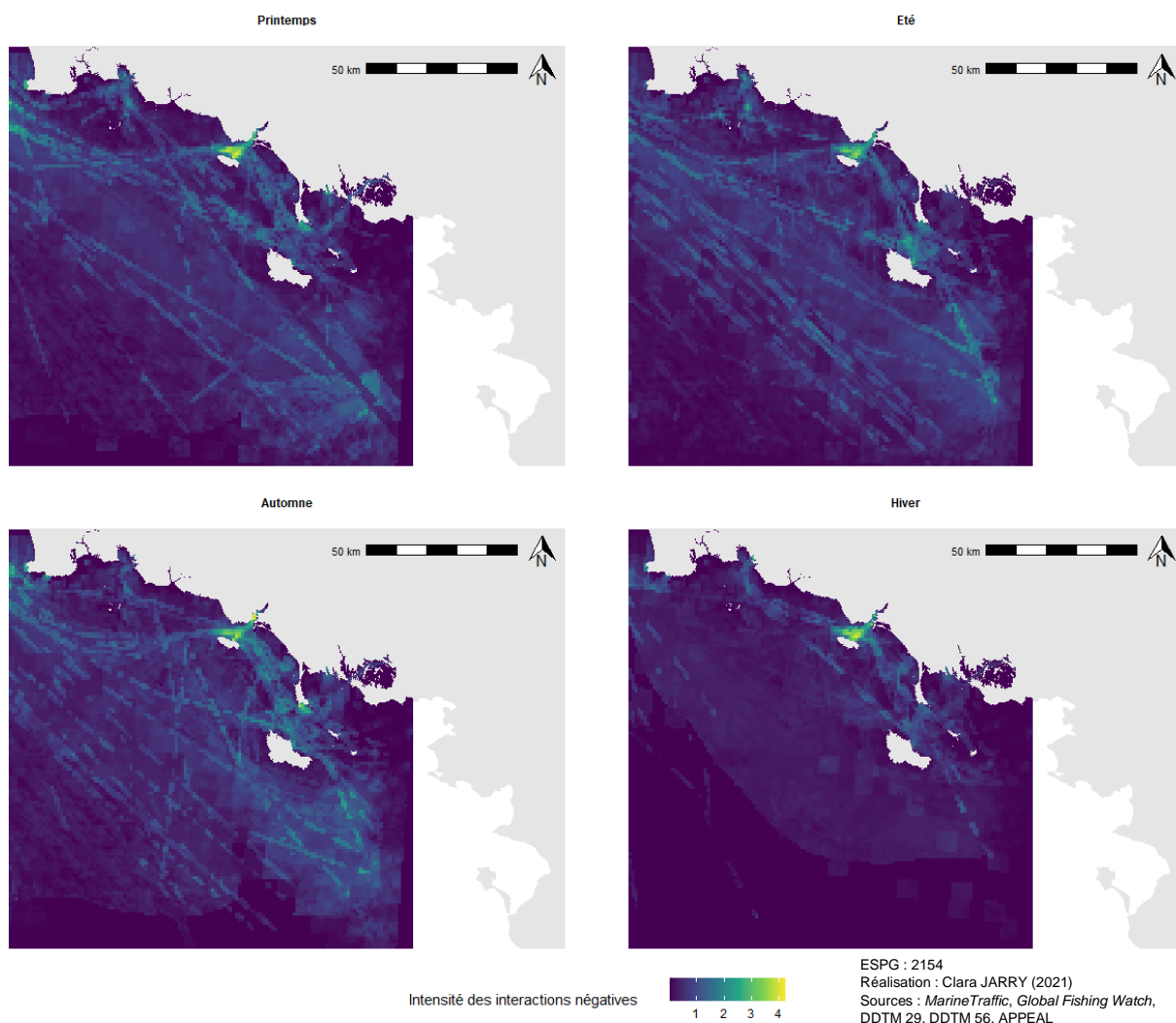


Figure 14. Cartes représentant l'intensité des interactions négatives à l'échelle saisonnière

3. Représentation de la sensibilité des activités maritimes au regard d'un PEOF pour l'identification de zones de moindre contrainte

3.1. Estimation des indices de sensibilité

Les indices de sensibilité ont été estimés lors d'entretiens individuels et collectifs menés auprès de représentants des activités maritimes (quatre entretiens individuels pour les activités nautiques, un entretien individuel pour le transport de passagers, un entretien individuel pour le transport commercial, un entretien collectif auprès de trois représentants pour la pêche professionnelle).

Pour le transport commercial, aucune distinction n'a été faite entre les cargos et les tankers. Concernant les activités nautiques, seul le support « Voilier » s'est vu attribuer un indice de sensibilité. En effet, il s'agit de la principale activité nautique étudiée dont l'aire de pratique recoupe la zone de potentiel de l'éolien flottant et pouvant donc entrer en interaction spatiale avec un PEOF. Pour la pêche professionnelle, les indices de résistance et de résilience de développement ont été estimés à un niveau typologique plus fin que celui des données géospatiales disponibles (Annexe XII). Ce niveau typologique a été choisi dans l'éventualité où des données géospatiales plus précises seraient obtenues. En revanche, la résilience spatiale n'a pas été estimée à dire d'experts. En effet, ce critère est difficile à appréhender pour la pêche professionnelle sans disposer d'une spécification spatiale, s'agissant d'activités de prélèvement fortement tributaires des caractéristiques du milieu. Idéalement, la résilience spatiale aurait pu être évaluée à partir des indicateurs de dépendance spatiale et de dépendance temporelle développés par le GIS VALPENA. Les données VALPENA n'ont malheureusement pu être obtenues dans le cadre du projet APPEAL. Ainsi, la résilience spatiale a été approchée à l'aide des données AIS sous l'hypothèse suivante : « Plus la zone de pêche pratiquée par un engin a une emprise spatiale importante, plus le potentiel de report est élevé ». Damien LE GUYADER a calculé le *percent volume 95* (pv95) par groupe d'engins à partir des données *Global Fishing Watch*, ce qui correspond aux zones représentant 95 % du temps de pratique cumulé pour chaque groupe. Etant donné la répartition des valeurs, seules trois modalités ont été retenues pour décrire le potentiel de report de l'activité : avec des contraintes majeures, avec des contraintes modérées, avec des contraintes mineures. Chaque groupe d'engins a été classé en fonction de la part relative du pv95 de sa zone de pratique par rapport au pv95 total (*i.e.* la surface cumulée pour les cinq groupes). Après examen de la somme des surfaces cumulées pour chacun des groupes, des valeurs seuils arbitraires ont été choisies pour réaliser la classification. Si la part relative du pv95 d'un groupe d'engins est inférieure ou égale à 10 % du pv95 total, le report est possible « avec des contraintes majeures » (résilience spatiale faible). Si la part relative est supérieure ou égale à 40 %, le report est possible « avec des contraintes mineures » (résilience spatiale haute). Entre ces deux seuils, le report est possible « avec des contraintes modérées » (résilience spatiale modérée). Des figures explicatives sont fournies en annexe (Annexes X, XI).

Les différents indices ont été représentés pour les deux scénarios d'accès au PEOF (Figure 15). Etant donné la définition de la résistance, celle-ci est nécessairement nulle pour le scénario d'accès interdit. Les données brutes ainsi que les indices de confiance associés à chaque critère sont disponibles en annexe (Annexe XII).

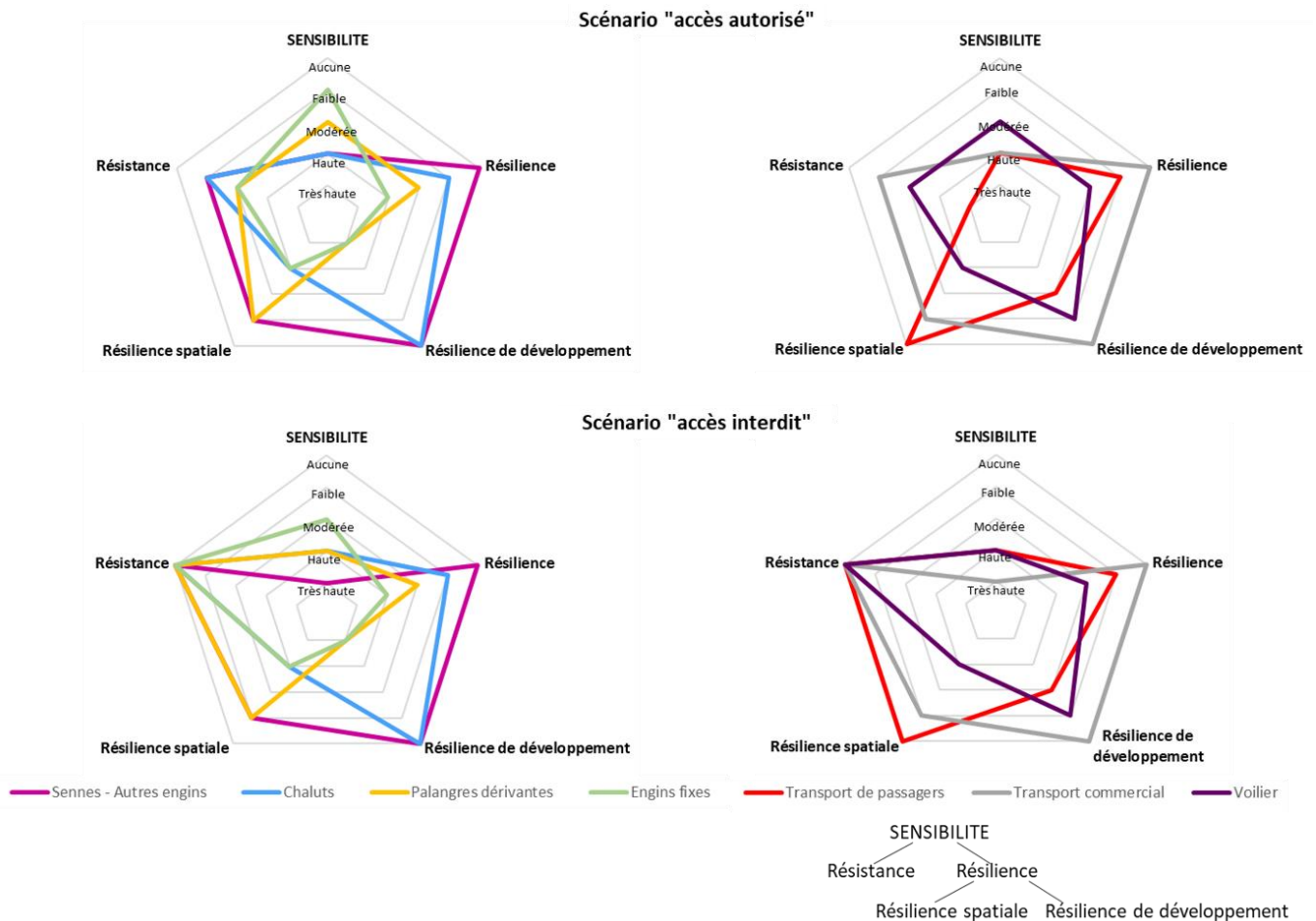


Figure 15. Diagrammes en radar représentant les valeurs des différents indices par activité et pour les deux scénarios d'accès au PEOF

L'activité de transport commercial peut difficilement s'exercer au sein d'un PEOF ; il faudrait pour cela que les rails de navigation soient suffisamment larges. Le report de l'activité est également délicat puisque le transport commercial emprunte des voies de circulation bien définies. L'activité ne peut pas se diversifier en raison d'une impossibilité de reconversion des navires. Une modification de l'activité impliquerait de changer de bateau. La sensibilité du transport commercial vis-à-vis de l'implantation d'un PEOF sur sa zone de pratique est donc très forte. Toutefois, la production d'énergie propre demeure intéressante pour le secteur qui se tourne peu à peu vers une politique de décarbonation.

Concernant le transport de passagers, un PEOF pourrait être problématique s'il venait à être implanté sur le parcours traditionnel des bateaux. Cependant, la présence d'un PEOF constitue une possibilité de création de prestation nouvelle auprès du grand public.

Pour les activités de pêche professionnelle, il existe un véritable clivage entre les arts dormants et les arts traînants. Les engins passifs sont aisément interchangeables contrairement aux engins actifs, ils ont donc une plus grande résilience de développement. La résistance dépend quant à elle de la taille, de la manœuvrabilité mais aussi des technologies utilisées pour positionner et visualiser les engins de pêche.

Les évaluations des différents représentants sont contrastées pour l'activité nautique « Voilier ». Certains représentants mentionnent une éventuelle perturbation du vent par les éoliennes qui pourrait s'avérer problématique pour cette activité, notamment en cas de compétition. L'implantation d'un PEOF pourrait entraîner des déviations de trajectoires importantes pour ce support dont la vitesse de déplacement reste relativement limitée. Cependant, les skippers sont généralement habitués à faire face aux différentes contraintes et adaptent leur stratégie de navigation en conséquence. La résistance de l'activité est donc modérée en cas d'accès autorisé. Par ailleurs, le parc peut constituer un nouveau point de repère en pleine mer et pourrait donc représenter un intérêt pour l'activité.

3.2. Représentation cartographique de la sensibilité

La sensibilité est cartographiée en croisant l'indice de sensibilité et les données géospatiales. Pour ce faire, on calcule un indice de sensibilité moyen pondéré par les indices de présence des différentes activités pour une maille de 1 km² et un scénario d'accès donné. Deux cartes (une par scénario) sont obtenues. A partir de ces cartes, il est possible d'identifier des zones à forts enjeux pour les activités maritimes (sensibilité « haute » et « très haute ») mais également des zones de moindre sensibilité potentiellement propices à l'implantation de PEOF (sensibilité « très faible », « faible » et « modérée »). Les cartes brutes sont disponibles en annexe (Annexes XIII, XIV).

Afin de faciliter l'identification de zones de moindre contrainte, les moyennes des indices de sensibilité ont été discrétisées (Tableau 9) (Figures 16, 17). Les moyennes sont distribuées entre 2 et 4 pour le scénario autorisé et entre 3 et 5 pour le scénario interdit. Pour chaque scénario, les valeurs ont été discrétisées en trois classes selon les quantiles.

Tableau 9. Discrétisation des moyennes des indices de sensibilité

Moyennes scénario autorisé	[2 ; 3,03[	[3,03 ; 3,48[	[3,48 ; 4]	
Moyennes scénario interdit		[3 ; 4[	[4 ; 4,28[	[4,28 ; 4,96]
Valeurs discrétisées	2	3	4	5

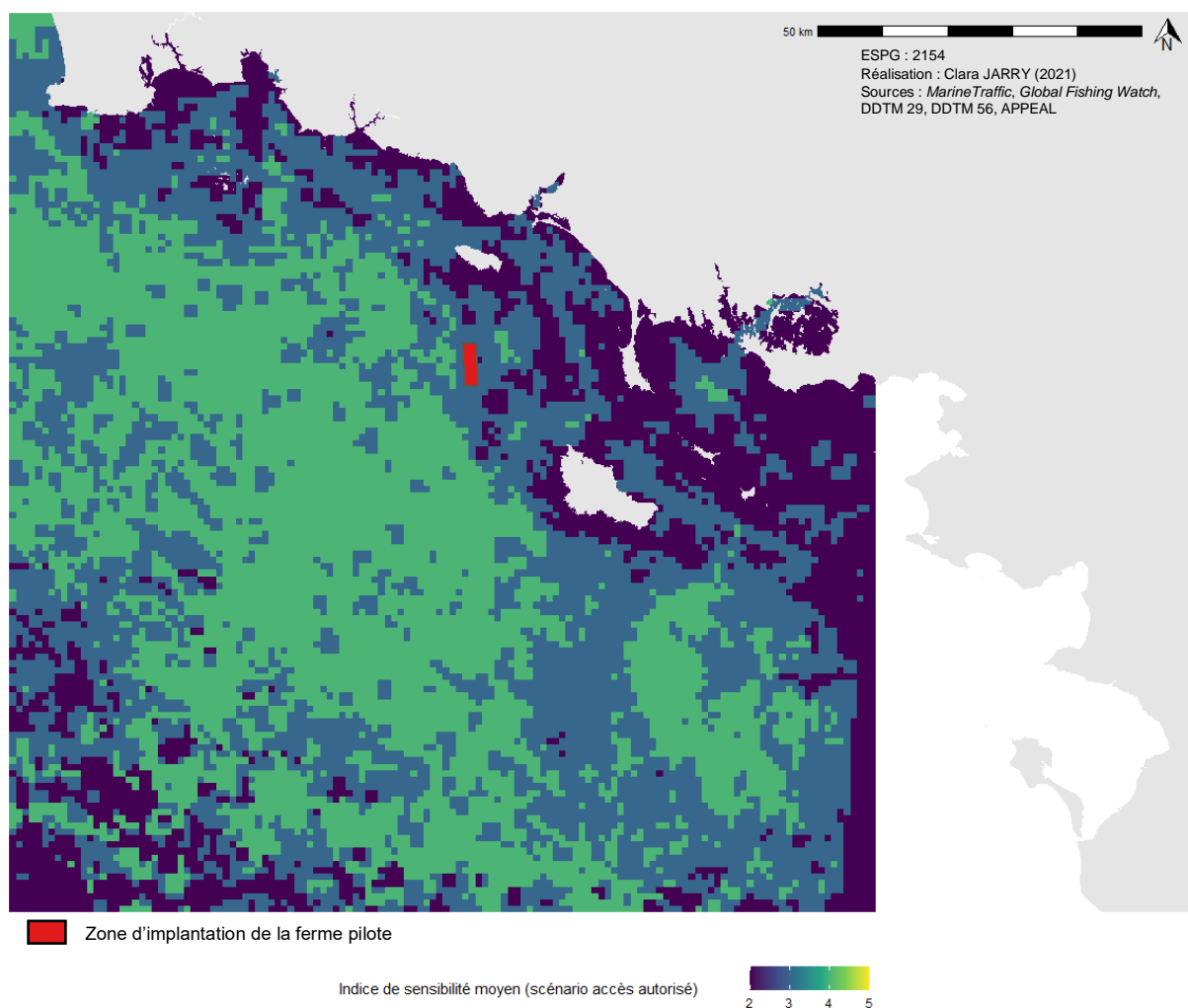


Figure 16. Représentation cartographique de la sensibilité des activités maritimes (scénario accès autorisé)

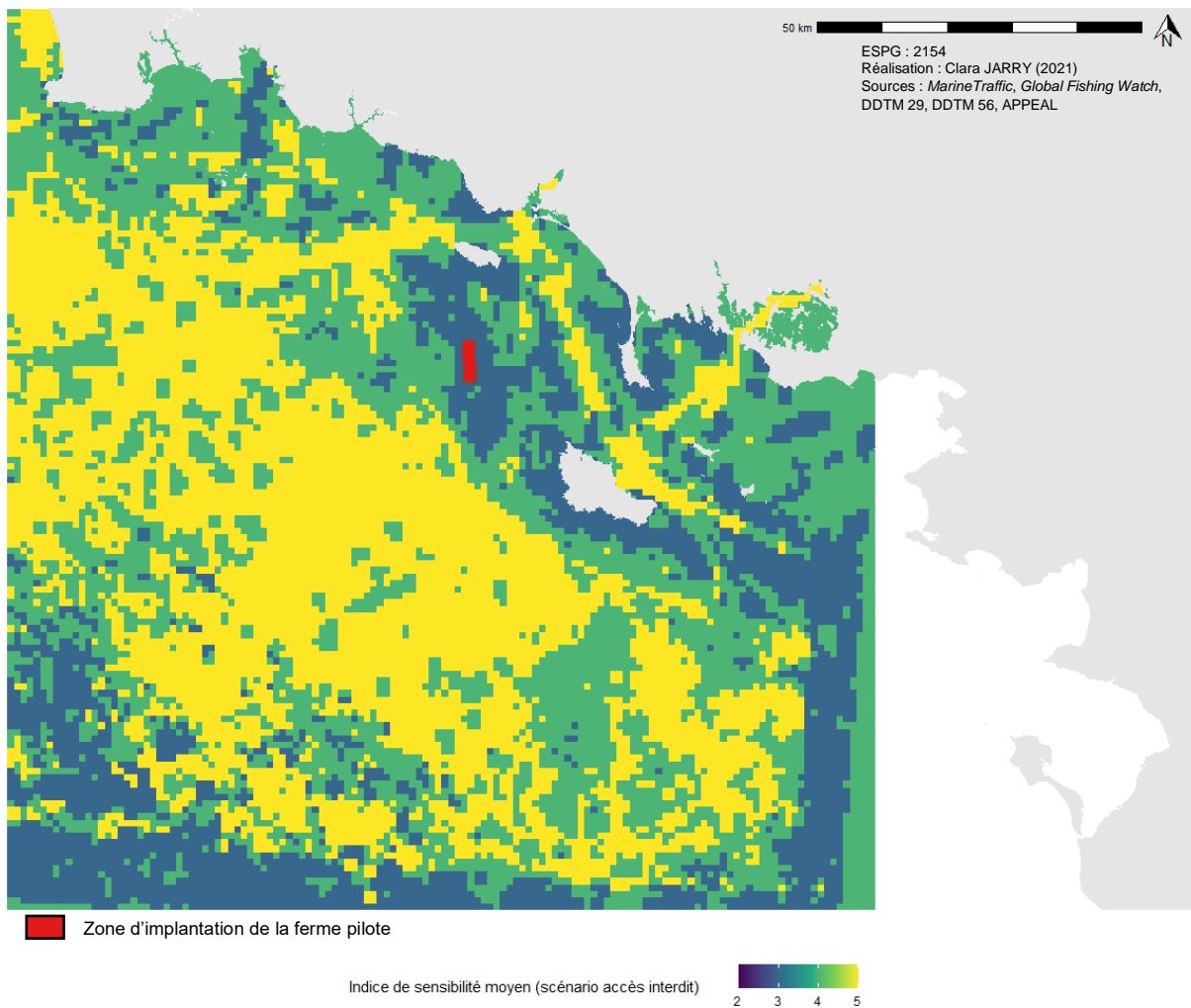


Figure 17. Représentation cartographique de la sensibilité des activités maritimes (scénario accès interdit)

Les sites de moindre contrainte sont les zones pour lesquelles la sensibilité est très faible, faible ou modérée, ce qui correspond à des indices de sensibilité compris entre 1 et 3. Sur les cartes, il s'agit des zones bleues foncées et bleues. À l'inverse, les zones jaunes et vertes sont caractérisées par une sensibilité haute et très haute. Pour le scénario d'accès autorisé, les zones de moindre contrainte se situent étonnamment près des côtes, mais également plus au large. Dans le cas d'un scénario d'accès interdit, les zones de moindre contrainte suivent globalement la même distribution mais avec une surface plus restreinte. Il s'agit du scénario le plus contraignant pour les activités. La zone d'implantation de la ferme pilote de Groix & Belle-Île est *a priori* localisée sur une zone de moindre contrainte et ce pour les deux scénarios.

4. Une première approche de l'impact du PEOF de Groix & Belle-Île sur les activités maritimes

4.1. Activités présentes sur la zone d'implantation

La somme des indices de présence (sur les mailles constituant la zone d'implantation du PEOF de Groix & Belle-Île) a été calculée pour chaque activité (Tableau 10). Certaines activités nautiques dont la zone de pratique avait été jugée disjointe de la zone de potentiel de l'éolien flottant sont présentes sur la zone d'implantation (e.g. surf, kitesurf, pêche en mer du bord). Deux explications à ce phénomène sont possibles. Le PEOF de Groix & Belle-Île étant une ferme pilote, il est situé plus près des côtes que ne le seraient les parcs commerciaux ; il peut donc entrer en interaction avec des

activités qualifiées de « côtières ». Toutefois, il est plus plausible que cette superposition spatiale soit liée à la qualité de certaines données géographiques qui tendent plutôt à surévaluer les zones de pratique. En effet, la résolution spatiale utilisée dans l'interface cartographique du questionnaire peut facilement conduire les répondants à sur-représenter leurs zones d'activité.

La pêche professionnelle (chaluts, engins passifs) ainsi que certaines activités nautiques (voilier, vedette à moteur) présentent la plus forte intensité de pratique sur la zone d'implantation. Cependant, cette observation ne permet pas de conclure à un plus fort impact de la ferme pilote sur ces activités. Il est nécessaire de nuancer l'importance de ce site au regard de leurs aires de pratique totales, en étudiant par exemple leur dépendance à cette zone en matière de fréquentation et/ou de chiffre d'affaires. Des données géographiques de résolution temporelle plus fine ainsi que des données économiques spatialisées permettraient d'approfondir l'analyse.

Tableau 10. Sommes des indices de présence des activités présentes sur la zone d'implantation (par ordre décroissant)

Activité	Somme des indices de présence
Chaluts	52,84
Engins passifs	45,37
Voilier	36,33
Vedette à moteur	30,19
Cargos	13,66
Surf	10,42
Pneumatique	7,89
Transport de passagers	5,13
Voile légère	2,21
Tankers	1,81
Sennes	1,10
Kitesurf	0,63
Pêche en mer du bord	0,63

4.2. Hiérarchisation des activités selon leur sensibilité

Les activités présentes sur la zone d'implantation peuvent être classées en fonction de leurs indices de sensibilité afin d'estimer l'impact potentiel du PEOF (Tableau 11).

Tableau 11. Hiérarchisation des activités présentes sur la zone d'implantation selon leurs indices de sensibilité

Sensibilité	Scénario d'accès autorisé	Scénario d'accès interdit
Très haute		Cargos, tankers, sennes
Haute	Chaluts, cargos, tankers, sennes	Chaluts, voilier, transport de passagers
Modérée	Voilier	Engins passifs
Faible	Engins passifs, transport de passagers	

Le transport commercial et la pêche aux arts traïnants sont les activités les plus sensibles sur la zone d'implantation du parc de Groix & Belle-Île. L'impact sur ces activités dépendra de leur droit d'exercer ou non au sein de la zone d'implantation. Au moment de la rédaction de ce rapport, la réglementation n'est toujours pas arrêtée sur ce point. Cependant, le procès-verbal des travaux de la grande commission nautique (2018) a dressé un certain nombre de recommandations afin de garantir la sécurité de la navigation au sein et à proximité du PEOF de Groix & Belle-Île. En phase d'exploitation, la grande commission nautique conseille par exemple d'interdire au sein du parc les navires de plus de 25 mètres de longueur (ce qui exclurait le transport commercial), les manifestations nautiques ainsi que la pêche aux arts traïnants (GCN 2018).

PARTIE 4 – DISCUSSION

1. Difficultés et limites liées à la disponibilité des données géographiques

Des données hétérogènes. La première difficulté rencontrée est la forte hétérogénéité des données spatio-temporelles utilisées. Les données possèdent divers formats et résolutions spatiales et temporelles. Certaines ont déjà subi des prétraitements (*i.e.* données AIS) et analysent des variables différentes (*e.g.* densité de longueur cumulée des trajectoires, temps médian de pêche). Cette hétérogénéité implique d’effectuer des traitements préliminaires en amont des analyses afin de définir une échelle commune. Une approche « par jeu de données » a été choisie afin de réaliser la normalisation et le rééchantillonnage. Le même poids a été accordé à tous les jeux de données, c’est-à-dire que la valeur maximale de chaque jeu s’est vue attribuer un indice de présence de 1. Ce choix méthodologique ne rend pas compte des écarts réels d’intensité de pratique entre les différentes activités et a des conséquences en termes d’interprétation. Cependant, les données en leur état initial n’auraient pas permis d’étudier les écarts réels d’intensité de pratique en raison de leurs différentes unités d’analyse.

Des données incomplètes. Certaines données sont insuffisantes pour décrire de manière satisfaisante les activités maritimes. La navigation de plaisance et la pêche professionnelle sont représentées de façon marginale par les données AIS. En 2019, 75 % des navires de la sous-région Sud Bretagne ont une longueur inférieure à 15 mètres (SIH 2020). Or, seuls les navires de pêche d’une longueur supérieure à 15 mètres doivent obligatoirement être équipés du système AIS (Le Guyader, Le Tixerant 2019). Les petits navires peuvent choisir de s’équiper volontairement de ce système (transpondeurs de classe B) (Serry, Lévêque 2015). Cependant, la faible représentativité des données AIS peut être nuancée en considérant le rayon d’action des navires. En effet, les navires de petite taille ont majoritairement un rayon d’action côtier, c’est-à-dire qu’ils exercent plus de 75 % de leur activité dans les 12 milles. Les navires d’une longueur supérieure à 15 mètres exercent quant à eux essentiellement au large (SIH 2020). Ils sont donc plus à même d’entrer en interaction spatiale avec des PEOF. Il serait néanmoins préférable de compléter les données AIS par une information plus fine et prenant en compte l’ensemble des navires comme les données VALPENA. Ces dernières n’ayant pas été obtenues au moment du stage, les analyses ont été réalisées avec les données AIS qui demeurent la meilleure donnée disponible en notre possession à l’heure actuelle.

Une faible résolution temporelle. Une autre limite concerne la résolution temporelle des données. En effet, cette résolution ne permet pas de décrire les activités maritimes à une échelle plus fine que la saison. Il est compliqué de rendre compte de la dynamique des activités à un tel niveau d’agrégation. Un pas de temps journalier pourrait être plus adapté pour traduire le déroulement des activités. Par ailleurs, l’échelle saisonnière peut ne pas être pertinente dans certains cas. Par exemple, les calendriers de pratique de la pêche professionnelle ne suivent pas forcément le découpage saisonnier traditionnel.

Une inégale résolution spatiale. Certaines données utilisées possèdent une résolution spatiale relativement grossière par rapport aux données AIS. La technique de numérisation à main levée des zones de pratique, employée lors des entretiens, de même que la taille des mailles de l’interface cartographique du questionnaire, peuvent aisément conduire à une sur-représentation des zones de pratique des différentes activités.

Aussi, il convient de garder à l’esprit que les résultats présentés comportent une part d’incertitude importante liée aux données d’entrée. Enfin, notons que certains modes de collecte de l’information spatiale utilisés (numérisation des zones de pratique à dire d’acteurs, géoréférencement

des tracés des DMN) sont très chronophages. Ceci pose la question de la reproductibilité de la méthode.

2. Réflexions sur la méthode d'évaluation de la sensibilité

2.1. Compréhension et appropriation de la méthode par les représentants

La méthode proposée pour estimer la sensibilité des activités maritimes a été plus ou moins simple à mettre en œuvre en fonction des personnes-ressources. Pour les représentants du transport maritime et des activités nautiques, la méthode a plutôt été bien perçue et comprise dans l'ensemble. L'évaluation a été plus délicate pour la pêche professionnelle, notamment en raison de son caractère « aspatial ». En effet, la pêche est une activité de prélèvement qui dépend énormément des conditions environnementales (*e.g.* type de substrat) qui influent elles-mêmes sur les ressources halieutiques disponibles et sur les engins de pêche utilisés. La production des indicateurs de résistance et de résilience nécessite un réel effort d'abstraction et de détachement par rapport aux connaissances fines du terrain. Les indicateurs se veulent génériques et impliquent de fait une certaine simplification de la réalité. Par ailleurs, seuls des représentants des comités des pêches ont pu être interrogés dans le cadre du stage. Il serait également intéressant de tester la méthode auprès de patrons pêcheurs.

Globalement, il apparaît primordial de bien indiquer aux personnes-ressources le caractère « aspatial » de l'évaluation, la finalité de la méthode et les modalités d'utilisation ultérieure des indicateurs. Afin de rendre l'exercice le plus intelligible possible, il est également important de simplifier au maximum les questions posées et les choix de réponse proposés.

2.2. Biais de l'évaluation à dire d'experts

Malgré son statut de représentant, la personne-ressource peut fournir une évaluation influencée par son opinion propre vis-à-vis de l'éolien offshore flottant. En effet, une personne défavorable à cette technologie peut avoir tendance à augmenter le score de l'indice de sensibilité pour l'activité qu'elle représente. Ceci pourrait expliquer en partie les divergences d'évaluation entre les différents représentants pour l'activité nautique « Voilier ». Un tel phénomène n'a pas pu être observé pour les autres activités en raison du nombre limité d'entretiens. Il semble préférable de réaliser des entretiens collectifs plutôt qu'individuels. Des échanges entre plusieurs représentants permettraient de nuancer les propos et de produire une évaluation la plus neutre possible. Par ailleurs, une évaluation collective peut donner lieu à des indices de confiance plus élevés.

2.3. Une évaluation limitée à une seule pression

L'évaluation de la sensibilité des activités maritimes est proposée au regard d'une pression en particulier, la pression d'occupation spatiale exercée par un PEOF en phase d'exploitation. Cependant, la phase d'exploitation n'est pas toujours la plus contraignante. En effet, certaines activités peuvent être davantage impactées par des pressions temporaires survenant lors des phases de travaux. Ce point a été soulevé à plusieurs reprises lors des entretiens. Les activités nautiques côtières, *a priori* peu gênées par la présence d'un parc en elle-même, peuvent être sensibles aux activités liées à l'installation et au démantèlement des infrastructures. Dans un second temps, la méthode pourrait donc être adaptée pour intégrer d'autres pressions. Certaines pressions peuvent néanmoins être complexes à illustrer par un indicateur spatial.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Les résultats de l'étude permettent de resituer l'enjeu de l'implantation de PEOF au sein de la problématique plus vaste de cohabitation des usages en mer. Le concept de sensibilité, utilisé généralement en référence à des composantes écologiques ou environnementales, a été transposé au cas des activités maritimes. La méthode élaborée pour évaluer la sensibilité des activités au regard des pressions exercées par les PEOF a pu être éprouvée auprès de représentants du transport maritime, des activités nautiques et de la pêche professionnelle. Cette phase d'application exploratoire s'est révélée concluante. Elle laisse à penser que cette démarche pourrait être réinvestie dans le cadre de projets de PEOF commerciaux, moyennant certains ajustements. En effet, la méthode en l'état permet d'estimer la sensibilité des activités uniquement au regard de la pression d'occupation spatiale exercée par les infrastructures en phase de fonctionnement. La méthode pourrait être améliorée en prenant en compte les pressions générées lors des phases de travaux.

Le croisement des données spatio-temporelles avec l'indicateur de présence/absence des interactions négatives, récolté lors des entretiens, a permis d'identifier des zones conflictuelles, soumises à une concurrence importante d'accès à l'espace. Ces zones se concentrent essentiellement au niveau de la rade de Lorient et à proximité des îles. Les couples d'activités entrant le plus en interaction ont également pu être mis en évidence. Il s'agit par exemple de certaines activités de pêche (chaluts, engins passifs) et du voilier, ou encore du voilier et des cargos. De plus, le couplage des données géographiques à l'indice de sensibilité a permis d'identifier des zones de moindre contrainte, à savoir des zones présentant un indice de sensibilité moyen de très faible à modéré. Ces zones diffèrent sensiblement entre les deux scénarios d'accès au PEOF, et sont naturellement plus restreintes pour le scénario d'accès interdit.

Cependant, il est à noter que ces résultats restent fortement tributaires des données d'entrée. Les facteurs limitants de l'étude sont la disponibilité des données spatio-temporelles et le faible nombre d'entretiens réalisés pour produire les différents indicateurs. Aussi, les résultats présentés ne doivent pas être considérés comme une illustration fidèle de la réalité mais plutôt comme une preuve de concept validant la pertinence de la méthode développée.

BIBLIOGRAPHIE

- ALEXANDER, K.A., POTTS, T. et WILDING, T.A., 2013.** Marine renewable energy and Scottish west coast fishers: Exploring impacts, opportunities and potential mitigation. In : *Ocean & Coastal Management*. Vol. 75, p. 1-10. DOI 10.1016/j.ocecoaman.2013.01.005.
- BLYTH-SKYRME, R.E., 2010.** Options and opportunities for marine fisheries mitigation associated with windfarms. Final report for Collaborative Offshore Wind Research Into the Environment contract FISHMITIG09. COWRIE Ltd, London. 125 p.
- BONNEVIE, I. M., HANSEN, H. S. et SCHRØDER, L., 2019.** Assessing use-use interactions at sea: A theoretical framework for spatial decision support tools facilitating co-location in maritime spatial planning. In : *Marine Policy*. Vol. 106, 12 p. DOI 10.1016/j.marpol.2019.103533.
- BRACQ, G., 2016.** L'éolien offshore flottant. Disponible à l'adresse : <https://ifmmediterranee.files.wordpress.com/2016/11/eolien-offshore-flottant-par-guillaume-bracq.pdf>.
- CADORET, A., 2006.** Conflits d'usage liés à l'environnement et réseaux sociaux : Enjeux d'une gestion intégrée ? Le cas du littoral du Languedoc-Roussillon. Thèse de doctorat de géographie. Université Paul Valéry - Montpellier III. 592 p. Disponible à l'adresse : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00176681>.
- CARON, A. et TORRE, A., 2006.** Vers une analyse des dimensions négatives de la proximité : Les conflits d'usage et de voisinage dans les espaces naturels et ruraux. In : *Développement durable et territoires*. Dossier 7. DOI 10.4000/developpementdurable.2641. Disponible à l'adresse : <http://journals.openedition.org/developpementdurable/2641>.
- CICIN-SAIN, B. et KNECHT, R.W., 1998.** Integrated Coastal and Ocean Management: Concepts and Practices. Island Press, Washington DC, États-Unis.
- CNPMEM, 2020.** Position des Comités des pêches maritimes et des élevages marins à l'égard du développement des énergies marines renouvelables. Disponible à l'adresse : <https://www.comite-peches.fr/wp-content/uploads/2021/01/Position-commune-des-Comit%C3%A9s-des-P%C3%A9ches-maritimes-et-des-%C3%A9levages-marins-%C3%A0-l'égard-des-%C3%A9nergies-marines-renouvelables-d%C3%A9cembre-2020.pdf>.
- COATES, D.A., KAPASAKALI, D.A., VINCX, M. et VANAVERBEKE, J., 2016.** Short-term effects of fishery exclusion in offshore wind farms on macrofaunal communities in the Belgian part of the North Sea. In : *Fisheries Research*. Vol. 179, p. 131-138. DOI 10.1016/j.fishres.2016.02.019.
- CORLAY, J.-P., 2001.** Interactions fonctionnelles et spatiales en zone côtière : réflexions pour l'analyse et la gestion. ENSAR/Ifremer, Rennes, p. 69-86.
- COUPER, A. D., 1983.** The Times Atlas of the Oceans. Van Nostrand Reinhold, New York. ISBN 978-0-442-21661-0.
- DE CACQUERAY, M., 2011.** La planification des espaces maritimes en France métropolitaine : un enjeu majeur pour la mise en oeuvre de la Gestion Intégrée de la Mer et du Littoral. Thèse de doctorat en géographie. Université de Bretagne Occidentale. 555 p. Disponible à l'adresse : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00656090>.
- DEGRAER, S., BRABANT, R., RUMES, B. et VIGIN, L. (éd.), 2019.** Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Marking a Decade of Monitoring, Research and Innovation. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 134 p.
- DEGRAER, S., BRABANT, R., RUMES, B. et VIGIN, L. (éd.), 2020.** Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Empirical Evidence Inspiring Priority Monitoring, Research and Management. Series 'Memoirs on the Marine Environment'. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 131 p.
- EHLER, C. et DOUVERE, F., 2009.** Marine Spatial Planning: A Step-by-Step Approach Toward Ecosystem-based Management. Intergovernmental Oceanographic Commission and Man and the Biosphere Programme. IOC Manual and Guides No. 53, ICAM Dossier No. 6. Paris: UNESCO.
- EOLFI, 2021b.** Plaquette de présentation. Disponible à l'adresse : https://eoliennes-groix-belle-ile.com/wp-content/uploads/2021/02/eolfi_plaquette-6pages-fr-15_bd.pdf.
- FEFGBI et RTE, 2017.** Projet des « éoliennes flottantes de Groix & Belle-Île » et leur raccordement électrique - Synthèse des échanges de la réunion publique de Quiberon. Disponible à l'adresse : <http://eoliennes-groix-belle-ile.com/wp-content/uploads/2017/06/eolfi-reunionpubliquequiberon11042017vf.pdf>.
- FEFGBI et RTE, 2018a.** Chapitre 3 - Description des incidences notables que le Projet est susceptible d'avoir sur l'environnement. In : *Etude d'impact du projet des éoliennes flottantes de Groix & Belle-Île*. 323 p.
- FEFGBI et RTE, 2018b.** Résumé non technique de l'Etude d'impact. Disponible à l'adresse : [36](http://documents.projets-</p></div><div data-bbox=)

environnement.gouv.fr/2018/12/03/99605/99605_RNT.pdf.

GCN, 2018. Procès-verbal des travaux de la grande commission nautique relative au projet d'implantation d'un parc éolien flottant pilote de Groix - Belle-Ile. Disponible à l'adresse : https://www.shom.fr/sites/default/files/2020-01/PV_GC_N_GBI_23042018_complet.pdf.

GIEC, 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

GÖKE, C., DAHL, K. et MOHN, C., 2018. Maritime Spatial Planning supported by systematic site selection: Applying Marxan for offshore wind power in the western Baltic Sea. In : *PLoS ONE*. Vol. 13, n° 3, 13 p. DOI 10.1371/journal.pone.0194362.

GRAY, M., STROMBERG, P-L. et RODMELL, D., 2016. Changes to fishing practices around the UK as a result of the development of offshore windfarms – Phase 1 (Revised). The Crown Estate, 121 p. ISBN: 978-1-906410-64-3

GT ECUME, 2020. Recommandations pour l'évaluation des impacts cumulés de projets de parcs éoliens en mer. 33 p.

HALOUANI, G., VILLANUEVA, C-M., RAOUX, A., DAUVIN, J.C., BEN RAIS LASRAM, F., FOUCHER, E., LE LOC'H, F., SAFI, G., ARAIGNOUS, E., ROBIN, J.P. et NIQUIL, N., 2020. A spatial food web model to investigate potential spillover effects of a fishery closure in an offshore wind farm. In : *Journal of Marine Systems*. Vol. 212, 11 p. DOI 10.1016/j.jmarsys.2020.103434.

HOOPER, T. et AUSTEN, M., 2014. The co-location of offshore windfarms and decapod fisheries in the UK: Constraints and opportunities. In : *Marine Policy*. Vol. 43, p. 295-300. DOI 10.1016/j.marpol.2013.06.011.

JOHNSON, J. C. et POLLNAC, R. B., 1989. Introduction to managing marine conflicts. In : *Ocean and Shoreline Management*. Vol. 12, n° 3, p. 191-198. DOI 10.1016/0951-8312(89)90002-7.

KLINGER, D. H., MARIA EIKESET, A., DAVÍÐSDÓTTIR, B., WINTER, A.-M. et WATSON, J. R., 2018. The mechanics of blue growth: Management of oceanic natural resource use with multiple, interacting sectors. In : *Marine Policy*. Vol. 87, p. 356-362. DOI 10.1016/j.marpol.2017.09.025.

KROODSMA, 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. et WORM, B., 2018. Tracking the global footprint of fisheries. In : *Science*. Vol. 359, n° 6378, p. 904-908. DOI 10.1126/science.aao5646.

LACROIX, D. et PIOCH, S., 2011. The multi-use in wind farm projects: more conflicts or a win-win opportunity? In : *Aquatic Living Resources*. Vol. 24, n° 2, p. 129-135. DOI 10.1051/alr/2011135.

LALANCETTE, S., LE FLOC'H, P. et LE GALLIC, B., 2019. Les énergies marines renouvelables répondent-elles au modèle d'économie de la fonctionnalité ? In : *Vertigo*. Vol. 19, n° 1. DOI 10.4000/vertigo.24725. Disponible à l'adresse : <http://journals.openedition.org/vertigo/24725>.

LA RIVIERE M., AISH A., GAUTHIER O., GRALL J., GUERIN L., JANSON A.-L., LABRUNE C., THIBAUT T. et THIEBAUT E., 2016. Assessing benthic habitats' sensitivity to human pressures: a methodological framework – Summary report. Rapport SPN 2016-87. MNHN. Paris, 42 p.

LE GUYADER, D., 2012. Modélisation des activités humaines en mer côtière. Thèse de doctorat en géographie. Université de Bretagne Occidentale. 310 p.

LE GUYADER, D. et LE TIXERANT, M., 2019. De multiples applications pour l'analyse des données AIS (Automatic Identification System) et la géovisualisation interactive de données. In : *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*. Vol. 94, n° 2, p. 54. DOI 10.3917/re1.094.0054.

LE GUYADER, D., LE TIXERANT, M. et GOURMELON, F., 2016. Dynamiques des ACTIVités mARitimes (DACTARI) : Base d'Information Géographique et Temporelle en support à la connaissance et à la scénarisation. Rapport de recherche. CNRS LETG ; TerraMaris. 56 p. <hal-01391071>.

LE MARCHAND, M., 2020. Modélisation écosystémique des effets combinés du changement climatique et d'un parc éolien flottant dans le Golfe de Gascogne. Thèse de doctorat en Ecologie marine. Université de Bretagne Occidentale. 168 p.

LE TIXERANT, M., 2004. Dynamique des activités humaines en mer côtière. Application à la mer d'Iroise. Thèse de doctorat en géographie. Université de Bretagne Occidentale. 214 p.

MTES, 2012. Energies marines renouvelables – Etude méthodologique des impacts environnementaux et socio-économiques des énergies marines renouvelables. 361 p. Disponible à l'adresse : <https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-22257-rapport-medde.pdf>.

MTES, 2017. Guide d'évaluation des impacts sur l'environnement des parcs éoliens en mer. 201 p. Disponible à l'adresse :

https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/guide_etude_impact_eolien_mer_2017_complet.pdf.

REILLY, K., O'HAGAN, A.M. et DALTON, G., 2015. Attitudes and perceptions of fishermen on the island of Ireland towards the development of marine renewable energy projects. In : *Marine Policy*. Vol. 58, p. 88-97. DOI 10.1016/j.marpol.2015.04.001.

RUER, J., 2013. Eolien offshore - Techniques de base. In : *Techniques de l'Ingénieur*. Disponible à l'adresse : <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/energies-th4/energies-renouvelables-42594210/eolien-offshore-be8571/>.

SERRY, A. et LÉVÊQUE, L., 2015. Le système d'identification automatique (AIS) : Une source de données pour étudier la circulation maritime. In : *Netcom*. n° 29-1/2, p. 177-202. DOI 10.4000/netcom.1943.

SIH, 2020. Sous-Région Sud Bretagne. 2019. Activité des navires de pêche. Disponible à l'adresse : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00650/76240/>.

SMITH, H. D. et VALLEGA, A. (éd.), 1991. The Development of Integrated Sea-Use Management. London ; New York : Routledge. Ocean management and policy series. ISBN 978-0-415-03816-4. HC92 .D48 1991

ST. MARTIN, K. et HALL-ARBER, M., 2008. The missing layer: Geo-technologies, communities, and implications

for marine spatial planning. In : *Marine Policy*. Vol. 32, n° 5, p. 779-786. DOI 10.1016/j.marpol.2008.03.015.

STELZENMÜLLER, V., GIMPEL, A., LETSCHERT, J., KRAAN, C. et DÖRING, R., 2020. Research for PECH Committee - Impact of the use of offshore wind and other marine renewables on European fisheries. European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies, Brussels. 104 p. Disponible à l'adresse : [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2020/652212/IPOL_STU\(2020\)652212_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2020/652212/IPOL_STU(2020)652212_EN.pdf).

SYNDICAT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES et FRANCE ENERGIE EOLIENNE, 2018. Note sur les fermes éoliennes flottantes de taille commerciale. 13 p. Disponible à l'adresse : http://www.dirm.mediterranee.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/annexe_i_-_note_ser_fee.pdf.

YATES, Katherine L. et BRADSHAW, Corey J. A. (éd.), 2018. Offshore energy and marine spatial planning. Abingdon, Oxon ; New York, NY : Routledge. Earthscan oceans. ISBN 978-1-138-95453-3.

ZOUNTOURIDOU, E.I., KIOKES, G.C., CHAKALIS, S., GEORGILAKIS, P.S. et HATZIARGYRIOU, N.D., 2015. Offshore floating wind parks in the deep waters of Mediterranean Sea. In : *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 51, p. 433-448. DOI 10.1016/j.rser.2015.06.027.

SITOGRAPHIE

CDPMEM 56, 2021. Les différents métiers. In : *CDPMEM 56 - Comité Départemental des Pêches Maritimes et des Élevages Marins - Morbihan*. [Consulté le 6 juin 2021]. Disponible à l'adresse : <http://www.cdpmem56.fr/les-differents-metiers/>.

COMMISSION EUROPÉENNE, 2016. Paquet sur le climat et l'énergie à l'horizon 2020. In : *Site web de la Commission européenne*. [Consulté le 14 avril 2021]. Disponible à l'adresse : https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_fr.

DURAND, M., 2019. Les ports français en 2019. In : *L'Antenne - Les transports et la logistique au quotidien*. [Consulté le 6 juin 2021]. Disponible à l'adresse : https://www.lantenne.com/Les-ports-francais-en-2019_a14374.html.

EOLFI, 2021a. Éolien flottant. In : *Eoliennes Flottantes de Groix et Belle-Ile*. [Consulté le 5 juin 2021]. Disponible à l'adresse : <https://eoliennes-groix-belle-ile.com/eolien-flottant/>.

GIRARD, S. et KALAYDIJAN, R., 2019. Secteur industriel - Production d'énergie. In : *Ifremer Données Economiques Maritimes Françaises*. [Consulté le 5 juin 2021]. Disponible à l'adresse : <http://www.ifremer.fr/demf/reports/2016/4-power-gen#22-autres-projets-dans-les-nergies-marines-4>.

IFREMER, 2020. Géolocalisation et instrumentation des navires de pêche. In : *Système d'informations*

halieutiques. [Consulté le 22 mai 2021]. Disponible à l'adresse : <https://sih.ifremer.fr/Debarquements-effort-de-peche/Geolocalisation-et-instrumentation>.

LORIENT AGGLOMÉRATION, 2020. Keroman - Port de pêche de Lorient : Les chiffres clés. In : *Keroman.fr*. [Consulté le 6 juin 2021]. Disponible à l'adresse : <http://www.keroman.fr/Les-chiffres-cles.12609.0.html>.

MTES, 2019a. Le Gouvernement publie le projet de Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) dans son intégralité. In : *Site web du Ministère de la Transition écologique*. [Consulté le 14 avril 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.ecologie.gouv.fr/gouvernement-publie-projet-programmation-pluriannuelle-lenergie-ppe-dans-integralite>.

MTES, 2019b. Objectif zéro émission nette de CO2 d'ici 2050 : François de Rugy a présenté le projet de loi relatif à l'énergie et au climat en Conseil des ministres. In : *Site web du Ministère de la Transition écologique*. [Consulté le 14 avril 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.ecologie.gouv.fr/objectif-zero-emission-nette-co2-dici-2050-francois-rugy-presente-projet-loi-relatif-lenergie-et-au>.

PARLEMENT EUROPÉEN, 2020. Énergies renouvelables | Fiches thématiques sur l'Union européenne. In : *Site web du Parlement européen*. [Consulté le 14 avril 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/fr/sheet/70/energies-renouvelables>.

ANNEXES

Annexe I. Guide utilisé pour la conduite d'entretien (version générique)

Personne-ressource

- Est-ce que vous pouvez me parler de votre fonction ?
- Depuis quand l'exercez-vous ?
- Pratiquez-vous une activité en mer ? Plus précisément en Bretagne sud ? Depuis quand ?

Structure

- Pouvez-vous me parler de votre structure et des activités que vous proposez ?

Description des activités proposées

Validation de la typologie

- Que pensez-vous de cette typologie ? Y a-t-il des activités qui manquent ?

Spatialisation des zones de pratique (activités nautiques seulement)

- A quelle(s) saison(s) l'activité est-elle pratiquée ?
- Est-ce que le bassin d'entraînement est le même pour toutes les saisons ?
- Pouvez-vous délimiter sur cette carte le ou les bassins d'entraînement de l'activité ?
- Quel est le nombre moyen de supports (ou de sorties) par saison ?
- Tenez-vous une base de données ou un planning où vous renseignez les séances effectuées ?

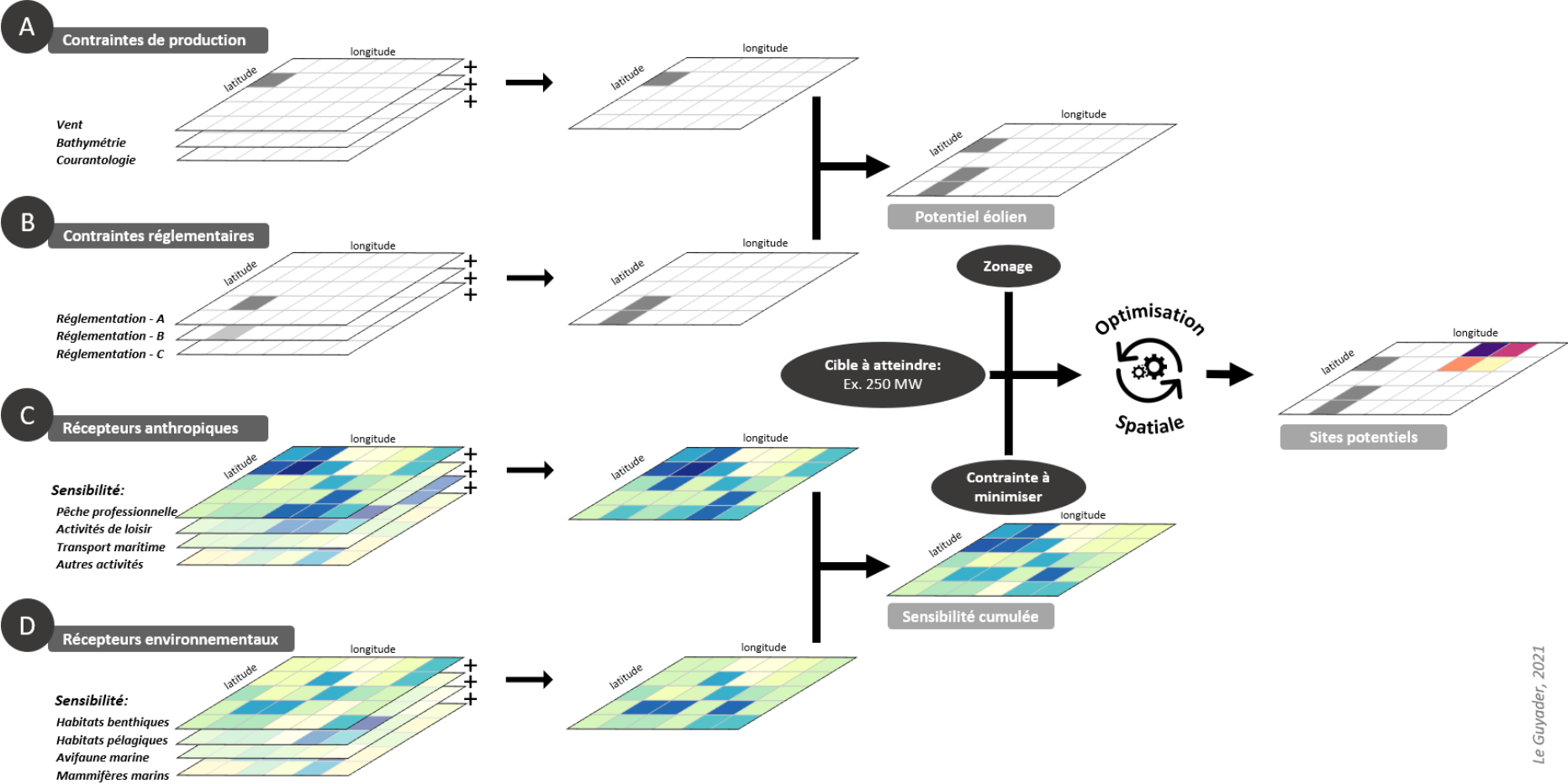
Interactions avec les autres activités

- Existe-t-il des activités maritimes dont la pratique gêne certaines de vos activités ? Lesquelles ?
- Pouvez-vous me décrire la nature de cette gêne ?

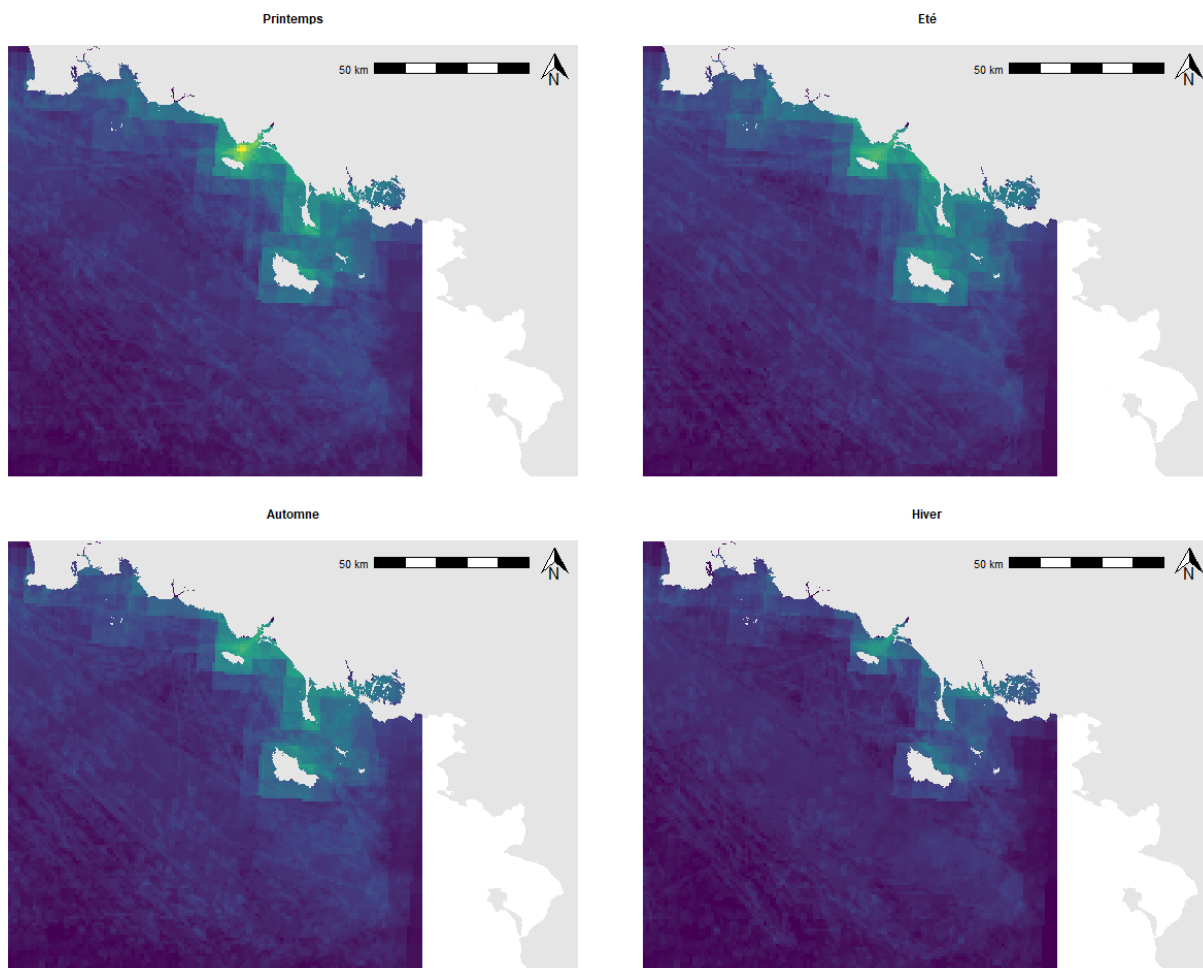
Construction des indices de sensibilité

- L'activité peut-elle s'exercer au sein d'un PEOF ?
- L'activité peut-elle s'exercer dans d'autres zones ?
- L'activité peut-elle se diversifier et/ou bénéficier de la présence du PEOF ?

Annexe II. Représentation schématique de la méthode d'optimisation spatiale utilisée dans le cadre du projet APPEAL (Le Guyader 2021)



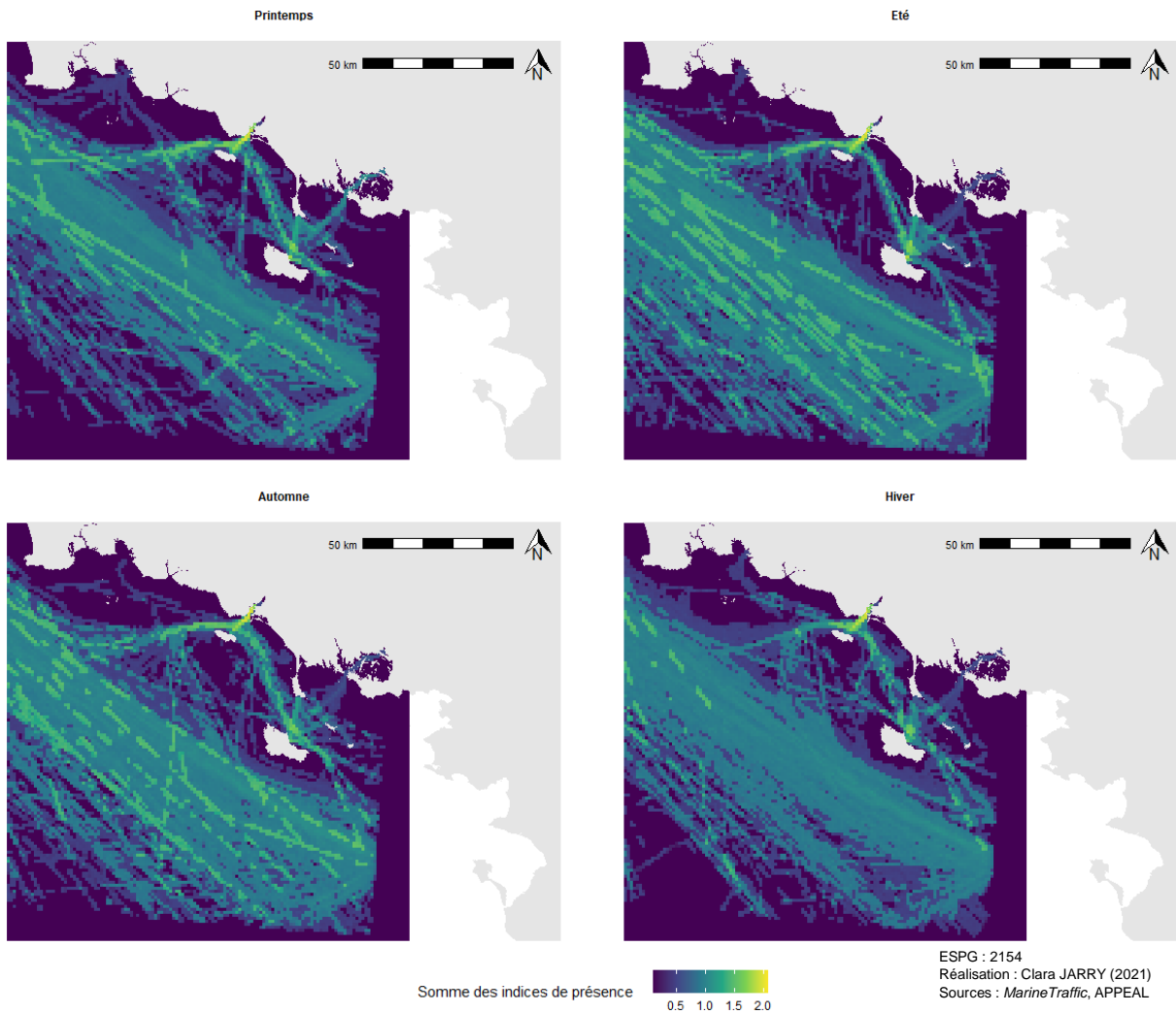
Annexe III. Cartes représentant la somme des indices de présence à l'échelle saisonnière pour toutes les activités confondues



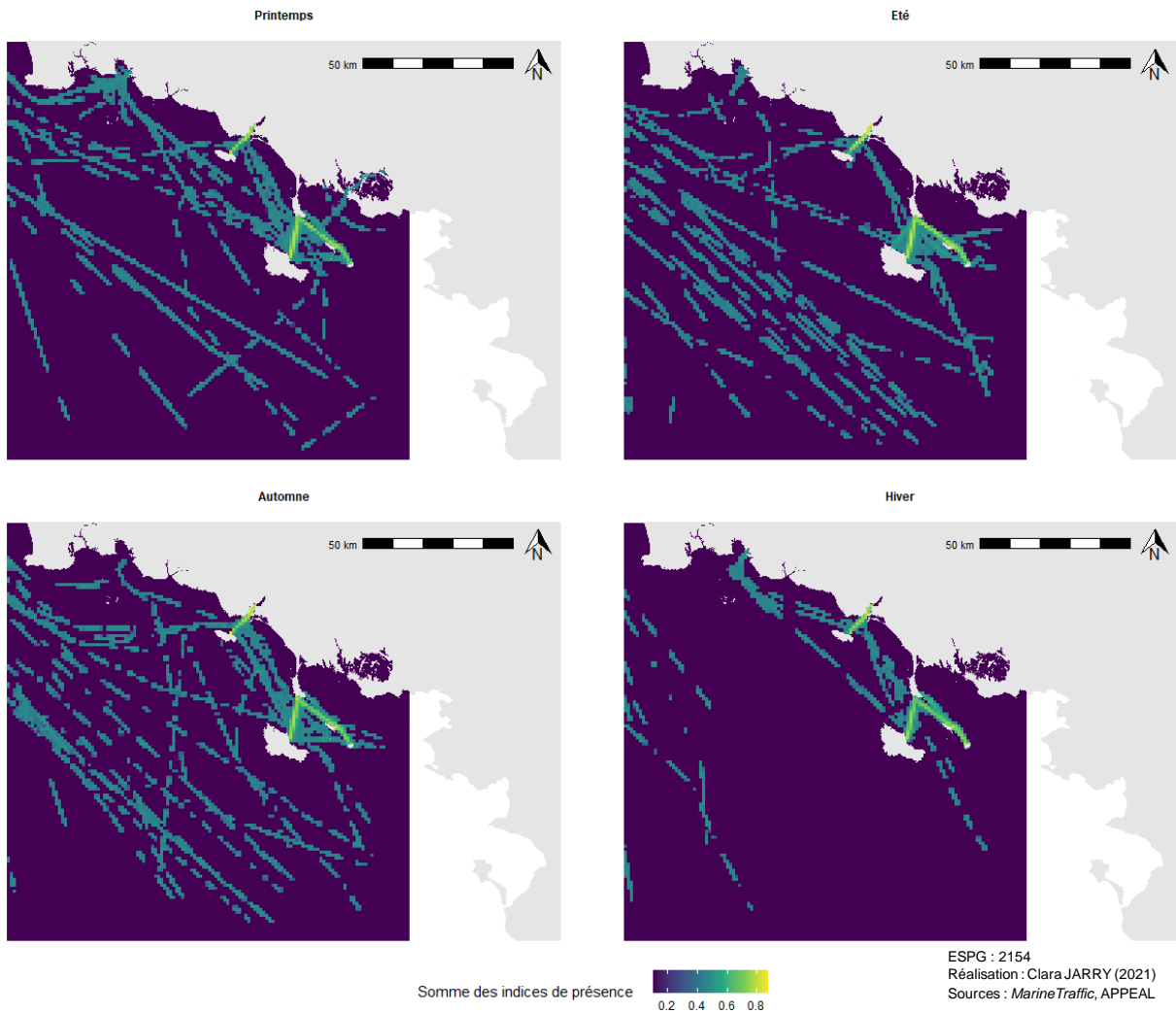
Somme des indices de présence

ESPG : 2154
Réalisation : Clara JARRY (2021)
Sources : *MarineTraffic*, *Global Fishing Watch*,
DDTM 29, DDTM 56, APPEAL

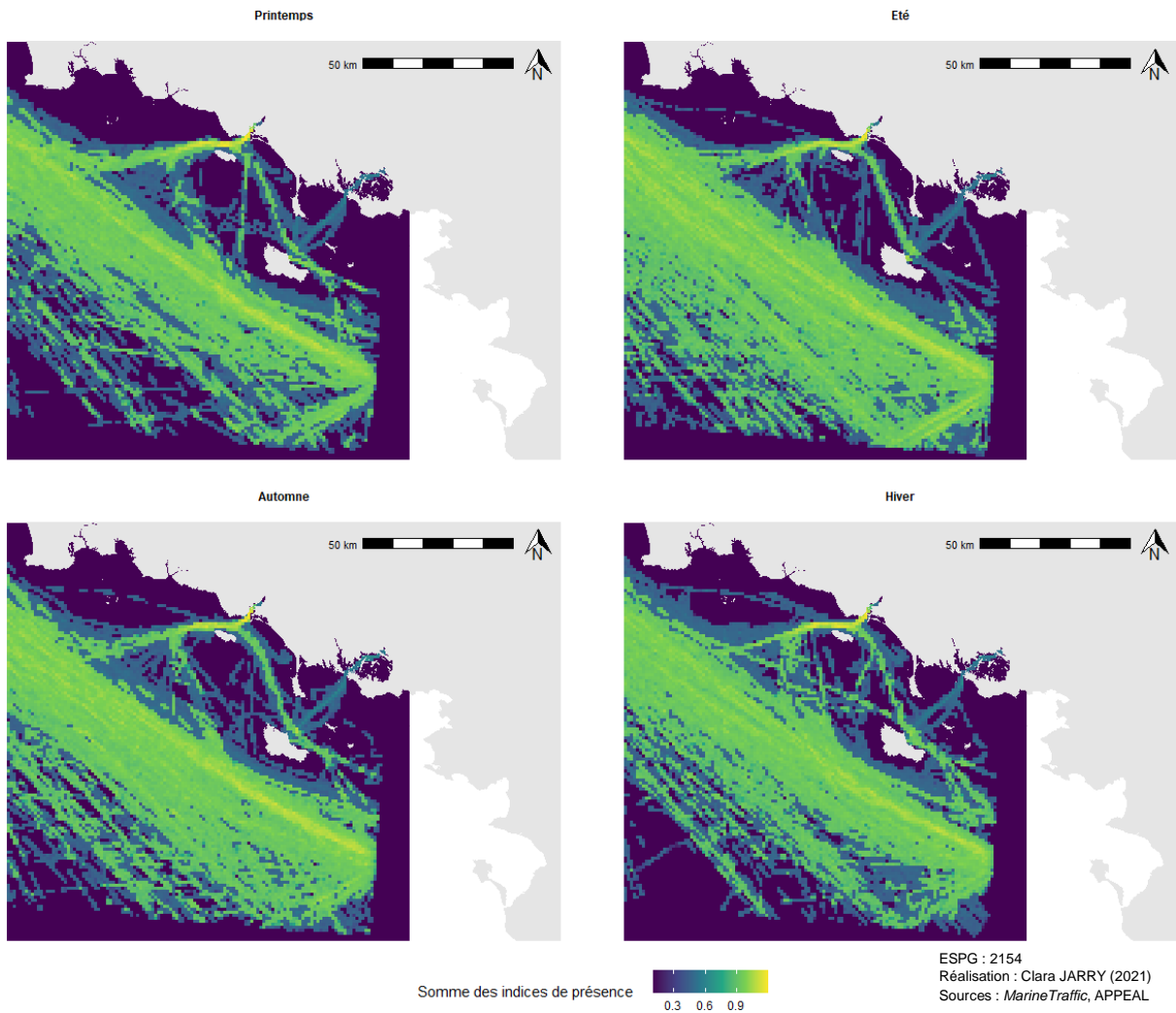
Annexe IV. Cartes représentant la somme des indices de présence à l'échelle saisonnière pour le transport maritime



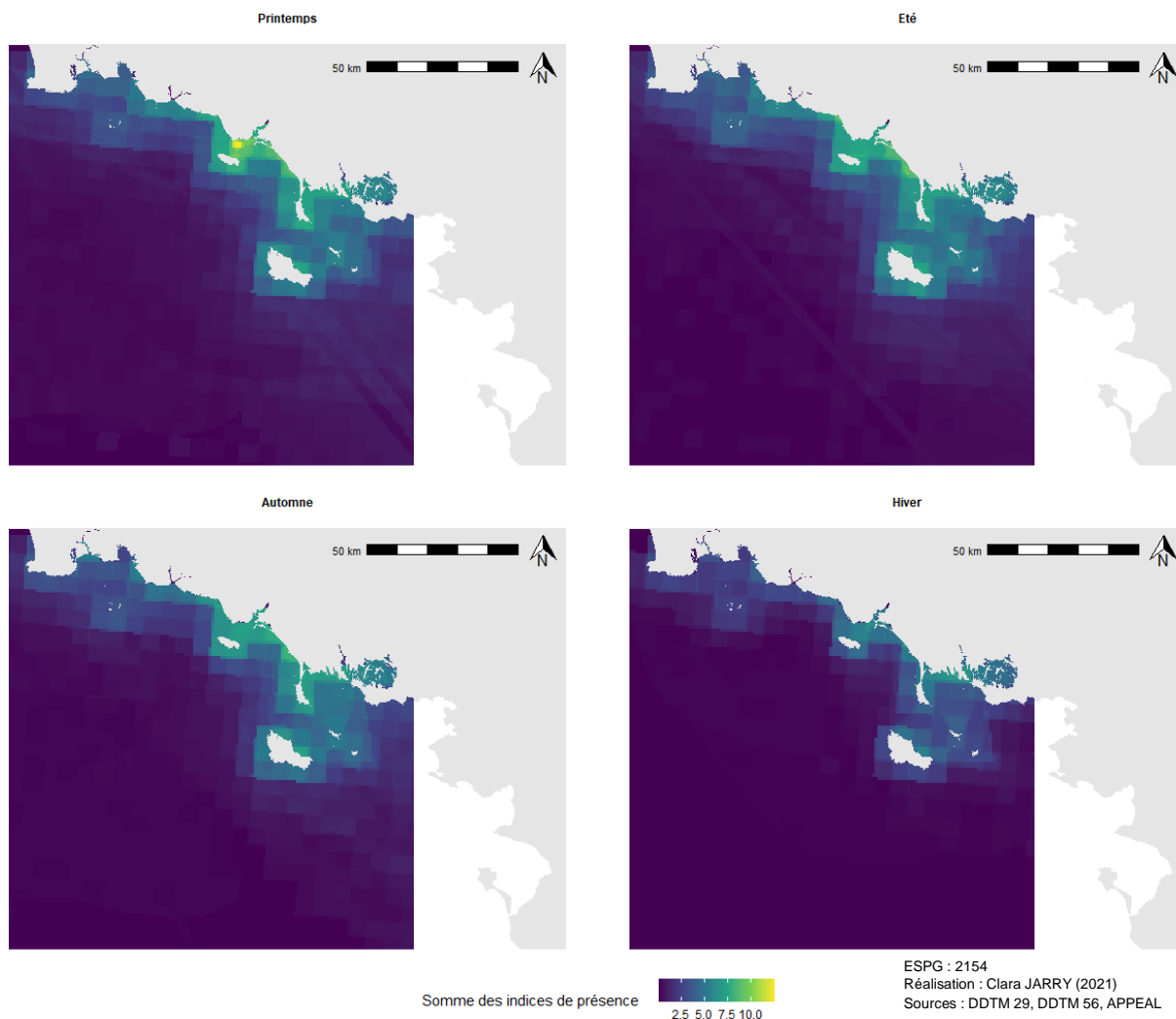
Annexe V. Cartes représentant la somme des indices de présence à l'échelle saisonnière pour le transport de passagers



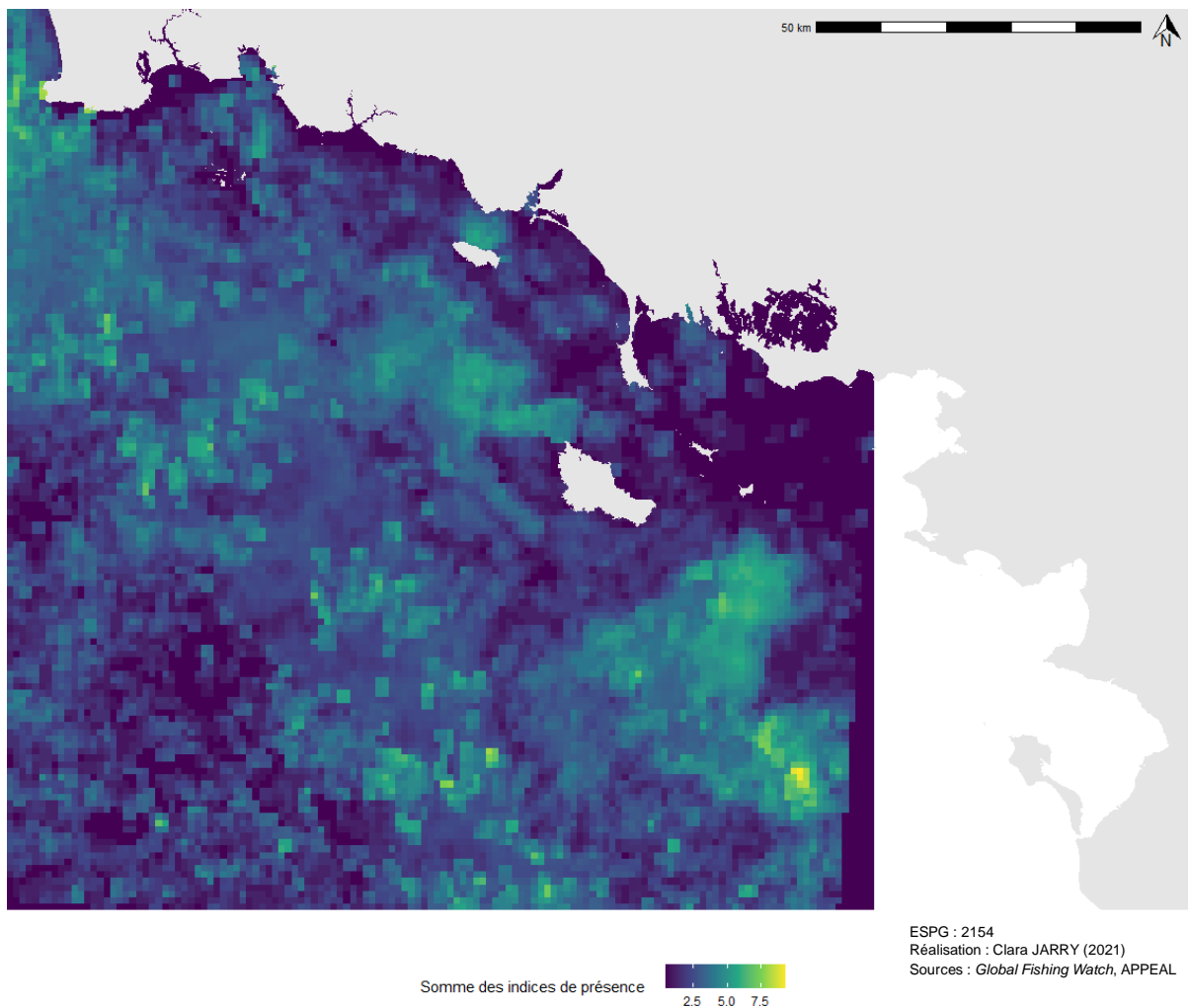
Annexe VI. Cartes représentant la somme des indices de présence à l'échelle saisonnière pour le transport commercial



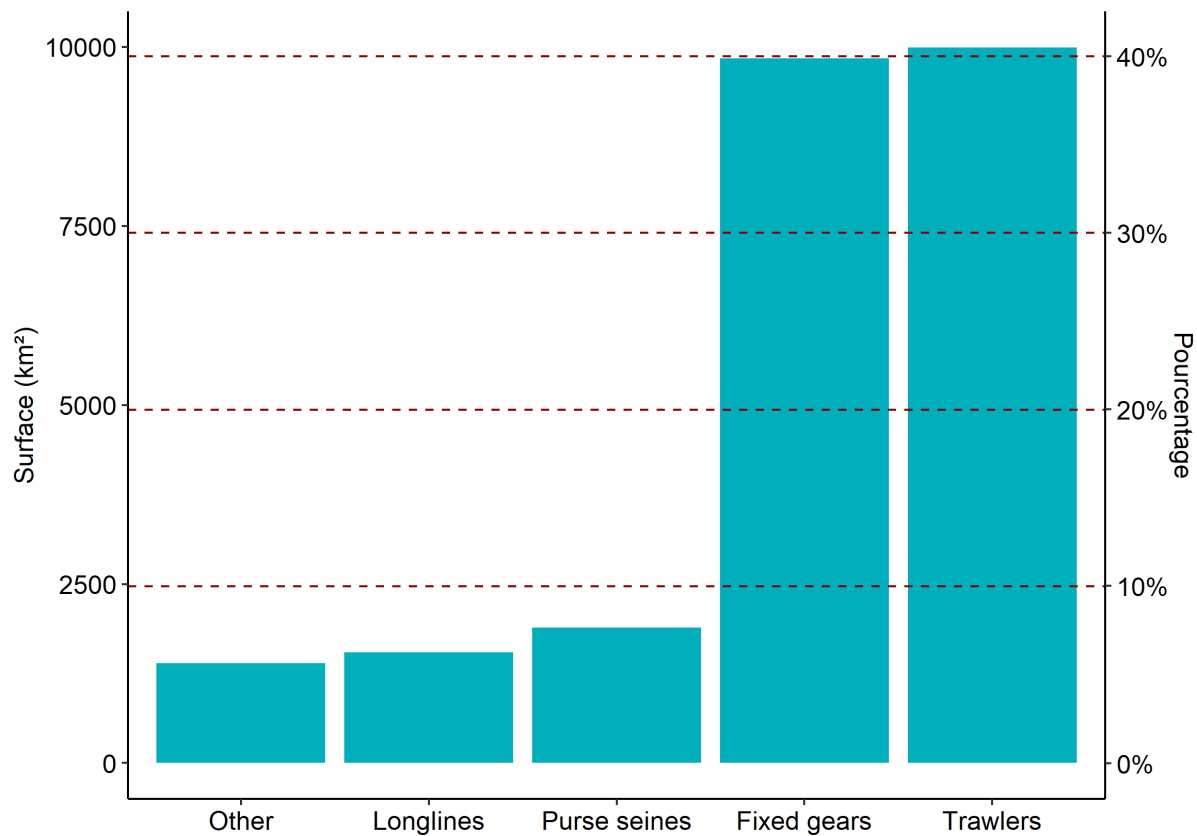
Annexe VII. Cartes représentant la somme des indices de présence à l'échelle saisonnière pour les activités nautiques



Annexe VIII. Carte représentant la somme des indices de présence à l'échelle annuelle pour la pêche professionnelle

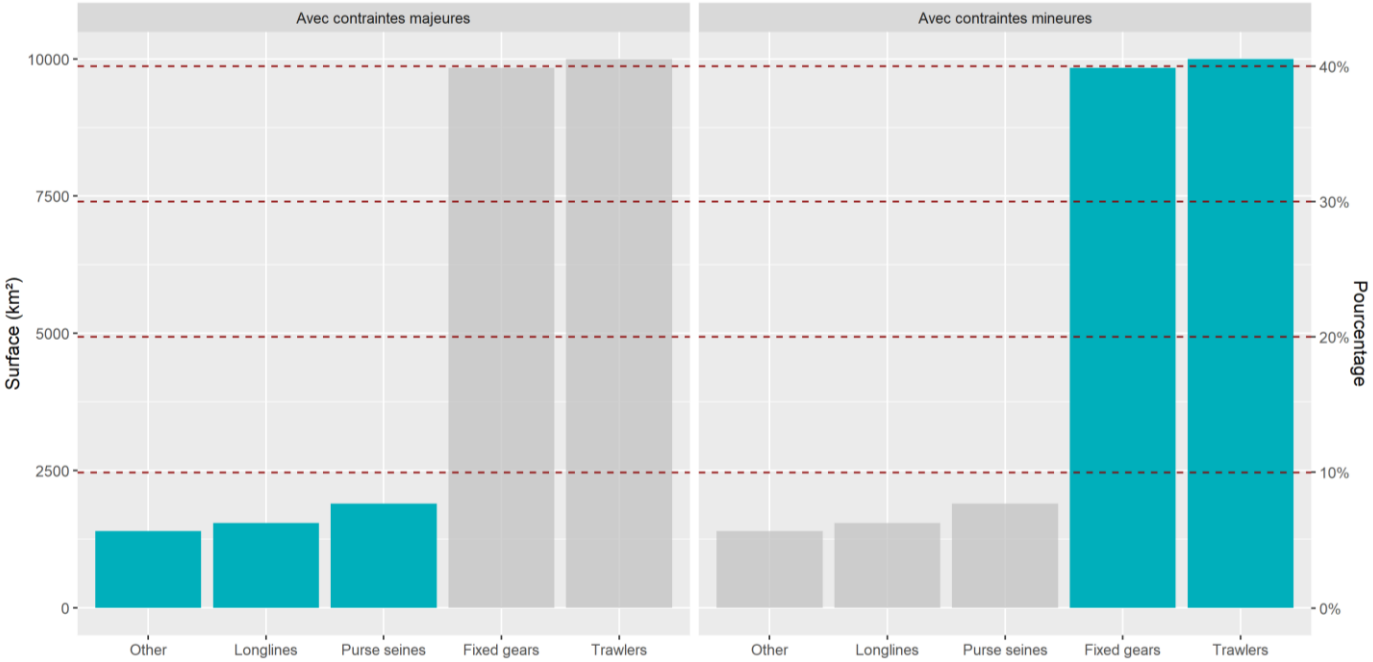


Annexe X. Proportion du pv95 de chaque groupe d'engins de pêche en fonction du pv95 total (en pourcentage) (Geo4Seas 2021)



Données: Global Fishing Watch (2014-2016). Réal: Geo4Seas (2021)

Annexe XI. Attribution des groupes d'engins de pêche à une classe de résilience spatiale en fonction de leur pv95 (Geo4Seas 2021)



Données: Global Fishing Watch (2014-2016). Réal: Geo4Seas (2021)

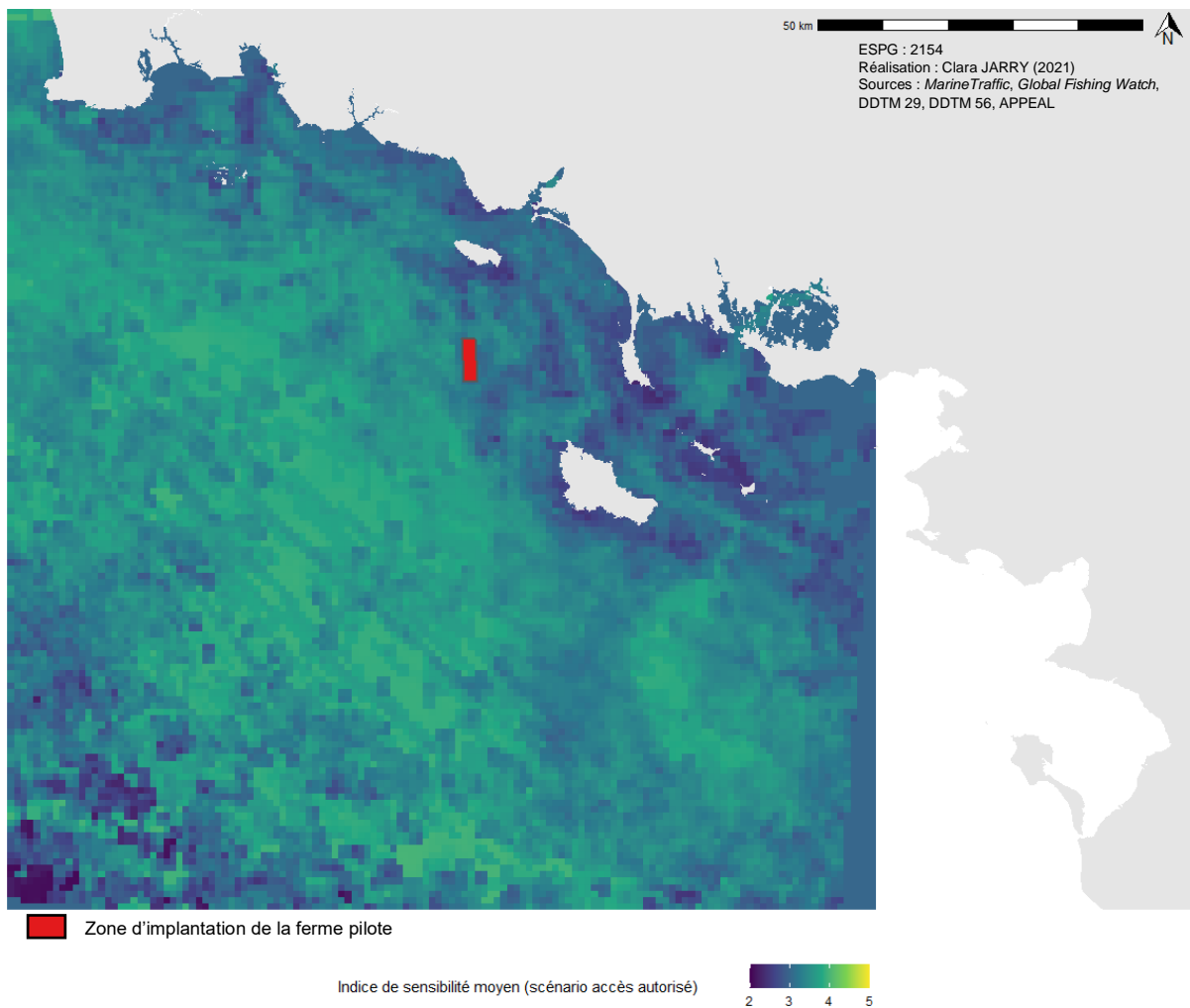
Annexe XII. Valeurs brutes des critères de résistance, de résilience spatiale et de résilience de développement collectées pendant les entretiens

Numéro d'entretien	Activité	Scénario	Résistance	Indice de confiance	Résilience spatiale	Indice de confiance	Résilience de développement	Indice de confiance
ENT1	Voilier	Autorisé	2	1	1	1	4	2
		Interdit	5	1	2	1	4	2
ENT2	Voilier	Autorisé	5	1	4	1	5	1
		Interdit	5	1	4	1	5	1
ENT4	Voilier	Autorisé	3	3	1	1	1	1
		Interdit	5	1	1	1	1	1
ENT6	Voilier	Autorisé	2	1	1	1	4	1
		Interdit	5	1	1	1	4	1
ENT3	Chaluts	Autorisé	4	1			5	1
		Interdit	5	1			5	1
ENT3	Dragues	Autorisé	4	1			3	2
		Interdit	5	1			3	2
ENT3	Sennes / Bolinches	Autorisé	4	1			5	3
		Interdit	5	1			5	3
ENT3	Lignes / Palangres	Autorisé	3	1			1	1
		Interdit	5	1			1	1
ENT3	Filets	Autorisé	3	1			1	1
		Interdit	5	1			1	1
ENT3	Casiers	Autorisé	3	1			1	1
		Interdit	5	1			1	1
ENT5	Transport de passagers	Autorisé	1	2	5	1	3	1
		Interdit	5	1	5	1	3	1
ENT7	Transport commercial	Autorisé	4	1	4	1	5	1
		Interdit	5	1	4	1	5	1

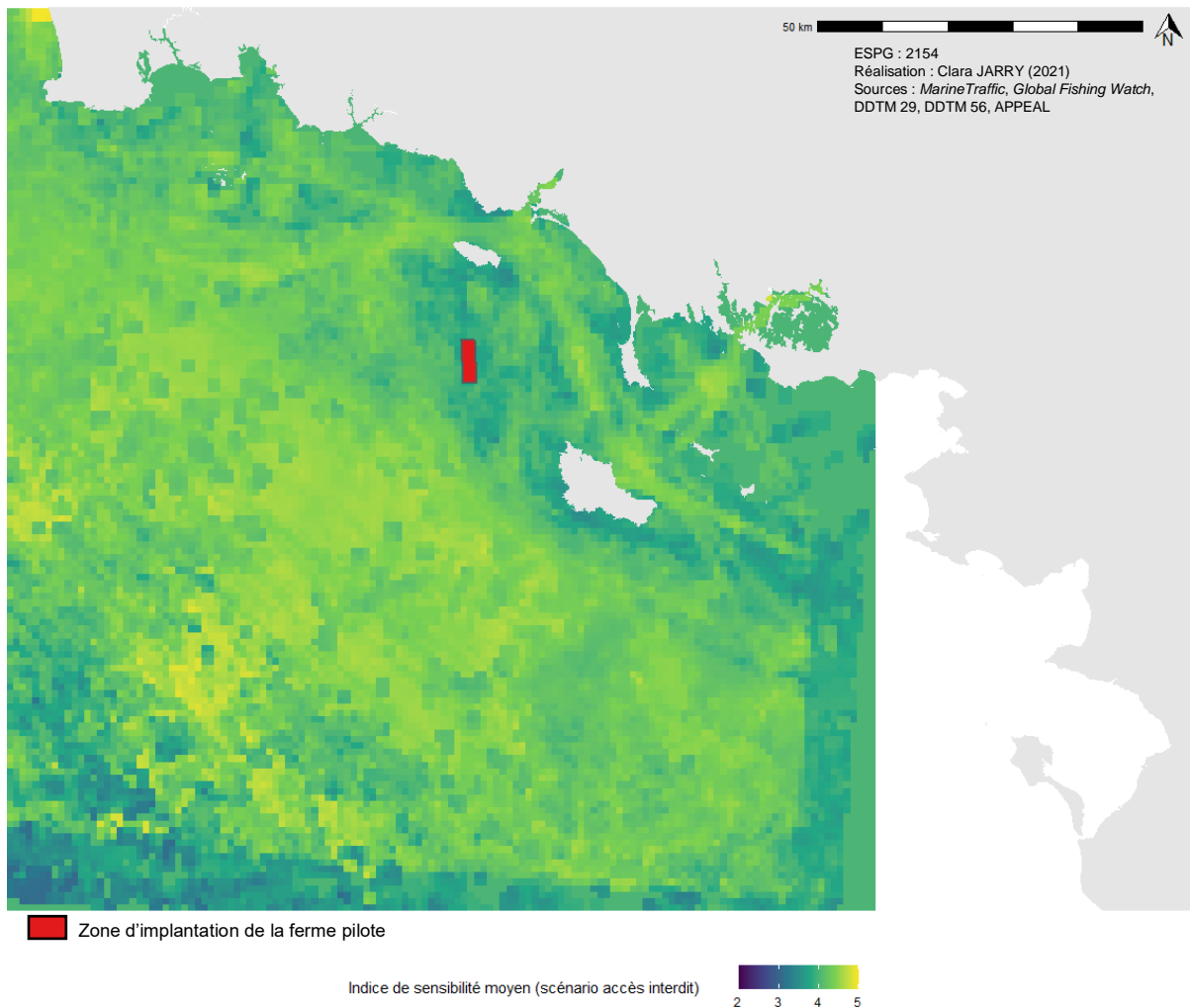
Score	Résistance / Résilience spatiale / Résilience de développement
1	Très haute
2	Haute
3	Modérée
4	Faible
5	Aucune


Score	Indice de confiance
1	Haut
2	Moyen
3	Faible

Annexe XIII. Représentation cartographique de la sensibilité des activités maritimes (scénario accès autorisé, sans discrétisation)



Annexe XIV. Représentation cartographique de la sensibilité des activités maritimes (scénario accès interdit, sans discrétisation)



	<p>Diplôme : Ingénieur agronome</p> <p>Spécialité : Sciences halieutiques et aquacoles (SHA)</p> <p>Spécialisation / option : Gestion des Pêches et des Ecosystèmes Continentaux et Côtiers (GPECC)</p> <p>Enseignants référents : Jean-Eudes BEURET, Jérôme GUITTON</p>
<p>Auteur : Clara JARRY</p> <p>Date de naissance : 28/03/1997</p>	<p>Organisme d'accueil : Université de Bretagne Occidentale / IUEM-LETG</p>
<p>Nb pages : 35 Annexes : 14</p>	<p>Adresse : 3 Rue des Archives 29200 Brest / Rue Dumont d'Urville 29280 Plouzané</p>
<p>Année de soutenance : 2021</p>	<p>Maîtres de stage : Cyril TISSOT, Damien LE GUYADER</p>
<p><u>Titre en français</u> : Identification de zones de moindre contrainte pour l'implantation de parcs éoliens offshore flottants : une approche par la sensibilité des activités maritimes appliquée à la ferme pilote de Groix & Belle-Île</p>	
<p><u>Titre en anglais</u> : Identification of areas of least constraint for the implementation of floating offshore wind farms: an approach by the sensitivity of maritime activities applied to the pilot farm of Groix & Belle-Île</p>	
<p><u>Résumé</u> : Dans un contexte de multiplication des usages en mer, le projet de recherche APPEAL s'intéresse à l'intégration socio-économique et environnementale des parcs éoliens offshore flottants (PEOF) sur les côtes métropolitaines françaises.</p> <p>Dans le cadre de ce projet, l'objectif du stage est d'apporter des éléments de connaissance concernant l'impact des PEOF sur les activités maritimes. Le travail est mené à l'échelle de la Bretagne sud et porte sur trois groupes d'activités : le transport maritime, les activités nautiques et la pêche professionnelle.</p> <p>Dans un premier temps, les interactions spatio-temporelles entre activités sont analysées à l'échelle saisonnière en l'absence de PEOF. L'objectif est d'identifier les zones de plus forte concentration et de mettre en évidence les interactions négatives potentielles entre activités.</p> <p>Dans un second temps, une démarche méthodologique visant à évaluer la sensibilité des activités maritimes au regard des PEOF est élaborée. L'objectif est de fournir une cartographie de la sensibilité des activités permettant l'identification de zones de moindre contrainte à l'échelle de la Bretagne sud. Une contribution à l'évaluation de l'impact du PEOF de Groix & Belle-Île sur les activités est ainsi proposée.</p> <p>Ce travail permet de resituer l'enjeu de l'implantation de PEOF au sein de la problématique plus vaste de cohabitation des usages en mer. Il souligne l'intérêt de l'évaluation à dire d'experts et met en avant l'importance d'un suivi spatio-temporel régulier et homogène des activités pour améliorer la robustesse de ce type d'approche.</p>	
<p><u>Abstract</u>: In a context of increasing sea use, the APPEAL research project focuses on the socio-economic and environmental integration of floating offshore wind farms (FOWF) on the French coast.</p> <p>As part of this project, the objective of this master thesis is to contribute to document and understand the impact of FOWF on maritime activities. The work is conducted in southern Brittany and focuses on three groups of human activities: maritime transport, nautical activities and professional fishing.</p> <p>First, the spatio-temporal interactions between activities are analyzed on a seasonal scale in the absence of FOWF. The objective is to identify areas of highest concentration and to highlight potential negative interactions between activities.</p> <p>Then, a methodological approach is developed to assess the sensitivity of maritime activities regarding FOWF. The objective is to provide a map of activities' sensitivity in order to identify areas of least constraint in southern Brittany. This contributes to assess the impact of the Groix & Belle-Île FOWF on activities.</p> <p>This work restitutes some issues of FOWF implementation within the wider problem of cohabitation of uses at sea. It underlines the interest of experts assessment and highlights the importance of a regular and homogeneous spatio-temporal monitoring of activities to improve the robustness of this type of approach.</p>	
<p><u>Mots-clés</u> : activités maritimes, parc éolien offshore flottant, interactions spatio-temporelles, sensibilité, zones de moindre contrainte</p>	
<p><u>Key words</u>: maritime activities, floating offshore wind farm, spatio-temporal interactions, sensitivity, areas of least constraint</p>	