



HAL
open science

Évaluation des services écosystémiques en appui à la gestion des sites Natura 2000 en mer. Rapport final.

Pierre Scemama, Charlène Kermagoret, Alexia Rivallin

► To cite this version:

Pierre Scemama, Charlène Kermagoret, Alexia Rivallin. Évaluation des services écosystémiques en appui à la gestion des sites Natura 2000 en mer. Rapport final.. [Rapport de recherche] Ifremer. 2022. hal-03663325

HAL Id: hal-03663325

<https://hal.science/hal-03663325v1>

Submitted on 10 May 2022

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

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

Publications
électroniques
AMURE

Série
Rapports



Évaluation des services écosystémiques en appui à la gestion des sites Natura 2000 en mer.

Rapport final

Coordination

Pierre Scemama, Charlène Kermagoret,
Alexia Rivallin (IFREMER - UMR AMURE)



N° R-48-2022

ISSN 1951-6428

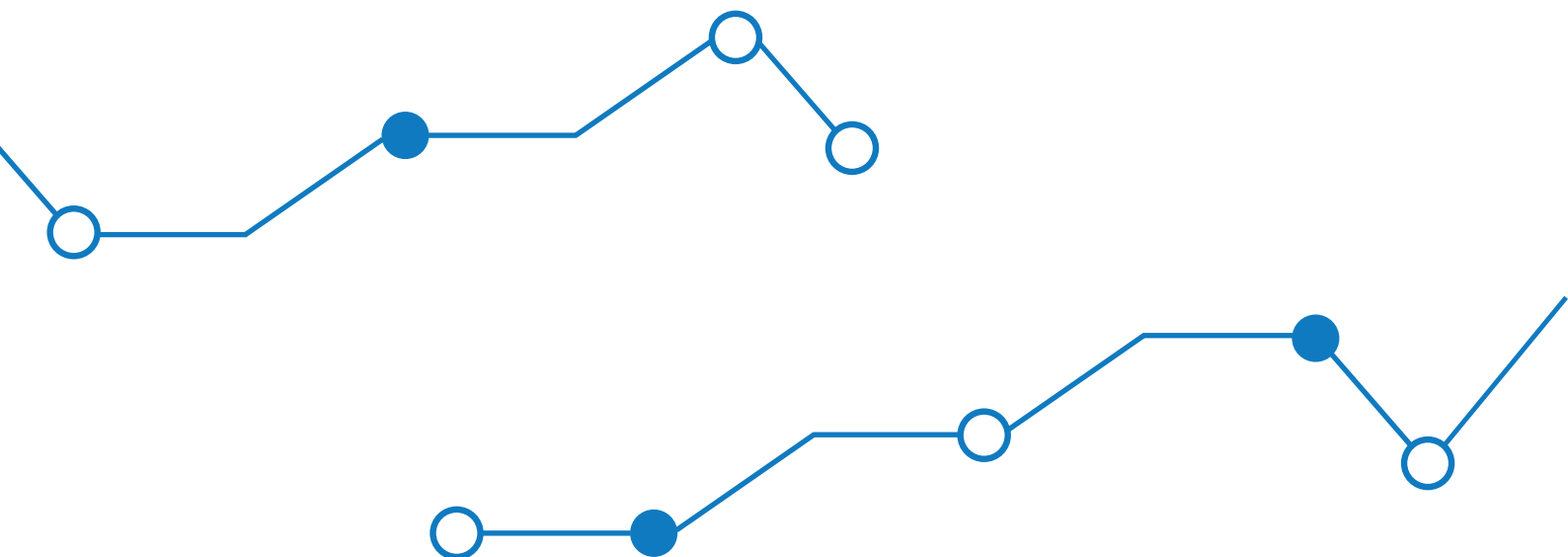
Amure
CENTRE DE DROIT ET D'ÉCONOMIE DE LA MER

www.umr-amure.fr

UBO
Université de Bretagne Occidentale

Ifremer

cnrs



Pour citer ce document

Scemama P., Kermagoret C., Rivallin A., [en ligne]
« Évaluation des services écosystémiques en appui à la gestion des sites Natura 2000 en mer. Rapport final », Publications électroniques Amure, Série Rapports R-48-2022, 186p. Disponible : http://www.umr-amure.fr/electro_rapports_amure_R_48_2022 (Consulté le jj.mm.aaaa*)

* Indiquez la date à laquelle vous avez consulté le document en ligne



LIFE16 IPE FR001

Rapport final

Coordination : Pierre Scemama, Charlène Kermagoret, Alexia Rivallin (IFREMER – UMR AMURE)

Contributeurs : Frédérique Alban, Pierre Reaud (UBO – UMR AMURE), Emilie Patiès (RNN des Sept-Iles), Teddy Dao, Rémi Mongruel (IFREMER – UMR AMURE), Thomas Cosson, Juliette Herry (PNR GM), Catherine Boemare, Elsa Mosseri (EHES et CNRS - UMR Cired), Elodie Lecointe et Paul Sauboua (OFB)

VF

24/12/2020



Table des matières

I INTRODUCTION	1
1 Introduction générale	2
1.1 Contexte et objectif	2
1.2 L'évaluation des Services Ecosystémiques	2
1.3 Retour d'expériences des ESE menées dans le cadre des projets VALMER et EFESE-Mer	6
1.4 Sites retenus pour le projet Marha	11
2 TRIAGE des enjeux d'évaluation	17
2.1 Présentation de la méthode TRIAGE	17
2.2 Résultat du TRIAGE sur les différents sites	18
2.3 Discussion	26
II COTE DE GRANIT ROSE	29
3 Evaluation du poids économique des services culturels sur le territoire Côte de Granit Rose – Sept Iles	30
3.1 Introduction	30
3.2 Méthode	30
3.3 Résultats	36
3.4 Eléments de conclusion	42
3.5 Références	45
4 Evaluation de la capacité des forêts de laminaires à fournir des services écosystémiques : application du modèle états-transitions au site Côte de Granit Rose – Sept Iles	46
4.1 Introduction	46
4.2 Méthode	46
4.3 Résultats	52
4.4 Eléments de conclusion	60
4.5 Références	61
III BAIE DE MARSEILLE	64
5 Evaluation de la capacité des herbiers de posidonie à fournir des services écosystémiques : application du modèle états-transitions à la baie de Marseille	65
5.1 Introduction	65
5.2 Méthode	66
5.3 Résultats	70

5.4	Références.....	80
6	Formes de demandes	82
6.1	Introduction.....	82
6.2	Méthode.....	83
6.3	Résultats	94
6.4	Discussion	114
6.5	Bibliographie.....	115
IV	CHAUSEY.....	118
7	Evaluation de la capacité de la mosaïque d’habitats de l’archipel de Chausey à rendre des services.....	119
7.1	Objectif	119
7.2	Démarche scientifique.....	119
7.3	Résultats	119
7.4	Résumé des indicateurs de services écosystémiques mobilisés	135
7.5	References.....	136
8	Evaluation de l’acceptabilité de mesures de gestion de la fréquentation par les usagers de l’archipel de Chausey.....	138
8.1	Introduction.....	138
8.2	Méthode.....	138
8.3	Résultats	142
8.4	Conclusion	153
8.5	Références.....	154
V	GOLFE DU MORBIHAN	155
9	Evaluation des services écosystémiques rendus par les vasières.....	156
9.1	Introduction.....	156
9.2	Méthode.....	156
9.3	Résultats	157
10	Modélisation qualitative du socio-écosystème du Golfe du Morbihan en appui à la conservation de la biodiversité	164
10.1	Introduction.....	164
10.2	Approche centrée sur le socio-écosystème	165
10.3	Approche centrée sur l’usager	173
10.4	Discussion	181
10.5	Références.....	183

Liste des tableaux

Tableau 1 - Contribution relative des écosystèmes du domaine maritime français au flux total de fonctions et services (Mongruel et al., 2019).....	11
Tableau 2 - Hiérarchisation des services écosystémiques sur le site Baie de Marseille	19
Tableau 3 – Hiérarchisation des services écosystémiques sur le site Archipel de Chausey	22
Tableau 4 - Hiérarchisation des enjeux sur le site Côte de Granit Rose - Sept Iles.....	24
Tableau 5 - Hiérarchisation des services écosystémiques sur le site Golfe du Morbihan	25
Tableau 6 – Comparaison des résultats du TRIAGE par catégorie de services écosystémiques.....	27
Tableau 7 - Dépenses moyennes pour un ménage pour chaque activité récréative.....	40
Tableau 8 - Répartition des coûts de consommation liés aux activités récréatives pour les touristes et les résidents.....	41
Tableau 9 - Valeur comptable des écosystèmes marins pour la pratique des activités récréatives	41
Tableau 10 - Fourchettes des retombées économiques selon les différents scénarii	44
Tableau 11 - Liste de services écosystémiques considérés.....	47
Tableau 12 - Liste des services rendus par les herbiers de posidonie	68
Tableau 13 : Correspondance entre les sites et les états dégradés.....	76
Tableau 14 : Niveau auquel les données doivent être mobilisées pour chaque SE.....	76
Tableau 1 - Caractérisation des diverses formes de demandes pouvant s'exprimer vis à vis d'un service écosystémique marin (Mongruel et al., 2019)	85
Tableau 2 - Etapes précédant l'installation de demandes d'utilisation ou de conservation pour des SE	87
Tableau 3 - Services retenus pour l'évaluation	90
Tableau 18 - Liste des entretiens réalisés	94
Tableau 19 - Demandes d'utilisation associées aux activités récréatives (DIS : demande indirecte soustractive, DDNS : demande directe non soustractive, DINS : demande indirecte non soustractive)	98
Tableau 20 - Habitats EUNIS de niveau 4 recensés à Chausey et correspondances avec la typologie N2000	120
Tableau 16 - Matrice recensant les références qui attestent du lien fonctions écologiques / habitats	122
Tableau 17 - Matrice du lien habitats / services écosystémiques à Chausey	123
Tableau 18 - Statuts des espèces d'intérêt communautaire et effectifs dans la ZPS Chausey (adapté de Vial, 2010).....	132
Tableau 19 - Inventaire des indicateurs de services écosystémiques clés mobilisés à partir de la littérature existante.....	135
Tableau 20 - Présentation des attributs et de leurs niveaux pour les trois catégories d'usagers concernées.	141
Tableau 21 - Tableau des services écosystémiques des vasières intertidales liés aux fonctionnalités et aux compartiments impliqués.....	159
Tableau 22 - Hiérarchisation des services écosystémiques sur le site Golfe du Morbihan	163
Tableau 23 – Description des modèles conceptuels.....	169
Tableau 24 – Description des scénarios présentés dans cette étude	171

Liste des figures

Figure 1 - Cadre conceptuel pour l'évaluation des services écosystémiques issu du projet EFESE.....	5
Figure 2 - Localisation du site Natura 2000 "Côte de Granit rose - Sept-Îles"	13
Figure 3 - Localisation des sites Natura 2000 de la baie de Marseille	14
Figure 4 - Localisation du site Natura 2000 "Chausey"	15
Figure 5 - Localisation du site Natura 2000 « Golfe du Morbihan, côte ouest de Rhuys ».....	15
Figure 6 - Séquences du TRIAGE.....	17
Figure 7 - Analyse en Composantes Principales de l'exercice de hiérarchisation des SE en baie de Marseille.....	20
Figure 8 - Représentation du processus de production et de consommation des services écosystémiques culturels tenant compte du critère de temps (Martin et al., 2018)	32
Figure 9 - Etapes permettant le calcul des retombées économiques directes sur un territoire (Roncin et al., 2008).....	34
Figure 10 - Carte regroupant les différents lieux d'enquêtes (Source : Google Maps).....	35
Figure 11 - Activités récréatives étudiées	36
Figure 12 - Pratique des activités récréatives par les résidents.....	37
Figure 13 - Pratique des activités récréatives par les touristes	37
Figure 14 - Fréquence annuelle de pratique	38
Figure 15 - Organisation de la pratique des activités par les résidents	39
Figure 16 - Organisation de la pratique des activités par les touristes.....	39
Figure 17 - Perception de la qualité de l'environnement.....	40
Figure 18 - Rôle du site dans le déplacement en bord de saison (mai-juin)	42
Figure 19 - Rôle du site dans le déplacement en haute saison (juillet).....	42
Figure 20 - Répartition des 10 états écologiques déjà observés en Bretagne au regard des critères de stratification et de turbidité des masses d'eau, définis selon les indices QSubMac et ceux utilisés dans le cadre du REBENT.	50
Figure 21 - Localisation des 10 états écologiques déjà observés en Bretagne et pour lesquels les données ont pu être récupérées.....	50
Figure 22 - Forme du bouquet de services écosystémiques dans l'état de référence.....	53
Figure 23 - Modèle états-transitions pour le scénario de changement climatique	55
Figure 24 - Modèle états-transitions pour le scénario d'extraction de granulats.....	58
Figure 25 - Modèle états-transitions pour le scénario d'exploitation goémonière	59
Figure 26 - Modèle conceptuel du fonctionnement de l'écosystème herbier de <i>Posidonia Oceanica</i>	66
Figure 27 - Les différentes étapes de la mise en œuvre du modèle états-transitions appliqué à l'herbier de posidonies	67
Figure 28 - Capacité de production de SE dans l'état optimal	72
Figure 29 - Etats écologiques de l'herbier de posidonie et facteurs de transition	73
Figure 30 - Capacité de production des différents SE dans les différents états.....	78
Figure 31 - Capacité de production des différents SE déclinée pour chaque état par rapport à l'état optimal	79
Figure 32 - Représentation des documents utilisés par type (à gauche) et par échelle (à droite)	91

Figure 33 - Frise chronologique relatant les principaux évènements en lien avec le développement des activités récréatives et institutionnalisation de la conservation du milieu marin	98
Figure 34 - Principales connexions entre les usages récréatifs et SE marins.	101
Figure 35 - Nombre de demandes en E1 et E1 selon leur type.....	103
Figure 36 - Services ciblés par les nouvelles demandes.....	103
Figure 37 – Evolution du niveau d’installation des demandes entre E1 et E2	104
Figure 38 - Demandes impactantes en E1 et E2 selon leur type.....	105
Figure 39 - Demandes impactantes en E1 et E2 par services.....	105
Figure 40 - Part des demandes impactantes parmi les demandes d’utilisation (les demandes de conservation ont été exclues) en E1 (à gauche) et E2 (à droite).....	106
Figure 41 - Part des demandes de conservation	108
Figure 42 - Total des demandes de conservation (directes et indirectes) par services en E1 et E2 ...	108
Figure 43 - Nombre de demandes non satisfaites par types de demandes en E1 et E2.....	110
Figure 44 - Nombre de demandes non satisfaites par services en E1 (à gauche) et E2 (à droite).....	111
Figure 45 –Part des demandes satisfaites et non satisfaites en E1 et E2	113
Figure 46 - Demandes latentes et émergentes en E2 par types de demandes et par services	114
Figure 47 - Carte de la mosaïque d'habitat de l'archipel de Chausey (Source : Fournier et al., 2014)	121
Figure 48 - Schéma conceptuel des facteurs trophiques influençant le déclenchement de la fixation / métamorphose des Mytilidae	124
Figure 49 - Concentrations en E. coli / 100g CLI sur la période 2012-2018 obtenues dans le cadre du REMI	125
Figure 50 - Répartition des plaisanciers et pêcheurs à pied	127
Figure 51 - Estimation de la fréquentation des pêcheurs à pied de loisir par survol à Chausey entre 2014 et 2016.....	128
Figure 52 - Espèces ramassées par les pêcheurs à pied de Chausey en 2015	128
Figure 53 - Habitats fonctionnels pour les oiseaux et utilisation par espèce (adapté de Vial, 2010) .	133
Figure 54 - Exemple d’une expériences de choix construites pour l’usage pêche à pied.....	142
Figure 55 - Origine géographique des enquêtés	143
Figure 56 - Catégories socio-professionnelles (à gauche) et pyramide des âges (à droite).....	144
Figure 57 - Principales activités pratiquées par les répondants	145
Figure 58 - Ancienneté (en haut) et fréquence des visites (en bas).....	146
Figure 59 - Perception de l’importance de la fréquentation (en haut) et de son dérangement (en bas)	147
Figure 60 - Mise en relation du degré de dérangement de la fréquentation de l’archipel avec les types d’activités pratiquées par les personnes interrogées	148
Figure 61 - Avis des usagers pour la mise en place de différentes mesures de gestion supplémentaires à Chausey	150
Figure 62 - Acceptabilité des mesures de gestion de la fréquentation par les pêcheurs à pied	151
Figure 63 - Acceptabilité des mesures de gestion de la fréquentation par les plaisanciers	152
Figure 64 - Acceptabilité des mesures de gestion de la fréquentation par les promeneurs	153
Figure 65 - Représentation schématique d’une vasière intertidale avec les différents compartiments	158
Figure 66 – Exemple de graphe orienté (Reaud, 2020).....	165
Figure 67 – Exemple de matrice d’interaction (Reaud, 2020).....	166

Figure 68 – Matrice de communauté (Reaud, 2020)	167
Figure 69 – Modèle conceptuel <i>complet</i> du socio-écosystème du golfe du Morbihan (Reaud, 2020)	169
Figure 70 – Synthèse des réponses du système face aux perturbations (Reaud, 2020).....	172
Figure 71 – Les diagrammes UML utilisés dans cette étude (Reaud, 2020).....	175
Figure 72 – Diagramme de classe – Instauration d’une jachère sur un spot de pêche à pied récréative	177
Figure 73 – Diagramme d’activité activité de pêche à pied récréative de palourde	178
Figure 74 – Diagramme de classe - Installation de mouillages écologiques	179
Figure 75 – Diagramme d’activité – Débarquement sur une île pour un petit bateau.....	180

Liste des abréviations

AMP	Aire Marine Protégée
CDB	Convention sur la Diversité Biologique
COPI	The Cost of Policy Inaction
CRT	Comité Régional du Tourisme
DCE	Directive Cadre sur l'Eau
DCSMM	Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin
DGE	Direction Générale des Entreprises
DHFF	Directive Habitats Faune Flore
DML	Délégation Mer et Littoral
DOCOB	Document d'Objectif
DPMn	Domaine Public Maritime naturel
EFESE	Evaluation française des écosystèmes et des services écosystémiques
EFESE-Mer	Groupe de travail mer et littoral de l'EFESE
ESE	Evaluation de services écosystémiques
GIS	Groupement d'Intérêt Scientifique
LTC	Lannion Trégor Communauté
MCMA	Méthode des choix Multi-Attributs
MEA	Millenium Ecosystem Assessment
MSM	Musée Subaquatique de Marseille
N2000	Natura 2000
ONCFS	Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage
OSPAR	Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est
PACA	Provence-Alpes-Côte d'Azur
PAMM	Plan d'Action pour le Milieu Marin
PGRM	Plan de Gestion de la Rade de Marseille
PMCB	Parc Marin de la Côte Bleue
PNC	Parc National des Calanques
PNR GM	Parc Naturel Régional du Golfe du Morbihan
PNUE	Programme des Nations Unies sur l'Environnement
pSIC	Proposition de Site d'Intérêt Communautaire
REBENT	Réseau Benthique
REMI	Réseau de surveillance microbiologique des zones de production
ROCCH	Réseau d'Observation de la Contamination Chimique du littoral
SEEA-EEA	System of Environmental-Economic Accounting - Experimental Ecosystem Accounting
SMVM	Schéma de mise en valeur de la mer
SNB	Stratégie nationale pour la biodiversité
SNCGAMP	Stratégie nationale pour la création et la gestion des aires marines protégées
SNML	Stratégie nationale mer et littoral
SNTEDD	Stratégie nationale de transition écologique vers un développement durable
TEEB	The economics of ecosystems and biodiversity
UMR	Unité Mixte de Recherche
ZMEL	Zones de Mouillages et d'Équipements Légers
ZNIEFF	Zone naturelle d'Intérêt écologique, Faunistique et Floristique
ZNP	Zones de Non Prélèvement
ZPF	Zone de Protection Forte
ZSC	Zone Spéciale de Conservation

I

INTRODUCTION

1 Introduction générale

1.1 Contexte et objectif

Une évaluation de l'état de conservation des habitats est réalisée tous les 6 ans dans le cadre de la DHFF. En 2012, l'état de conservation de la majorité des 8 habitats marins Natura 2000 ciblés par le projet Marha a été évalué comme défavorable. Partant de ce constat, l'objectif du projet est de rétablir et pérenniser un état de conservation favorable des habitats naturels marins, vu comme la synthèse entre :

- un devoir moral qui est d'assumer nos responsabilités patrimoniales et de gérer le bien commun pour nous et pour les générations futures ;
- un devoir juridique défini au regard des engagements européens (DHFF mais également DCE, DCSCMM) et internationaux (CDB) en matière de biodiversité ;
- un devoir économique et social qui vise à rétablir et pérenniser les services écosystémiques (notamment vis-à-vis de la ressource halieutique, de l'attractivité touristique et de l'adaptation au changement climatique).

L'évaluation des services écosystémiques (ESE) relève de l'Action A3 du projet Marha « Améliorer les connaissances sur les activités et les usagers en appui à la gestion, à l'évaluation et à la communication » issue de la Thématique 3 « Intégration des usagers et des activités ».

L'ESE doit permettre d'alimenter une réflexion sur la dépendance des activités au bon état des habitats d'intérêt. Pour l'équipe de pilotage du projet, l'ESE est également liée à un objectif d'évaluation des pressions dont le but serait de produire des outils de gestion des pressions (tels que l'évolution des pratiques, la planification, la limitation des cumuls ou encore la restauration).

1.2 L'évaluation des Services Ecosystémiques

L'idée d'évaluer les services écosystémiques est aujourd'hui courante au sein des politiques publiques environnementales et relativement bien connue des acteurs de l'environnement. Cependant, l'ESE ne constitue pas un ensemble unifié de pratiques et repose sur des fondements parfois opposés. Aussi il est nécessaire, avant de commencer un travail d'ESE, de présenter ces différents fondements afin de garantir une vision partagée des enjeux de l'ESE et de poser les bases du cadre analytique que nous adopterons dans le projet Marha.

1.2.1 Origine et émergence du concept

L'adoption du cadre conceptuel des services écosystémiques qui définit les différentes catégories de services - approvisionnement, régulation, culturel, support - est datée de 2003 avec la publication du premier rapport du Millenium Ecosystem Assessment (MEA)¹. Ce moment marque l'aboutissement

¹ Le MEA (2001-2005) est un projet lancé par les Nations Unies qui a regroupé 1360 experts internationaux avec pour objectif d'évaluer les conséquences des changements écosystémiques sur le bien-être humain et d'établir une base scientifique pour la mise en place des actions nécessaires à la conservation et à l'utilisation durable de ces systèmes.

d'un long processus d'institutionnalisation du concept par la science, la politique et le droit, initié à partir de la fin des années 70.

Bien que l'approche par les services écosystémiques a été formulée pour la première fois par des écologistes concernés par l'enjeu de crise écologique, des mouvements parallèles nés dans le domaine de la biologie, de la conservation de la nature ou encore de l'économie et ayant des fondements parfois opposés ont été à l'origine de cette institutionnalisation. Un moment clé de ce processus d'institutionnalisation est la publication, en 1997, de l'article de Costanza et al. intitulé *The value of the world's ecosystem services and natural capital*² qui a constitué un important coup médiatique et scientifique en estimant à 33 milliards de dollars la valeur des services écosystémiques à l'échelle du globe, ce qui équivaut à 1,8 fois le PIB mondial de cette année-là. Cette étude, qui comportait un certain flou méthodologique et manquait de données adéquates, a néanmoins constitué un levier important à l'intérêt scientifique accordé aux services écosystémiques. La popularisation de ces derniers au sein de la sphère politique est quant à elle, davantage marquée par la publication du rapport des résultats finaux du MEA en 2005. Ce rapport a en effet ouvert la porte à d'autres grandes initiatives internationales et européennes telles que le TEEB³ et le COPI⁴. En France, le ministère de l'Environnement lance en 2012 l'Évaluation Française des Ecosystèmes et des Services Ecosystémiques (EFESE), destinée à mieux connaître et faire connaître l'état de la biodiversité et ses multiples valeurs, et à renforcer leur prise en compte dans les politiques publiques et les décisions privées.

Le processus d'institutionnalisation des services écosystémiques a été marqué par plusieurs oppositions philosophiques ou paradigmes, dont certains perdurent aujourd'hui et qui sont liées à l'origine multidisciplinaire et la dimension politico-scientifique des services écosystémiques. Quelques exemples de ces oppositions philosophiques sont recensés ici :

- Le débat, né aux Etats-Unis, entre préservationnisme (idée que la nature doit être protégée pour elle-même, pour sa valeur spirituelle) et conservationnisme (idée que la gestion de la nature doit reposer sur des compromis entre conservation et production) constitue l'une d'entre elles.
- L'opposition entre durabilité faible et durabilité forte est également centrale dans le processus d'institutionnalisation des services écosystémiques, et issue du débat économique qui se construit sur la question de la substituabilité des différents types de capitaux. Dans le cadre de la durabilité faible, la perte de capital naturel peut être compensée par un gain de capital manufacturé et, à ce titre, il est logique et légitime d'avoir recours aux évaluations monétaires pour estimer le capital naturel. En effet, la valeur monétaire devient l'étalon qui va permettre d'effectuer les arbitrages via des évaluations coût-bénéfice. Dans le cadre de la durabilité

² « La valeur des services écosystémiques et du capital naturel à l'échelle du monde. »

³ Le TEEB (« The Economics of Ecosystems and Biodiversity » ou « L'économie des écosystèmes et de la biodiversité » en français) est une étude dirigée par Pavan Sukhdev terminée en 2010 dont l'objectif était de souligner le coût croissant de la perte de biodiversité et de la dégradation des écosystèmes.

⁴ Le COPI (« Cost of Policy Inaction » ou « Coût de l'inaction politique » en français) est une étude commanditée par la Commission Européenne et pilotée par Leon Braat, terminée en 2008, dont l'objectif était d'évaluer le coût global de la lutte contre la perte de biodiversité et de définir les enjeux et possibilités méthodologiques liés aux ESE.

forte, la substituabilité des différents capitaux n'est possible qu'en situation d'abondance. Lorsqu'on se rapproche d'un seuil critique (niveau de capital naturel en dessous duquel tout s'effondre) la valeur du capital naturel devrait être infinie et donc les arbitrages devraient uniquement s'intéresser à comparer des solutions de conservation entre elles via des évaluations coût-efficacité.

- Enfin, les controverses autour de l'évaluation monétaire mettent également en lumière les différents paradigmes associés aux services écosystémiques. L'évaluation monétaire des services repose sur le concept de Valeur Economique Total, c'est-à-dire sur la valeur de l'ensemble des services rendus. Plusieurs raisons font que cette valeur est, en pratique, impossible à calculer avec justesse (difficulté à évaluer les valeurs de non-usage, difficulté à agréger les valeurs...). Ainsi, mener une évaluation monétaire revient à laisser croire que l'on peut tout mesurer alors que l'on sait que c'est impossible, le problème étant que, malgré ces controverses, on continue de voir ces pratiques mises en œuvre.

L'évolution des ESE depuis les travaux de Costanza et collaborateurs (1997) et les controverses qui y sont associées, expliquent que les ESE soient souvent perçues comme relevant d'une vision utilitariste de la nature (Maris, 2014). Les ESE pratiquées dans ce sens favoriseraient un triple basculement en matière de politique environnementale (Mongruel et al., 2019) : (i) vers une logique d'optimisation du bien-être humain estimé en termes uniquement monétaires, (ii) vers la banalisation de la substitution des services dégradés par d'autres formes de capital, (iii) vers la marchandisation des écosystèmes ou des services (notamment via les paiements pour services environnementaux et les banques de compensation).

1.2.2 Approche méthodologique retenue pour les ESE

Face à ces controverses, le positionnement adopté pour les évaluations qui sont menées dans le cadre du projet MarHa est clair :

- L'approche par les services écosystémiques relève d'une démarche **d'appui aux politiques de conservation des écosystèmes et de la biodiversité** (Arnauld de Sartre et al., 2014 ; Mongruel et al., 2019) : il s'agit de produire des connaissances scientifiques centrées sur les bienfaits indispensables de la composante vivante de la nature, vue comme un patrimoine à préserver pour les générations présentes et futures.
- Les méthodes d'évaluations monétaires destinées à évaluer de manière exhaustive la valeur économique totale d'un écosystème sont confrontées à de nombreuses limites méthodologiques (Vatn and Bromley, 1994; Raudsepp-Hearne et al., 2010) et opérationnelles (Marre et al., 2016; Laurans et al., 2013). En conséquence, les ESE nécessitent des approches pluridisciplinaires pour éviter que l'intégration des connaissances ne se résume à l'agrégation de valeurs quantitatives, justifiant pleinement le **recours au pluralisme méthodologique**.

La science des SE s'inscrit dans une vision systémique des problèmes de conservation (Mongruel et al., 2019). Aussi, les ESE doivent chercher à améliorer la compréhension des interactions entre les différentes composantes des socio-écosystèmes et des déterminants de leurs trajectoires d'évolution. La diversité des méthodes (voir p.ex. Harrison et al., 2017 ; Beaumont et al., 2017) doit permettre de traiter sous différents angles la compréhension des socio-écosystèmes et la soutenabilité des relations Homme-Nature. Ainsi, d'après Mongruel et al. (2019), trois composantes d'un service écosystémique

peuvent être identifiées suivant qu'on aborde les SE plutôt sous l'angle des sciences écologiques ou des sciences économiques : (i) le potentiel de SE ou la capacité de l'écosystème à fournir des SE au bénéfice de la société évalué comme le maximum hypothétique de production d'un écosystème donné (Burkhard et al., 2014), (ii) le flux de SE ou les bouquets de services effectivement sélectionnés dans un lieu et une période données (Burkhard et al., 2014), (iii) la demande de SE ou la quantité de service requise ou désirée par la société (Villamagna et al., 2013).

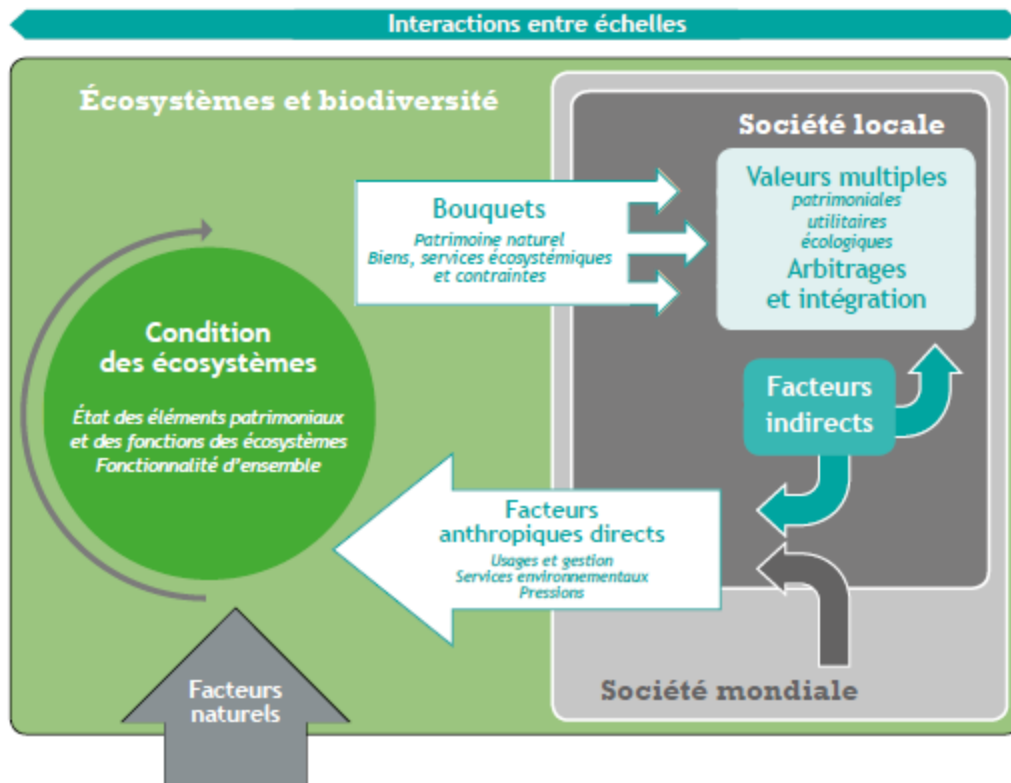


Figure 1 - Cadre conceptuel pour l'évaluation des services écosystémiques issu du projet EFESÉ

(Source : Dicom-CGDD dans Mongruel et al., 2019)

Le choix de la méthode d'évaluation est donc déterminant dans la conduite d'une ESE. Cependant, à l'heure actuelle, il n'existe toujours pas de méthode communément admise pour définir le niveau requis de connaissances scientifiques, notamment en écologie marine, ni la manière dont ces connaissances devraient être structurées pour servir de base à une évaluation de services écosystémiques (Townsend et al., 2011). Pour surmonter les difficultés rencontrées par les approches basées sur la connaissance fine et exhaustive du fonctionnement des écosystèmes, il a été proposé d'adopter des approches stratégiques de l'évaluation, davantage pilotées par la demande en services et in fine par les préoccupations exprimées par les parties prenantes (Honey-Rosés & Pendleton, 2013). Pour les services écosystémiques marins, au sujet desquels les connaissances scientifiques sont souvent encore très incomplètes et dont beaucoup n'existent encore que sous la forme de potentiel ce qui les rend très difficiles à appréhender, Pendleton et al. (2015) ont proposé une approche stratégique qui doit permettre de mieux cibler l'évaluation : le TRIAGE.

Les évaluations qui ont été menées dans le cadre du projet MarHa ont ainsi toutes répondues à une même logique :

1. S'assurer du besoin d'une ESE auprès des gestionnaires.
2. Effectuer une analyse stratégique des enjeux avec les gestionnaires pour sélectionner la ou les méthodes à mettre en œuvre (méthode TRIAGE).
3. Conduite des évaluations dans une optique interdisciplinaire et en lien avec les gestionnaires.

1.3 Retour d'expériences des ESE menées dans le cadre des projets VALMER et EFESE-Mer

Ces 2 projets sont les seuls projets français et marins qui ont adopté le positionnement qui vient d'être décrit.

1.3.1 Le cadre des services écosystémiques pour aider la gestion des herbiers de zostères dans le Golfe du Morbihan

a) Contexte

Les gestionnaires du Parc Naturel Régional du Golfe du Morbihan (PNR GM) ont conduit une ESE fournie par les herbiers de zostères à l'échelle du golfe du Morbihan dans le cadre du projet VALMER. Au-delà de l'implication des gestionnaires dans le projet VALMER, ce travail s'inscrit dans un contexte écologique, institutionnel, socio-économique et réglementaire particulier. Sur le plan écologique, le golfe du Morbihan abrite le second herbier le plus important en terme de superficie. Sur le plan institutionnel, le PNR GM est l'opérateur délégué Natura 2000 pour la Zone Spéciale de Conservation (ZSC) du golfe du Morbihan. Il est également l'animateur, avec l'Office national de la chasse et de la faune sauvage (ONCFS), du groupe Biodiversité du Schéma de Mise en Valeur de la Mer (SMVM) du golfe du Morbihan. Sur le plan socio-économique, le golfe du Morbihan supporte des usages et activités multiples tels que la plaisance, la conchyliculture ou encore le tourisme. Enfin, sur le plan réglementaire, le golfe du Morbihan est soumis à une multitude de cadres juridiques nationaux (loi Littoral, code de l'urbanisme...) et internationaux (OSPAR...).

b) Objectifs de l'ESE

Les objectifs de cette ESE étaient d'approfondir et partager les connaissances sur les herbiers de zostères, d'identifier les services que ces derniers rendent à l'échelle du golfe, de comprendre les pressions auxquels les herbiers sont soumis ainsi que de contribuer à des mesures de gestion durable de ces écosystèmes.

c) Mise en œuvre de l'ESE

La méthode TRIAGE, qui sera développée dans la partie 4 de ce rapport a été utilisée en amont de l'ESE afin de préciser le contour de cette dernière. Les résultats du TRIAGE ont fait ressortir trois enjeux de gestion et qui permettent de définir les objectifs de l'ESE :

- Parce que la perception des herbiers de zostères diffère énormément d'un acteur à l'autre, l'ESE cherchera à faire prendre conscience des enjeux écologiques et socio-économiques associés aux herbiers de zostères (objectif de sensibilisation) ;
- Parce que la connaissance associée aux herbiers de zostères à l'échelle du golfe du Morbihan demeure très incomplète, l'ESE devra permettre d'améliorer la connaissance tout en intégrant un maximum de parties prenantes (objectif d'acquisition des connaissances) ;

- Parce qu'une gestion efficace à long terme des herbiers de zostères en relation avec les activités qui les impactent est nécessaire, l'ESE visera à proposer des options de gestion afin de faciliter les arbitrages.

Dans un premier temps, l'ESE a consisté à identifier - à partir d'une revue de la bibliographie - les services écosystémiques qui pourraient servir les objectifs de sensibilisation et d'acquisition des connaissances. Dans un second temps, une approche cartographique et historique ont permis de caractériser la dynamique des herbiers à l'échelle du golfe et d'identifier des « cœurs d'herbier », c'est-à-dire des zones où les herbiers ont toujours été présents et sur lesquels il faudrait peut-être concentrer l'effort de gestion. Ce travail cartographique a permis d'amorcer une réflexion sur l'habitat potentiel i.e. qui réunirait les conditions optimales pour la présence d'herbiers et a également mis en évidence le manque de connaissances sur les relations pressions-impacts. Plus généralement, ce travail a identifié un faisceau d'indices qui justifie la mise en place d'une gestion différenciée et adaptative des herbiers à l'échelle du golfe. Dans un troisième temps, une enquête « grand public » a été réalisée (611 personnes interrogées en mars et avril 2014) en faisant appel à la méthode des expériences de choix⁵. Ce travail a permis de hiérarchiser l'importance que le grand public porte aux composantes du golfe du Morbihan (Eau de mer de bonne qualité > Zones marines favorables à la reproduction d'espèces > Biodiversité > Présence de Bernaches). Ce travail permet également de dire que la préférence des personnes interrogées va à l'amélioration de l'état des herbiers de zostères et à une augmentation du niveau de contrainte sur les activités. Cependant, ils ne souhaitent pas que plus d'argent y soit consacré qu'actuellement. In fine, ce travail a permis de formuler 20 propositions pour la gestion du golfe du Morbihan. Ces propositions reposent sur les enjeux identifiés par l'ESE tels qu'améliorer la connaissance, suivre l'évolution des herbiers sur le long terme, sensibiliser et diffuser les connaissances relatives aux herbiers et limiter et réduire les pressions.

d) Synthèse

L'ESE fournis par les herbiers de zostères à l'échelle du golfe du Morbihan font ressortir (i) un manque de données existantes sur le milieu marin, (ii) la difficulté à définir le « bon état écologique » (les herbiers les plus beaux ne sont pas forcément ceux qui rendent le plus de services), (iii) la difficulté à définir les valeurs seuils des indicateurs en deçà desquelles le bon fonctionnement de l'écosystème n'est plus assuré, (iv) le besoin d'améliorer les connaissances sur le fonctionnement des écosystèmes et sur les pressions et impacts liés aux activités humaines. L'ESE met en évidence le défi qui est de réussir à développer des évaluations dynamiques (dans le temps et l'espace), intégrées et multicritères, qui s'intéressent à l'ensemble des services écosystémiques.

Au-delà du projet VALMER, l'ESE a permis d'alimenter la révision du SMVM, d'alimenter la discussion sur l'intégration des zostères comme composante suivie par le réseau DCE, de mettre en place un suivi régulier (tous les 2 ans) de l'herbier à l'échelle de l'île d'Ilur, d'alimenter les discussions qui visent à

⁵ Le principe de la méthode des expériences de choix est de construire des scénarios de gestion qui sont décomposés en différents attributs (i.e. composantes écologiques ou socio-économiques du territoire), chaque attribut ayant différents niveaux (qui traduisent une dégradation, un maintien ou une amélioration de ces composantes). On demande aux répondants de comparer les scénarios de gestion et, par analyse statistique, on détermine les préférences.

accompagner les collectivités vers des mouillages à moindre impact et enfin, de sensibiliser la population et les professionnels sur des points tels que la mission Econaviguer, les interventions dans les universités, les formations auprès des associations de plaisanciers et professionnels du nautisme.

1.3.2 Le cadre des services écosystémiques pour construire des scénarios pour la gestion du Golfe Normand Breton

a) Contexte

La mission d'étude pour la création d'un parc naturel marin dans le golfe normand-breton de l'AFB a conduit une ESE à l'échelle du golfe normand-breton dans le cadre du projet VALMER. Ce travail a également été mené dans le contexte de la mission de préfiguration du parc marin.

b) Objectifs

Les objectifs de ce travail étaient d'une part, de réaliser un diagnostic initial des services écosystémiques dans le golfe normand-breton et d'autre part, d'explorer les futurs possibles et leurs conséquences potentielles sur les services écosystémiques via la co-construction de scénarios. Au-delà de ces objectifs, l'ESE visait également à partager une culture commune liée à la compréhension collective de l'intérêt des services écosystémiques pour la gestion du milieu marin.

c) Mise en œuvre de l'ESE

Ce travail a été mis en place sur 3 ans (2012-2015) incluant un diagnostic initial, l'ESE à proprement parlé et la co-construction des scénarios. Pour cela, 5 ateliers ont été réalisés :

- L'atelier 1 d'identification des enjeux et qui a permis de faire émerger 4 sujets prioritaires à l'échelle du golfe normand-breton : la ressource coquille St Jacques, la ressource bivalve, les loisirs sur l'estran et les ressources exploitées sur les sédiments meubles ;
- L'atelier 2 dont l'objectif était de choisir deux enjeux parmi ceux préalablement identifiés et de commencer la scénarisation. Ainsi, les enjeux « loisirs sur l'estran » et « biens alimentaires liés aux habitats du littoral et du large » ont été retenus pour la suite de l'ESE ;
- L'atelier 3 a consisté à co-construire les scénarios exploratoires à travers le choix de différentes hypothèses et de chemins menant à différents futurs possibles et à partir de deux axes possibles liés à la qualité du milieu et à l'évolution des activités économiques ;
- L'atelier 4 visait à continuer la co-construction et s'est déroulé en focus group afin de rééquilibrer le jeu d'acteur dans la co-construction dans la mesure où certains acteurs prenaient des positions institutionnelles face aux autres ;
- L'atelier 5 a permis la présentation des résultats de chaque scénario avec une réflexion sur l'impact sur les écosystèmes, les fonctionnalités, les services et les bénéfices pour la société.

d) Synthèse

L'approche par les services écosystémiques permet de « casser » le caractère vertical de la décision. En effet, penser son activité autour des services écosystémiques permet de mieux comprendre les interactions avec les autres activités. La construction de scénarios permet de voir où peuvent nous conduire les choix et de mettre en exergue les arbitrages (qui sont les gagnants et qui sont les perdants de chaque scénario).

1.3.3 L'expérience EFESE-Mer

a) Contexte

Le projet EFESE est un exercice d'évaluation nationale, déclinaison nationale des grandes évaluations du type MEA et qui alimentera les rapports d'évaluation réalisés dans le cadre de l'IPBES. L'EFESE scinde l'évaluation autour de 6 grands types d'écosystèmes : la forêt, les milieux humides, la montagne, les écosystèmes agricoles, les écosystèmes urbains et les milieux marins et littoraux. Les objectifs de l'EFESE sont de sensibiliser un large public à l'état de la biodiversité au sein des écosystèmes français, de développer la connaissance portant sur ces écosystèmes et sur les valeurs associées, de promouvoir les démarches d'évaluation des écosystèmes et de préparer les démarches de comptabilité des écosystèmes.

b) Les objectifs d'EFESE-Mer

Les objectifs du groupe Mer et Littoral (EFESE-Mer) étaient de caractériser les écosystèmes des eaux sous juridiction française, de caractériser les services rendus par ces écosystèmes, de produire une synthèse en termes d'état des lieux et d'enjeux émergents.

c) Mise en œuvre de l'ESE

Il s'agissait d'un exercice d'état de l'art. Aussi l'étude a principalement consisté à mobiliser de l'expertise scientifique à travers une revue de la littérature et des ateliers avec des experts scientifiques. L'écologie, l'économie et l'ethno-anthropologie sont les trois principales disciplines qui ont été mobilisées pour conduire cette ESE. Le périmètre très large et la très grande incertitude qui entoure la connaissance des écosystèmes marins et littoraux ont conduit le groupe EFESE-Mer à mettre en place un processus de TRIAGE à travers une consultation des parties prenantes du milieu marin (à l'échelle nationale et à l'échelle des différentes façades).

Les résultats de l'ESE sont multiples et concernent :

- Un état des lieux de l'état des écosystèmes marins et côtiers
- Un état des lieux de l'état et les tendances des facteurs de pression (destruction et fragmentation des habitats ; dégradation qualitative des habitats ; pollution ; surexploitation ; changement climatique ; espèces exotiques envahissantes)
- La priorisation des enjeux par les parties prenantes
- L'analyse des bouquets de service fournis
- La production d'une liste et d'une typologie des différents indicateurs de services écosystémiques (condition, capacité, flux de service, avantages individuels et avantages collectifs)
- Un travail sur les processus de patrimonialisation

d) Synthèse

La synthèse du groupe de travail EFESE-mer constitue un rapport de référence à l'échelle nationale pour améliorer, regrouper et synthétiser les connaissances existantes sur les relations de dépendance entre des activités et la biodiversité marine. Elle contribue à rééquilibrer les regards sur les écosystèmes marins et côtiers et les services qu'ils rendent, du point de vue de leur importance pour le fonctionnement des milieux marins. Elle contribue également à identifier les écosystèmes marins et

côtiers à enjeux et les services clés. Cette priorisation, réalisée par une consultation des parties prenantes, représente un élément d'aide à la décision pour les processus de révision des stratégies nationales et les prochains plans d'actions rattachés à ces stratégies.

Pour l'ensemble de ces raisons, la synthèse du groupe de travail EFESE-mer apporte des éléments importants à la mise en œuvre de diverses politiques publiques : la stratégie nationale pour la biodiversité (SNB), la stratégie nationale de transition écologique vers un développement durable (SNTEDD), la stratégie nationale mer et littoral (SNML), la stratégie nationale pour la création et la gestion des aires marines protégées (SNCGAMP) ou encore la circulaire du 20 janvier 2012 relative à la gestion durable et intégrée du domaine public maritime naturel (DPMn) (cf. Mongruel et al., 2018 pour une analyse plus détaillée des possibles contributions de la synthèse EFESE-Mer à ces politiques publiques).

e) Leçons pour MarHa

Le projet EFESE a notamment conduit une évaluation de la forme des bouquets de services associés aux différents types d'écosystèmes marins. Si la typologie utilisée ne correspond pas exactement à la typologie Natura 2000 on peut utiliser ces résultats pour avoir une idée des services rendus par les différents types d'habitats (Tableau 1).

Tableau 1 - Contribution relative des écosystèmes du domaine maritime français au flux total de fonctions et services (Mongruel et al., 2019)

	Réseaux trophiques	Reproduction et nourricerie	Biens issus de la pêche	Biens issus des cultures marines	Biens issus des macro-algues	Molécules	Régulation des nutriments	Protection côtière	Régulation du climat	Régulation des pathogènes	Support d'activités récréatives	Fourniture de paysages plaisants	Production de connaissances	Patrimoine institutionnalisé	Autres formes de patrimoine
H - Habitats côtiers et marins															
H1 - Dunes côtières et rivages sableux															
H2 - Galets côtiers															
H3 - Falaises, corniches et rivages rocheux															
H4 - Roche et autres substrats durs intertidaux															
H5 - Sédiment intertidal															
H6 - Roche et autres substrats durs infralittoraux															
H7 - Roche et autres substrats durs circalittoraux															
H8 - Sédiment subtidal															
H9 - Habitats profonds							F								
HP - Habitats particuliers															
HP1 - Marais maritimes															
HP2 - Herbiers															
HP3 - Récifs coralliens															
HP4 - Mangroves															
HP5 - Champs de macro-algues															
HP6 - Coralligène															
ME - Masses d'eau															
ME1 - Lagunes méditerranéennes															
ME2 - Lagons															
ME3 - Eaux de transition propres au milieu estuarien															
ME4 - Eaux côtières sous influence estuarienne															
ME5 - Eaux du reste du plateau							F			F					
ME6 - Zone épipélagique des eaux océaniques							F			F					
ME7 - Zone méso et bathy-pélagiques de l'océan							F			F					

1.4 Sites retenus pour le projet Marha

1.4.1 Choix des sites

L'inscription de l'ESE dans une approche orientée par la demande nécessite de partir des besoins des gestionnaires pour conduire l'évaluation, c'est le but de la mise en place de la méthode TRIAGE qui nous permet de mettre en place l'ESE la plus utile à la gestion. Néanmoins, le TRIAGE n'a de sens que si les gestionnaires expriment un besoin pour des ESE, la première question à se poser étant : « est-ce qu'une ESE est utile ? » (Marre et Billé, 2019).

Pour deux sites, la demande pour une ESE est directement venue des gestionnaires : ces sites se sont positionnés sur cette action et font l'objet d'un soutien méthodologique. D'abord, le Parc Naturel Régional du Golfe du Morbihan qui a déjà été impliqué dans des projets d'ESE (projet VALMER) et qui souhaite mener d'autres évaluations sur des enjeux différents de ceux déjà traités. Ensuite l'AFB pour le site Estuaire de la Loire, sur ce site, le DOCOB est toujours en rédaction, le gestionnaire se pose la question de l'intérêt des ESE en soutien à la rédaction du DOCOB. Malheureusement suite à une réunion de cadrage de l'action, le gestionnaire s'est retiré de l'action. Un autre site est entre temps apparu : le site Côte de Granit Rose – Sept Iles. Sur ce site, c'est le gestionnaire de la Réserve Naturelle des Sept Iles (dont le périmètre est inclus dans la zone Natura 2000) qui mis en avant le besoin de mener une ESE sur le site. Afin de s'articuler avec le projet Marha, le périmètre a été étendu au site Natura 2000 et ses gestionnaires ont été impliqués.

Les deux autres sites ont été choisis de façon à assurer une bonne répartition géographique de l'action et de s'assurer de la disponibilité de données écologiques (notamment via la présence d'un bénéficiaire du projet Marha impliqué sur les évaluations écologiques). Les deux sites identifiés étaient localisés sur le Golfe de Gascogne nous avons donc cherché un site en Méditerranée et un site en Manche. Le site baie de Marseille a été choisi en coopération avec le GIS Posidonie. Le site archipel de Chausey a été choisi car il s'agissait d'un site ciblé par les écologues du laboratoire DYNECO de l'IFREMER⁶. Les gestionnaires des sites ont été ensuite contactés pour s'assurer de leur intérêt et de leur disponibilité pour mener des ESE.

1.4.2 Présentation des sites d'étude

a) Côte de Granit-Rose – Sept-Îles

Le site Natura 2000 « Côte de Granit rose – Sept-Îles », situé dans le département des Côtes d'Armor (22) en Bretagne, se compose de la Zone de Protection Spéciale (ZPS) FR5310011 et de la Zone Spéciale de Conservation (ZSC) FR5300009 (Figure 2). Le premier arrêté de création de la ZSC date du 4 mai 2007 suite auquel a été proposé une demande d'extension en mer validé par l'arrêté de création du 24 juillet 2017. La surface de cette ZSC est désormais de 72232 Ha. Le site est géré par Lannion-Trégor Communauté et le DOCOB a été validé en comité de pilotage le 13 mai 2016 puis approuvé par arrêté inter-préfectoral du 3 et du 7 avril 2017.

⁶ Malheureusement, ce site a été abandonné par DYNECO pour des raisons de coût.

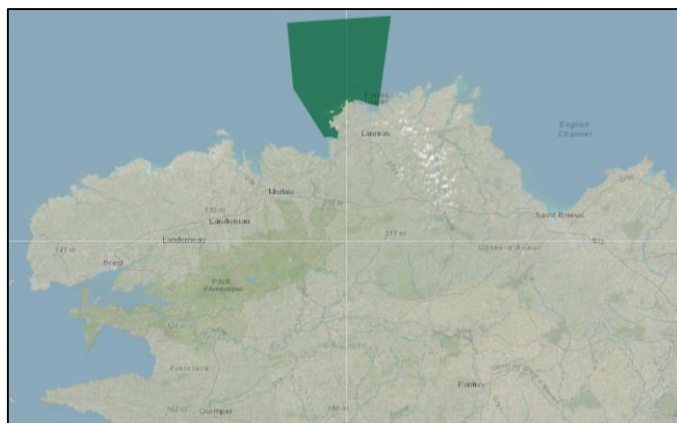


Figure 2 - Localisation du site Natura 2000 "Côte de Granit rose - Sept-Îles"

Le site Natura 2000 se caractérise par une diversité de paysages sous-marins : falaises et tombants rocheux importants, nombreux îlots et écueils, et plus au large, des sédiments grossiers (cailloutis) considérés comme récifs abritant une biodiversité caractéristique. Les habitats Natura 2000 1110 (Bancs de sable à faible couverture permanente d'eau marine) et 1170 (Récifs) dominent sur le site (respectivement 10 636 et 11 218 Ha) ; on y trouve également les habitats 1140 (578 Ha) et 1150 (2 Ha). Parmi les habitats remarquables du site, on notera la présence de forêts de laminaires, composées en très grande majorité par *Laminaria hyperborea* (Derrien-Courtel, et al., 2014).

Les activités pratiquées sur ou à proximité du site Natura 2000 sont également nombreuses. Quelques descriptifs et chiffres issus du DOCOB (Le Borgne, 2016) peuvent être mobilisés à titre illustratifs : Les activités de pêche professionnelles pratiquées au sein du site sont très diversifiées (16 métiers recensés) : le casier à crustacés, le filet maillant à poissons, la drague à coquille Saint-Jacques et le filet trémail à poissons étant les activités les plus représentées. En 2016, l'élevage des huîtres sur tables représentait 12 ha, exploités par 2 entreprises pour une production d'environ 300 T à l'année ; 18 ha de mytiliculture sont également recensés en pleine mer dans la baie de Lannion. La pêche à pied de loisirs est également importante sur le site, elle a été évaluée à environ 1000 pêcheurs sur site lors d'une grande marée d'avril 2012. Les ports et les mouillages sur le territoire offrent 2 621 places d'accueil dont près de 1 660 en échouage. Le secteur est très prisé pour les activités nautiques et on y recense 6 centres nautiques, 2 écoles de surf, 2 yachts clubs, 500 pratiquants à l'année, 7300 personnes accueillies/an, plus de 100 classes accueillies chaque année. Dernier exemple, une concession pour l'extraction de granulats est autorisée pour une durée de 15 ans sur une surface de 4km² avec un volume maximum autorisé de 3 100 000 m³. Ainsi, nombreuses sont les activités qui interagissent avec les habitats sur le site Natura 2000 afin d'utiliser les services écosystémiques produits ou, plus largement, les caractéristiques environnementales du site. Cependant, certaines de ces interactions pouvant être défavorables au bon état de conservation des habitats marins.

L'ensemble des habitats marins présents sur le site font l'objet d'enjeux forts (habitats 1140 et 1150 notamment) à très fort (forêts de laminaires, herbiers de zostères, bancs de maërl et champs de blocs). La dégradation par les mouillages, par les engins et pratiques de pêche, par l'envasement, l'eutrophisation ou encore le changement climatique rendent ces habitats particulièrement vulnérables.

b) Baie de Marseille

La baie de Marseille (Figure 3) est un territoire qui couvre plusieurs types d'aires marines protégées dont deux zones Natura 2000 au titre de la DHFF. La baie de Marseille a été considérablement transformée par les activités anthropiques principalement associées à l'urbanisation et au développement du complexe industrialo-portuaire de Fos-Marseille. Néanmoins, la baie abrite plusieurs habitats protégés au titre de la DHFF, notamment les herbiers de Posidonie, les récifs et les grottes sous-marines.

Au nord-ouest, le Parc Marin de la Côte-Bleue (PMCB) est une structure publique créée en 1983 qui résulte de l'union de 5 municipalités. Il s'étend sur 98,7 km². Le PMCB inclut notamment 2 zones de non prélèvement (2,95 km² en tout) établies à l'initiative des pêcheurs locaux. Le PMCB est gestionnaire de la ZSC « Côte Bleue Marine » (FR9301999) depuis 2009.

Au sud-ouest de la baie se trouve le Parc National des Calanques (PNC). Créé en 2012, il gère la ZSC « Calanques et îles marseillaises - Cap Canaille et massif du Grand Caunet » (FR9301602). Le PNC possède aussi une partie terrestre et intègre des espaces péri-urbains. En mer, le cœur de parc couvre une surface de 435 km², les usages y sont régulés de manière assurer une bonne conservation de la faune, la flore, l'environnement naturel et le paysage. Le cœur de parc inclut sept zones de non prélèvement (11% de sa surface, soit 46,5 km²). L'aire adjacente, partie du parc où les activités ne sont pas soumises à régulation, couvre une surface de 977 km².

Au centre de la baie (dans l'aire adjacente du PNC) se trouve la zone des récifs artificiels du Prado. Il s'agit d'une réserve de 2 km² gérée par la ville de Marseille. Entre 2007 et 2008 plus de 400 récifs artificiels ont été immergés, il s'agit de la plus grande opération d'immersion de récifs artificiels en Europe et en Méditerranée. Toutes les activités sont interdites dans la réserve, à l'exception d'expérimentations scientifiques et de suivis avec comme objectif le soutien à la pêche artisanale et l'amélioration de la qualité écologique des habitats de récifs adjacents.

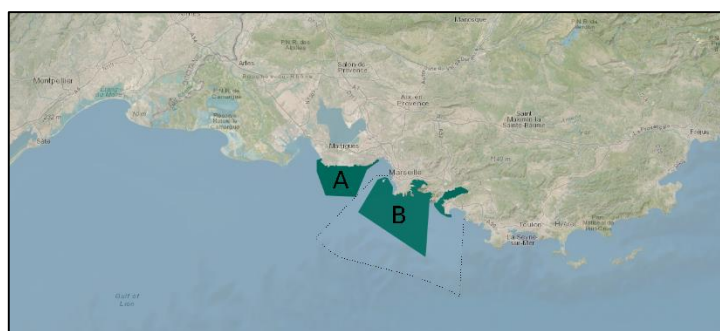


Figure 3 - Localisation des sites Natura 2000 de la baie de Marseille

A : Côte Bleu Marine ; B : Calanques et îles marseillaises – cap Canaille et massif du grand Caunet (les pointillés indiquent la limite marine de l'aire adjacente du Parc National des Calanques)

c) Chausey

Le site Natura 2000 « Chausey », situé dans le département de la Manche (50) en Normandie, se compose de la Zone de Protection Spéciale (ZPS) FR2510037 et de la Zone Spéciale de Conservation (ZSC) FR2500079 (Figure 4). Le premier arrêté de création de la ZSC date du 1 octobre 2014. La surface

de cette ZSC est de 82 836 Ha. La gestion du site est confiée au Syndicat Mixte Littoral Normand (SyMEL) par le conservatoire du Littoral. Un DOCOB portant uniquement sur la ZPS a été validé 2010, le DOCOB portant sur la ZSC date quant à lui de 2002 mais ne prend pas en compte l'extension en mer du site datant de 2007. Le périmètre de ce DOCOB est donc réduit à celui de l'archipel et de son estran. La rédaction d'un nouveau DOCOB devrait débuter en 2021.



Figure 4 - Localisation du site Natura 2000 "Chausey"

Chausey est un archipel de 150 îles et îlots qui se caractérise par un marnage pouvant atteindre 15 mètres, certains îlots ne découvrent qu'à marée basse. Ce marnage important explique la variété des paysages du site selon les périodes où il est fréquenté. L'estran couvre environ 2000 hectares et se caractérise par une mosaïque d'habitats. Les habitats Natura 2000 1110 (Bancs de sable à faible couverture permanente d'eau marine) domine largement sur le site (58 890 Ha) ; on y trouve également l'habitat 1170 (4147 Ha) et dans une moindre mesure, les habitats 1130, 1140 et 1160 (respectivement 41 Ha, 166 Ha et 8 Ha)

d) Golfe du Morbihan

Le site Natura 2000 « Golfe du Morbihan », situé dans le département du Morbihan (56) en Bretagne, se compose de la Zone de Protection Spéciale (ZPS) FR5310086 et de la Zone Spéciale de Conservation (ZSC) FR5300029 (Figure 5). La surface de la ZSC a été désignée en 2007 et couvre une surface de 20 609 ha dont 77% de surface marine. Le site est géré par le Parc Naturel Régional du Golfe du Morbihan (PNR GM).

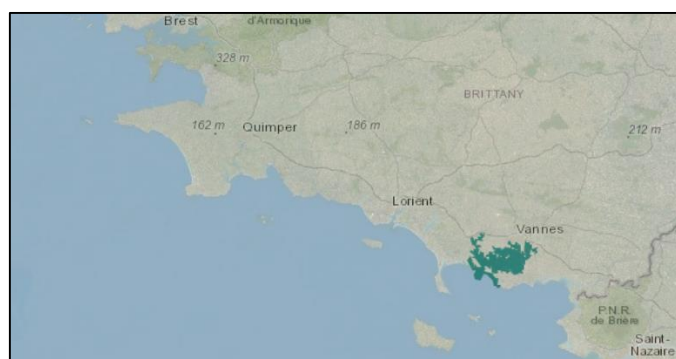


Figure 5 - Localisation du site Natura 2000 « Golfe du Morbihan, côte ouest de Rhuy »

Le golfe du Morbihan (GM) est une mer intérieure située entre la baie de Quiberon et l'estuaire de la Vilaine, au sud de la Bretagne, sur la façade Atlantique. Le golfe forme une ria de 13000 hectares avec

plus d'une quarantaine d'îles, dont deux sont des communes (l'île d'Arz et l'île aux Moines). La particularité du golfe réside également dans sa diversité de paysages. La partie occidentale, soumise à de forts courants, présente des sédiments grossiers et des fonds rocheux permettant la formation de récifs. Dans la partie orientale, caractérisée par un faible renouvellement des eaux, les sédiments envasés sont majoritaires, avec la présence de sables fins et de criques peu profondes. A l'extérieur du GM, des récifs sont présents, ainsi que d'importants bancs de Maërl (Cosson et al., 2013). Le golfe représente également une zone d'intérêt ornithologique, avec la présence de 50 000 à 100 000 oiseaux (migrateurs et hivernants) chaque hiver (Cosson et al., 2013). Leur présence s'explique par les nombreuses îles et marais, favorisant la nidification et l'alimentation. La faune marine est également variée. Cette biodiversité unique s'explique notamment par la présence d'habitats marins remarquables au sens de la directive « Habitats, Faune, Flore » (Directive 92/43/CEE du Conseil du 21 mai 1992), à l'image des vasières et des herbiers de zostères.

Le GM abrite deux espèces de zostères : la zostère marine (*Zostera Marina*) et la zostère naine (*Zostera Noltii*). La zostère marine se développe en zone subtidale, restant constamment immergée et dispose de feuilles comprises entre 30 cm et 1,2 m (Angst et al., 2014). La zostère naine possède des feuilles plus petites (environ 15 cm) et colonise la zone intertidale. Les zostères forment alors un herbier, considéré comme un habitat marin, néanmoins ils ne sont pas individualisés dans la directive « Habitats » et peuvent se retrouver selon leur localisation dans le milieu dans plusieurs habitats génériques voire élémentaires : 1110-1, 1140 et 1160 (Cahiers d'habitats Natura 2000). Dans le Golfe du Morbihan, les herbiers de zostères (marine et naine) se situent en majorité dans la partie orientale du bassin, constituée de sédiments vaseux (Denis, 1980).

L'autre habitat marin majeur du bassin oriental est la vasière. Cette dernière se développe en zone intertidale, dans des secteurs protégés des vagues et de la houle, dans des estuaires ou des baies peu profondes. La vasière peut abriter des herbiers de zostères ou être « nue ». Elle se caractérise par une productivité benthique forte, notamment grâce au microphytobenthos lié aux micro-algues qui se développent à la surface de la vase à marée basse (Pardo et al., 2017). Cette production biologique permet ainsi le développement d'une faune variée. Les vasières jouent également un rôle dans l'amélioration de la qualité de l'eau, à travers le stockage de matières en suspension et la dénitrification (GIP Seine-Aval, 2016). Le GM dispose de grandes étendues de vasières, surtout dans la partie est, pour une surface de 1 860 ha (Cosson et al., 2013).

L'activité de pêche professionnelle majoritaire est la pêche à pied avec 170 pêcheurs. La pêche à pied vise des ressources halieutiques variées, mais l'espèce emblématique reste la palourde. En effet, la pêche à pied de palourde est inscrite au patrimoine culturel immatériel depuis 2019 (Lacombe, 2019). Cependant, l'activité primaire emblématique du GM est la conchyliculture, présente depuis 1860 (DDTM56, 2006). L'activité est représentée en majorité par l'ostréiculture et se pratique surtout dans les parties occidentale et centrale du GM sur des tables surélevées. 11,5% du bassin intérieur était exploité en 2019, concentrant 1 671 concessions. Toutefois, la surface de concession a diminué de 8% entre 2006 et 2018 dans le golfe, phénomène accentué par une concentration des moyens de production. Ces activités primaires font également face à d'autres usages marins dans le GM, notamment les activités récréatives (p.ex. il y a 8 000 mouillages dans le golfe) ou les activités liées au tourisme (environ 2 millions de touristes sont accueillis chaque année).

2 TRIAGE des enjeux d'évaluation

2.1 Présentation de la méthode TRIAGE

La méthode TRIAGE (Pendleton et al., 2015) a été développée dans le cadre du projet VALMER. Son objectif est de conduire une analyse stratégique des enjeux dans l'optique de servir de cadre pour la mise en œuvre d'une ESE.

La mise en œuvre du TRIAGE peut prendre différentes formes. Il peut généralement s'agir d'un atelier d'un ou deux jours (en fonction du contexte, du niveau de connaissance des acteurs sur la démarche) ou de processus plus long quand il s'agit d'un support pour la concertation (exemple du GNB) ou d'une évaluation à grande échelle avec de nombreux acteurs à impliquer (exemple d'EFESE).

Si les modalités opérationnelles du TRIAGE peuvent être différentes, elle doit néanmoins suivre une logique en trois étapes principales qui permettent de guider l'évaluation par la hiérarchisation des enjeux de gestion.

La méthode TRIAGE consiste en une séquence de trois étapes (Figure 6).

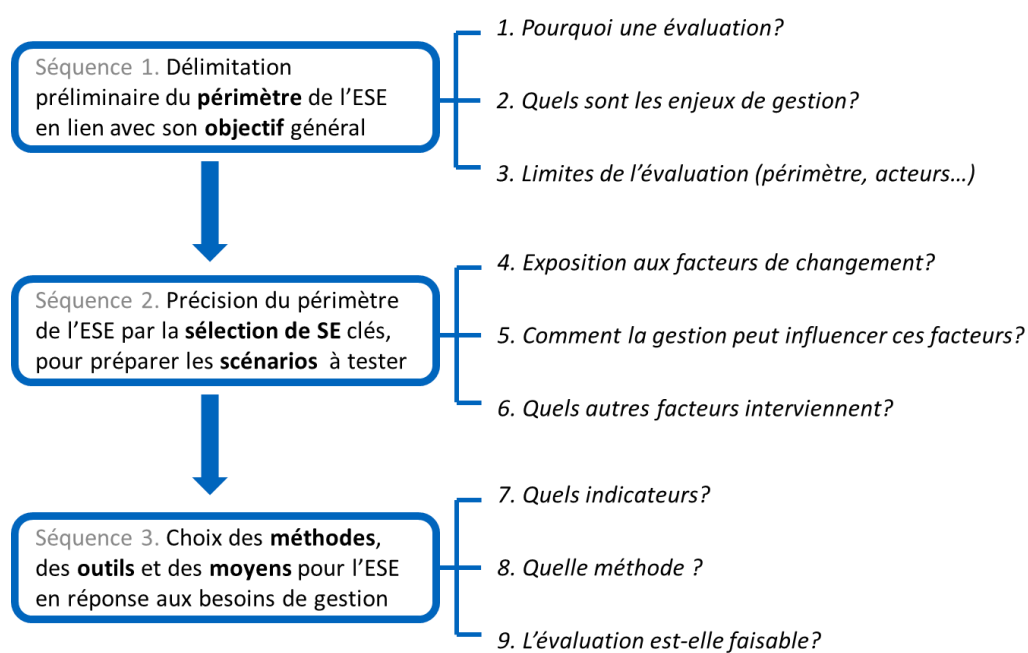


Figure 6 - Séquences du TRIAGE
(Adapté de Pendleton et al., 2015)

Séquence 1 : Cette séquence doit permettre une délimitation préliminaire du périmètre de l'ESE en lien avec son objectif général. L'objectif de cette séquence est de définir une problématique pour le

site. Aussi on s'interroge sur l'usage de l'ESE (usage informatif, technique ou décisif⁷), sur les grands enjeux de gestion qui peuvent guider l'ESE et sur les parties du socio-écosystème qui vont être concernées (compartiments écologiques, grandes fonctions et services, acteurs, organisations et institutions).

Séquence 2 : Cette séquence doit permettre de préciser le périmètre de l'ESE par la sélection de services écosystémiques clés, pour préparer les scénarios à tester. La hiérarchisation des services écosystémiques clés se fait à partir de trois critères : importance, exposition aux facteurs de changement et possibilité d'action. L'idée étant que (i) plus un service est important plus il sera utile de l'évaluer, (ii) plus un service est exposé, plus sa valeur risque d'évoluer et plus il est urgent de l'évaluer, (iii) plus il est possible d'agir sur un service, plus il est pertinent de l'évaluer.

Séquence 3 : Cette séquence a lieu en grande partie après la réalisation de l'atelier. Il s'agit d'établir le choix pour la meilleure méthode d'évaluation compte tenu des attentes des gestionnaires (notamment vis-à-vis du type d'indicateurs) et des données⁸ et des moyens disponibles. Au final, le choix de l'ESE est le résultat d'un compromis entre les attentes des gestionnaires et des experts du site et les compétences et les moyens des évaluateurs.

Outre l'analyse stratégique, l'intérêt de la méthode TRIAGE est de renforcer l'implication des participants dans le processus d'évaluation. Chaque atelier TRIAGE est précédée d'une présentation des concepts liés à l'ESE et du positionnement adopté pour mener les ESE. Le TRIAGE ne se limite pas non plus à l'atelier, les participants sont associés tout au long de l'évaluation (en fonction de leur disponibilité). Il s'agit d'un processus participatif qui permet le développement d'une culture commune autour de l'évaluation engagée afin de faciliter l'appropriation des connaissances produites et de renforcer leur portée opérationnelle.

L'approche TRIAGE a été mise en œuvre sur trois des quatre sites d'étude⁹. Si pour chaque opération nous avons suivi une base commune, les modalités d'application ont pu être différentes entre les sites. C'est particulièrement vrai pour le site Côte de Granit Rose –Sept Iles qui a impliqué un groupe plus large d'acteurs.

2.2 Résultat du TRIAGE sur les différents sites

2.2.1 Baie de Marseille

Le TRIAGE a eu lieu le 6 mai 2019 à Marseille, il a rassemblé 11 experts du territoire : des gestionnaires du milieu marin à l'échelle du territoire d'étude (Parc National des Calanques, Parc Marin de la Côte

⁷ Cette typologie est issue du travail de Laurans et collaborateurs qui identifient trois usages potentiels des évaluations de services : usage informatif (intégration des connaissances, le diagnostic des enjeux et la sensibilisation, usage d'aide à la décision (anticipation des changements futurs, facilitation des arbitrages ou comparaison des options de gestion) et usage technique (conception des mesures).

⁸ Ce qui nécessite un inventaire des projets qui ont déjà eu lieu sur le site et dont les résultats pourraient être mobilisés, une des forces de l'évaluation des SE est de proposer un cadre qui permet l'intégration des connaissances écologiques et socio-économiques dans une perspective d'aide à la gestion.

⁹ Le TRIAGE sur le site du Golfe du Morbihan doit être programmé dans le courant du mois d'avril 2020.

Bleue et Ville de Marseille) et des scientifiques (UMR 7294 MIO, UMR 6372 IMBE, GIS Posidonie, UMR 7300 ESPACE).

La problématique du site que nous avons retenue en priorité est celle de la **massification des activités récréatives sur le littoral**, cette problématique doit être croisée avec l'enjeu de **protection des herbiers de posidonie**¹⁰.

Le Tableau 2 présente les résultats de la hiérarchisation des services clés. Le travail a été effectuée en deux tours (un premier tour lors de l'atelier et un deuxième tour par email).

Services écosystémiques		A : Importance	B : Exposition	C : Possibilité d'agir	SCORE (A+B+C)/3
Services de maintien et de support	Réseau trophique	4,33	3,78	2,22	3,44
	Nurserie	4,00	3,67	2,78	3,48
	Abri	3,67	3,89	3,11	3,56
	Frayère	3,67	3,56	3,00	3,41
Services d'approvisionnement	Oursin	3,11	4,11	3,78	3,67
	Poulpe	3,00	4,22	4,00	3,74
	Poisson	4,44	4,33	3,67	4,15
	Crustacés	2,13	3,88	3,50	3,17
	Coquillages (moules et patelles)	2,33	3,44	3,33	3,04
Services de régulation	Régulation du climat	3,56	3,78	1,89	3,07
	Auto-épuration	3,50	2,63	2,00	2,71
	Protection côtière	3,56	3,78	3,00	3,44
Services culturels	Paysage marin	4,33	3,22	2,56	3,37
	Paysage sous-marin visuel	4,22	3,89	2,33	3,48
	Paysage sonore (plénitude, sentiment de BE)	2,78	3,00	2,78	2,85
	Epaves	3,22	2,00	2,33	2,52
	Observation des espèces emblématiques	4,22	4,33	3,00	3,85
	Education	3,44	3,50	3,89	3,61
	Recherche	3,00	2,63	2,89	2,84
	Pêche récréative	3,89	3,78	3,67	3,78
Aspects patrimoniaux	Arts (photographie...)	2,56	2,38	2,25	2,39
	Aspects historiques	3,11	2,13	2,50	2,58
	Capital environnemental, bien commun	3,67	3,33	2,67	3,22
	Ancrage culturel (toponymie, esprit des lieux...)	2,67	2,13	2,00	2,26

Tableau 2 - Hiérarchisation des services écosystémiques sur le site Baie de Marseille

On peut observer que le principal service clé qui se détache est le service de **prélèvement de poissons par la pêche**. Dans une moindre mesure le service de **support de fourniture d'abri**, les services de **prélèvement d'oursins et de poulpes** et les services culturels **d'observation, d'éducation et de pêche**

¹⁰ Lors du processus de vote, ces deux enjeux ont recueilli le même nombre de voix, cependant dans la suite de l'atelier nous nous sommes prioritairement penché sur la problématique liée aux activités récréatives.

récréative sont aussi identifiés comme des services clés. Les scores moyens sont assez homogènes (entre 2,26 et 4,15) et un seul service n'atteint pas la moyenne (le service d'ancrage culturel). Aussi pour compléter l'analyse nous proposons une analyse en composante principale des scores obtenus pour chaque critère (Figure 7).

Le graphique peut nous aider à mieux appréhender les résultats de la hiérarchisation. Nous nous focaliserons sur la partie droite du graphique dans laquelle on trouve les services qui ressortent de la hiérarchisation. La partie supérieure rassemble les services qui sont importants mais pour lesquelles la possibilité d'agir est jugée faible. On retrouve les services de support liés au réseau trophique et au rôle de nourricerie et les services culturels de paysage marin et sous-marin et d'observation des espèces emblématiques. La partie inférieure rassemble quant à elle les services dont l'importance est jugée faible mais pour lesquels la possibilité d'agir est forte, il s'agit principalement des services de prélèvement d'oursins, de poulpes et de crustacés ainsi que les services culturels d'éducation.

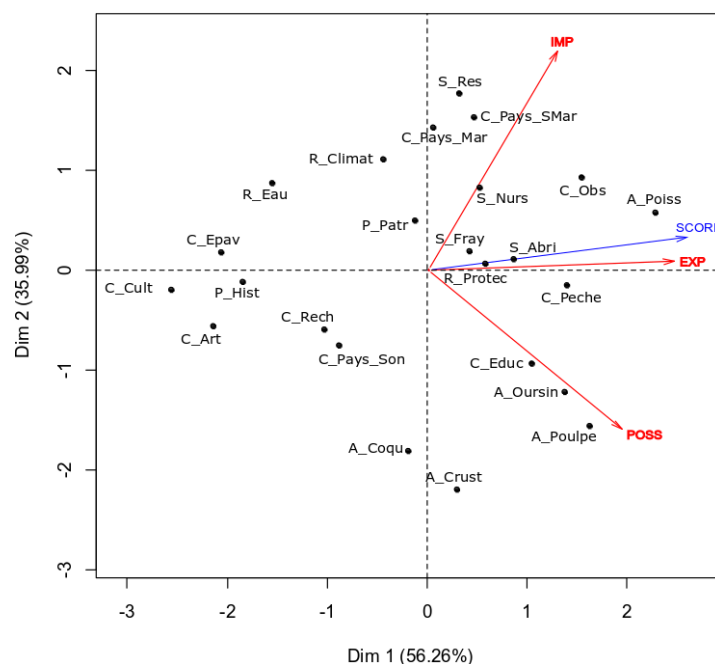


Figure 7 - Analyse en Composantes Principales de l'exercice de hiérarchisation des SE en baie de Marseille

Plusieurs éléments permettent de guider le choix des méthode d'évaluation. D'abord des éléments plutôt généraux par rapport à la hiérarchisation des services :

1. Le TRIAGE fait remonter une impasse pour la gestion : **la possibilité d'agir sur ce qui est important est faible**. Du point de vue de la gestion, une possibilité d'agir faible implique que l'évaluation devrait être focalisée sur un usage informatif, dans cette perspective, l'ESE doit permettre d'élargir l'espace des possibles pour des actions futures.
2. Le caractère homogène des scores attribués aux services souligne bien l'intérêt d'une approche en termes de **bouquets de services**.

Ensuite des éléments propres aux deux enjeux de gestion principaux :

1. Les services de supports qui sont fortement liés au bon fonctionnement des habitats (dont les herbiers de posidonie) sont tous situés dans la partie importance forte mais possibilité d'agir faible.

2. Les services culturels dont dépendent les activités récréatives sont répartis entre possibilité d’agir forte et importance faible et possibilité d’agir faible et importance forte. Il serait intéressant de mieux faire le lien entre les pratiques des différentes activités récréatives et leur dépendance aux services écosystémiques.

Finalement, nous proposons de mener deux études dans le cadre du projet Marha :

La première étude s’articule autour de l’enjeu de protection de l’herbier de posidonie. L’importance des services de support souligne l’intérêt de se focaliser sur un habitat. De plus l’herbier est identifié comme habitat prioritaire pour Natura 2000 et parmi les 8 habitats sélectionnés par le projet Marha. Ainsi nous proposons de développer un **modèle états-transitions pour intégrer les connaissances autour de l’habitat de posidonie**. Cette étude a commencé depuis le mois d’octobre 2019, les premiers résultats seront présentés dans le présent rapport.

La deuxième étude serait focalisée sur l’enjeu de massification des activités touristiques. Il s’agirait de travailler sur **la compréhension et la caractérisation des formes de demande pour les services écosystémiques de la baie de Marseille**. Cette étude sera menée entre Mars et Novembre 2020.

2.2.2 Archipel de Chausey

Le TRIAGE a eu lieu le 23 mai 2019 à Granville, il a rassemblé des 7 experts du territoire (SYMEL, SMEL, IFREMER et AFB). D’autres experts n’ont pas participé à l’atelier mais ce sont impliqués dans la hiérarchisation lors des échanges par email.

La **fréquentation sur l’archipel de Chausey et sa compatibilité avec l’état de conservation favorable de la mosaïque d’habitats** a été définie comme l’enjeu socio-écologique du site qui servira de point de départ à l’évaluation de services écosystémiques (ESE) qui va être menée. Les résultats de l’ESE auront ainsi vocation à alimenter les réflexions liées à la gestion de cet enjeu.

10 experts ont participé au triage qui a permis d’identifier les services écosystémiques clés, définis au regard de 4 critères : importance écologique ; importance sociale ; exposition aux facteurs de changement ; possibilité d’agir sur le service écosystémique. Plus un service écosystémique est considéré important, est exposé au changement et plus il est possible d’agir sur ce service écosystémique alors plus il sera utile de l’évaluer. Cette hiérarchisation s’est déroulée sur deux tours. Les résultats finaux sont compilés dans le Tableau 3.

Les services culturels associés à la **pêche récréative** et aux **espèces emblématiques** ressortent comme les principaux services écosystémiques clés. Dans une moindre mesure, les services de prélèvement liés à la **pêche professionnelle**, les services de régulation liés aux zones d’**alimentation des oiseaux** et aux zones de **richesse spécifique élevée pour les invertébrés** ainsi que les services culturels liés à **l’observation naturaliste** et à la **recherche scientifique**, sont également identifiés comme services écosystémiques clés.

Les finalités envisagées par les gestionnaires du site étant multiples, l’équipe pilote de l’ESE propose deux projets d’évaluations.

Services écosystémiques		A1 : Importance écologique	A2 : Importance sociale	A : Importance = (A1 + A2) / 2	B : Exposition	C : Possibilité d'agir	TOTAL = (A + B + C) / 3
Services d'approvisionnement	Moules cultivées	3,8	2,5	3,2	3,8	3,2	3,4
	Huîtres cultivées	3,7	2,3	3,0	3,6	3,2	3,3
	Palourdes cultivées	4,0	2,7	3,4	3,4	3,2	3,3
	Crustacés (homard, bouquet, crabes) pour la pêche professionnelle	4,7	3,6	4,2	3,7	3,3	3,7
	Mollusques (praires, CSJ) pour la pêche professionnelle	4,4	3,4	3,9	3,6	3,2	3,6
	Algues	2,7	1,3	2,0	3,2	2,6	2,6
	Vases pour cosmétiques	2,4	1,3	1,9	1,7	2,6	2,0
Services de régulation et de support	Contrôle des substances toxiques anthropique	2,7	3,4	3,1	2,9	2,2	2,7
	Contrôle de l'érosion par les herbiers, les macroalgues	4,0	3,5	3,8	3,3	2,4	3,2
	Zones de nurseries pour juvéniles de poissons	4,1	3,8	4,0	3,7	2,5	3,4
	Zones de frayères des dorades, lançons, raies (?)	4,2	3,6	3,9	3,7	2,3	3,3
	Zones d'alimentation pour les oiseaux	4,4	3,8	4,1	3,5	3,2	3,6
	Zones de repos pour le phoque gris	4,2	3,0	3,6	2,8	3,4	3,3
	Zone de richesse spécifique élevée pour les invertébrés	4,8	3,8	4,3	3,6	3,0	3,6
	Régulation des cycles biochimiques	3,0	2,3	2,7	2,2	1,3	2,1
Services culturels	Support de plongée (bouteilles et apnée)	4,4	3,2	3,8	2,3	2,6	2,9
	Support de pêche récréative	4,8	4,4	4,6	3,8	4,2	4,2
	Support d'observations naturalistes	4,9	3,7	4,3	3,3	2,9	3,5
	Paysages sous-marins et paysages marins	4,6	4,1	4,4	2,3	1,9	2,9
	Support d'éducation à l'environnement (visites guidées)	4,4	2,9	3,7	2,8	3,4	3,3
	Support de recherche scientifique	5,0	4,0	4,5	2,9	3,0	3,5
	Source d'inspiration pour la peinture, la photographie, pour les drones	4,7	2,6	3,6	2,0	1,7	2,4
	Support de médiation (reportage)	4,6	2,9	3,8	2,1	2,8	2,9
	Espèces emblématiques : Oiseaux	4,5	4,0	4,3	3,8	4,0	4,0
	Espèces emblématiques / Symboles : Homard, Praire	4,5	4,4	4,5	3,8	3,9	4,0

Tableau 3 - Hiérarchisation des services écosystémiques sur le site Archipel de Chausey

La première étude portera sur l'évaluation de la capacité de habitats de de l'archipel de Chausey à fournir des services écosystémiques. Ce travail est un travail d'intégration des données disponibles dans le cadre des services écosystémiques en perspective d'aide à la gestion. Le travail se concentrera sur les services écosystémiques clés (cf. Tableau 3) et les principaux services écosystémiques avec lesquels ces derniers interagissent (notion de « bouquet » de services écosystémiques), ainsi que sur les habitats à « enjeux de conservation » (e.g. banquettes à Lanices, herbiers à *Z. marina* et habitats de sédiments envasés à *H. diversicolor*).

Ce projet d'évaluation des services écosystémiques présente l'avantage de répondre à la volonté d'intégration des connaissances telle que formulée par les experts du site lors de l'atelier de travail. Les données produites à l'échelle de l'archipel de Chausey sont nombreuses et obtenues dans des cadres différents. Il sera intéressant de créer des liens entre ces données via le cadre des services écosystémiques. Ces travaux auront également l'avantage de venir nourrir les réflexions initiées dans le cadre du programme EFSE par l'UMR 6308 AMURE sur la construction d'une typologie d'indicateurs de services écosystémiques, mobilisable à différentes échelles et dans différents cadres tels que celui

de la comptabilité des écosystèmes. Cette étude a commencé depuis le mois d'octobre 2019, les premiers résultats seront présentés dans le présent rapport.

La deuxième étude porte sur **l'évaluation de l'acceptabilité de mesures de gestion de la fréquentation par les usagers de l'archipel de Chausey**. L'objectif de ce travail est d'estimer les préférences et l'acceptabilité de différentes mesures de gestion des flux de fréquentation et de ses impacts sur la mosaïque d'habitats et les services écosystémiques clés.

Ce projet d'évaluation des services écosystémiques présente l'avantage de répondre à la volonté d'aider à la conception de mesures de gestion telle que formulée par les experts du site lors de l'atelier de travail. Les réflexions liées à l'enjeu de gestion de la fréquentation ne sont pas nouvelles à Chausey (cf. Bount'îles, BECO, Life Pêche à pied...). Ce travail apportera une pierre à l'édifice et alimentera directement les discussions liées à l'élaboration du DOCOB pour le site Natura 2000 Chausey. La méthode des choix multi-attributs fait l'objet d'un cadre formalisé et permet de produire des éléments utiles à la décision mais également scientifiquement valorisables. Cette étude sera menée sur la période Mars – Août 2020.

2.2.3 Côte de Granit Rose – Sept Iles

Le TRIAGE a eu lieu le 22 mai 2018 à Pleumeur-Bodou et organisé par la Ligue de Protection des Oiseaux gestionnaire de la Réserve Nationale des Sept Iles. Le TRIAGE a été mené en associant les parties prenantes du territoire. 22 personnes ont ainsi été invité à s'exprimer sur les enjeux du territoire.

Du fait de la taille du groupe et de son ouverture aux usagers du territoire, nous n'avons pas pu suivre à la lettre la trame du TRIAGE. Le concept de service écosystémique étant trop nouveau et trop abstrait pour les usagers, nous avons travaillé sur des grands enjeux exprimés en termes d'usages ou de compartiments écologiques (habitats ou groupes d'espèces). Le groupe a été divisé en trois ateliers pour identifier les enjeux qui ont ensuite été regroupés et hiérarchisés en plénière suivant les trois critères d'importance, d'exposition aux facteurs de changement et de possibilité d'action¹¹. Les résultats de la hiérarchisation sont présentés dans le Tableau 4.

Enjeu	Importance	Exposition	Possibilité d'action	SCORE (moyenne)
1. Education/sensibilisation	20	9	16	15
2. Herbiers	9	15	17	14
3. Qualité de l'eau	10	16	11	12
4. Activités de loisir	13	15	8	12
5. Tourisme	13	7	9	10
6. Pêche professionnelle	7	8	14	10
7. Oiseaux et mammifères marins	13	10	4	9
8. Dunes sous-marines	9	7	10	9
9. Survol	9	5	8	7

¹¹ La hiérarchisation a eu lieu en deux tours, chaque participant avait 5 points par critère à répartir comme ils voulaient (p.ex. tous les points sur un enjeu), à la fin du premier tour les résultats étaient présentés aux participants pour qu'ils puissent éventuellement ajuster leur vote.

Tableau 4 - Hiérarchisation des enjeux sur le site Côte de Granit Rose - Sept Iles

L'enjeu principal était lié à **l'éducation et la sensibilisation**, néanmoins cet enjeu regroupait différentes réalités selon les acteurs, certains pointaient ici le besoin d'éduquer les usagers vers des pratiques plus respectueuses de l'environnement et d'autres voyaient l'enjeu d'éducation comme une source possible d'activité sur le territoire (notamment au travers du développement des classes de mer). Dans un deuxième temps on retrouvait des enjeux écologiques liés à la **qualité de l'eau** et à aux **herbiers** et des enjeux économiques liés aux **activités de loisir**, au **tourisme** et à la **pêche professionnelle**.

La troisième séquence du TRIAGE a été menée avec le gestionnaire de la Réserve des Sept Iles et l'équipe du projet. Nous avons procédé avec le gestionnaire à un nouveau tri de ces enjeux par rapport aux compétences et au plan de gestion de la réserve.

Les compartiments écologiques herbier et oiseaux et phoques font l'objet de suivis écologiques en continu. La problématique de la qualité de l'eau est plutôt relative au SAGE et aux programmes de bassins versants (la possibilité d'agir de la réserve est plutôt faible). La question éducation/sensibilisation est une question transversale qui peut être croisée avec tous les enjeux, il existe déjà des programmes de sensibilisation en cours qui peuvent être généraux ou orientés vers certains des enjeux cités (p.ex. les herbiers). Enfin le plan de gestion fait état d'un besoin d'évaluer les retombées économiques de la réserve sur le territoire. Ainsi il a été décidé de se focaliser sur les enjeux socio-économiques notamment les enjeux liés au tourisme et aux activités de loisir. C'est dans cette optique que nous avons mené une évaluation du poids économiques des services culturels sur le territoire Côte de Granit Rose – Sept Iles.

Dans un deuxième temps, les gestionnaires ont fait état d'un réel besoin d'appui sur l'évaluation des champs de macro-algues. Ainsi, nous avons lancé une deuxième étude basée sur l'établissement de modèles état-transition.

2.2.4 Golfe du Morbihan

Le TRIAGE a eu lieu le 11 septembre 2020 à Ploeren (Commune du PNR GM), il a rassemblé 18 participants scientifiques et gestionnaires. Des experts n'ayant pas pu assister à cet atelier ont été rencontrés a posteriori afin de compléter le TRIAGE.

A l'issue de la première étape du TRIAGE, l'enjeu principal du site a été défini : **permettre de mieux partager les connaissances relatives aux vasières du Golfe**¹² (évaluation informative) et de mieux sensibiliser aux services qu'elles rendent (éducation et sensibilisation). De cette manière, l'ESE doit

¹² Le processus du TRIAGE a été fortement impacté par l'épidémie de Covid-19. Initialement prévu en mars 2020 il a dû être décalé en septembre 2020. Cependant, les travaux qui devaient se reposer sur ses résultats ont quand même commencé à la date prévue, aussi le périmètre de l'évaluation avait déjà été restreint pour cibler l'habitat vaseux.

contribuer à la construction d'une culture commune qui permette de mieux prendre en compte ces habitats marins par les usagers du Golfe et le grand-public.

La liste des SE retenus pour l'évaluation a été construite en deux temps : d'abord grâce à la réalisation d'un travail bibliographique sur les SE ; puis une discussion lors du TRIAGE avec les experts présents. Au final 13 services écosystémiques sont retenus à l'échelle du Golfe du Morbihan. Ces services ont ensuite fait l'objet d'un exercice de hiérarchisation (importance, exposition aux facteurs de changement et possibilité d'agir) par la méthode Delphi (premier tour en séance et deuxième tour par échange d'email). Les participants ont aussi été interrogé sur leur niveau de confiance dans leurs réponses. Les résultats sont présentés dans le Tableau 5.

Tableau 5 - Hiérarchisation des services écosystémiques sur le site Golfe du Morbihan

Services écosystémiques		A : Importance	B : Exposition	C : Possibilité d'agir	SCORE (A+B+C)/3	Niveau de confiance
Services d'approvisionnement	Stocks de pêche	4,10	3,95	3,60	3,88	2,30
	Cultures marines	4,20	3,65	3,50	3,78	2,20
Services de régulation et de support	Régulation de l'eutrophisation	2,11	3,15	2,35	2,54	1,50
	Régulation des polluants	2,61	3,00	2,10	2,57	1,60
	Réseaux trophiques	4,36	3,45	2,45	3,42	2,18
	Nourricerie	4,10	3,50	2,50	3,37	2,20
Services culturels	Observations naturalistes	3,45	3,59	3,45	3,50	2,18
	Pêche récréative	4,00	3,64	3,91	3,85	2,18
	Chasse	1,82	2,64	3,27	2,58	1,64
	Paysage	3,55	2,55	2,50	2,87	1,80
	Recherche	2,90	2,60	2,70	2,73	1,40
	Education	2,90	2,60	3,40	2,97	1,70
	Patrimoine	3,32	2,73	3,45	3,17	1,55

La hiérarchisation ne permet pas de faire ressortir de service clé¹³, de la même manière, aucun service ne se détache pour être rejeté de l'évaluation. Les services les mieux notés sont les services d'approvisionnement (pêche et cultures marines) et les services culturels d'observations naturalistes et de pêche récréative.

Le niveau de confiance des répondants n'est pas très élevé : seuls 6 services sur les 13 ont une note de confiance qui dépasse 2 (sur 3). On peut voir que les scores sont corrélés au niveau de confiance des répondants, cette situation peut refléter une évaluation « prudente » quand l'incertitude est forte.

La dernière séquence du TRIAGE a été réalisé ex-post par le PNR GM et l'IFREMER. Au vu des moyens disponibles et des résultats des deux premières séquences du TRIAGE, il a été choisi de mener un travail d'évaluation des perceptions des parties prenantes.

¹³ Dans les autres exercices TRIAGE les services écosystémiques clés ont un score qui dépasse généralement 4.

Les méthodes d'évaluation des perceptions présentent plusieurs avantages qui permettent de répondre aux attentes soulevées par le TRIAGE (Harrison et al., 2017) :

- Elles reposent sur du dire d'expert ce qui est intéressant dans un contexte où l'incertitude et le manque de données sont importants.
- Elles sont tournées vers l'intégration des connaissances des parties prenantes et vers la compréhension de leurs problèmes.
- Elles constituent des bons vecteurs de communication de la démarche et des résultats ce qui va dans le sens de l'objectif de sensibilisation recherché.
- Elles sont plutôt orientées sur la prise en compte de l'ensemble du bouquet de services.

Plusieurs modalités peuvent être adoptées pour évaluer les perceptions des parties prenantes. Dans le cadre du projet MarHa trois opérations seront menées :

- L'organisation d'ateliers de travail avec des groupes d'acteurs.
- La réalisation d'une enquête en ligne orientée plutôt vers le grand public.
- La réalisation d'un travail de terrain (travail de stage).

2.3 Discussion

Pour chaque site la sélection des enjeux va mettre en avant un habitat particulier qui sera l'objet d'une évaluation propre. La sélection des quatre sites nous permet d'avoir une diversité dans les habitats qui vont être ciblés par les évaluations :

- Les champs de macro-algues sur le territoire Côte de Granit Rose – Sept Iles (1170) évalués aussi par la construction d'un modèle Etat-Transition (cf. chapitre 4);
- Les herbiers de Posidonie en baie de Marseille (1120) évalués par la construction d'un modèle Etat-Transition (cf. chapitre 5);
- La mosaïque d'habitats liés aux habitats sableux et vaseux de l'archipel de Chausey (1110 et 1140) qui ont fait l'objet d'un travail d'intégration des connaissances disponibles pour les habitats afin de produire des indicateurs sur la capacité de ces habitats à fournir des services (chapitre 7) ;
- Les vasières du Golfe du Morbihan (1140) qui feront l'objet d'un travail spécifique d'analyse bibliographique (chapitre 9).

Il est intéressant de noter que certains enjeux de gestion se recoupent. C'est notamment le cas de la problématique **du tourisme et des activités récréatives** pour laquelle trois études basées sur trois méthodes différentes ont été mises en œuvre pour étudier le poids économique des activités récréatives et du tourisme (cf. chapitre 3), l'évolution récente des demandes de services écosystémiques autour des activités récréatives (cf. chapitre 6) et les préférences des acteurs en termes de mesures de gestion de la fréquentation à Chausey (cf. chapitre 8). En ce qui concerne le Golfe du Morbihan, la question posée est plutôt celle du diagnostic des enjeux autour des vasières, en ce sens un travail de modélisation d'accompagnement a été mené (chapitre 10).

Il est aussi intéressant de s'intéresser à la comparaison des notes attribuées pour la hiérarchisation des services écosystémiques (Tableau 6).

Tableau 6 – Comparaison des résultats du TRIAGE par catégorie de services écosystémiques

	Baie de Marseille				Chausey				Golfe du Morbihan			
	Imp.	Exp.	Poss.	Score	Imp.	Exp.	Poss.	Score	Imp.	Exp.	Poss.	Score
Services de maintien et de support	3,9	3,7	2,8	3,5	4	3,5	2,9	3,4	4,2	3,5	2,5	3,4
Services d'approvisionnement	3,0	4	3,7	3,6	3	3,3	3	3,1	4,1	4	3,5	3,8
Services de régulation	3,6	3,4	2,3	3	3,2	2,8	2	2,7	2,4	3,1	2,2	2,5
Services culturels	3,5	3,2	2,8	3,2	4,2	2,9	3	3,4	3,1	3	3,2	3,1
Patrimoine	3,1	2,5	2,4	2,7	4	2,9	3,1	3,3	3,3	2,7	3,4	3,2
	3,4	3,4	2,8	3,2	3,7	3,1	2,8	3,2	3,4	3,2	3	3,2

D'abord, il est important de souligner que quand on interroge les gestionnaires et les scientifiques experts d'un site sur les enjeux liés aux services écosystémiques rendus, le paramètre le moins bien noté est la possibilité d'agir. En effet, sur tous les sites les notes les plus faibles sont liées à l'évaluation de la possibilité d'agir. C'est d'autant plus le cas des services de maintien et de support et les services de régulation. Dans le cadre du TRIAGE cette situation nous conduit à privilégier des évaluations plutôt orientées sur la mise en évidence de l'importance et de l'exposition des services pour augmenter cette possibilité d'agir. Aussi les évaluations sont donc plutôt orientées vers un usage informatif via l'intégration des connaissances, le diagnostic des enjeux et la sensibilisation des parties prenantes aux enjeux de conservation des habitats plutôt que dans un appui à la décision ou à la conception de mesures.

II

COTE DE GRANIT ROSE

3 Evaluation du poids économique des services culturels sur le territoire Côte de Granit Rose – Sept Iles

3.1 Introduction

Les espaces marins et côtiers sont des espaces riches et attractifs mais également vulnérables. Pour bien gérer les activités humaines et les ressources naturelles il est nécessaire de bien en connaître les interactions. Les résidents et les touristes pratiquent de nombreuses activités récréatives et de loisir qui sont liées au milieu marin (pêche, plongée, randonnée en bord de mer, etc.) et qui participent fortement au dynamisme d'un territoire. L'objectif de cette étude a été d'améliorer la connaissance du poids de ces activités pour le territoire et leur dépendance à la bonne qualité du milieu naturel.

Cette évaluation repose sur l'articulation de deux méthodes au travers d'un questionnaire commun :

- Une approche de comptabilité écologique pour l'évaluation de la dépendance des activités récréatives aux services écosystémiques marins (Martin et al., 2018) ;
- Une évaluation des retombées économiques liées à la fréquentation d'un site protégé (Roncin et al., 2008).

3.2 Méthode

3.2.1 La comptabilité des écosystèmes

La comptabilité des écosystèmes est une approche basée sur **une évaluation quantitative des valeurs marchandes des services écosystémiques culturels**. L'approche adoptée pour ce travail s'inscrit dans le cadre du référentiel développé par le département des Nations Unies dédié aux statistiques : le System of Environmental-Economic Accounting (SEEA). Ce référentiel a été créé pour pallier aux manques de la comptabilité nationale qui est limitée aux seules activités marchandes et qui conduit à une sous-estimation de la production de la valeur liés aux activités non marchandes.

Dans le cadre SEEA, le SEEA Experimental Ecosystem Accounting (SEEA-EEA) a été créé avec pour objectif de développer une comptabilité propre aux services écosystémiques en termes physiques et monétaires (United nations et al., 2014). Edens et Hain (2013) définissent les services écosystémiques utilisés dans un cadre comptable comme « les contributions des écosystèmes aux activités de production ou de consommation ». Ainsi, **les activités humaines reposant sur des inputs fournis par les écosystèmes (concernant les activités de production) et celles reposant sur les services (pour les activités de consommation), sont incluses dans des comptes satellites d'écosystèmes¹⁴**.

¹⁴ Ces derniers peuvent être définis comme des « [cadres] de données économiques liées à un domaine spécifique, mais non défini dans les comptes nationaux (...). Le terme « satellite » fait référence à un système de comptabilité additionnelle qui reste cohérent avec les définitions et les règles d'enregistrement propres à la comptabilité nationale » (Direction générale des entreprises [DGE], 2018).

La comptabilité mobilise deux concepts importants afin de définir les activités récréatives (Martin et al., 2018). Effectivement, il faut distinguer :

- L'activité économique, **le processus de production** qui correspond à la combinaison de plusieurs inputs – physiques ou humains, **du produit** qui est quant à lui l'output de l'économie.
- Les activités de **consommation** qui reposent sur la consommation en elle-même des produits des activités de **production** qui quant à elles dépendent des processus de production.

Il paraît intéressant de souligner que de nombreux produits peuvent résulter d'une activité économique tandis qu'un seul et même produit peut-être produit par différentes activités économiques.

Nous nous intéressons aux services écosystémiques culturels produits et consommés par les ménages pratiquant des activités récréatives reposant sur ces derniers. **Les facteurs permettant leur production finale sont le travail non-rémunéré correspondant au capital humain, le capital physique fixe, les biens et les services intermédiaires soit le capital physique circulant et le capital naturel.**

Le travail non-rémunéré est estimé physiquement grâce au temps, qui peut recouvrir plusieurs dimensions qui ne doivent pas être confondues :

- Le temps de production qui correspond au capital humain nécessaire pour produire l'activité récréative, c'est un facteur de production.
- Le temps de consommation qui correspond au temps de pratique de l'activité récréative et qui est un facteur de consommation qu'on peut diviser en deux :
 - o Le temps passé à consommer des services écosystémiques.
 - o Le temps passé à faire du sport qui correspond à la dimension abiotique de l'activité, car la recherche de l'expérience sportive ne repose pas sur l'état de l'écosystème.

La Figure 8 récapitule les processus de production et de consommation des services écosystémiques culturels en tenant compte du critère de temps noté α .

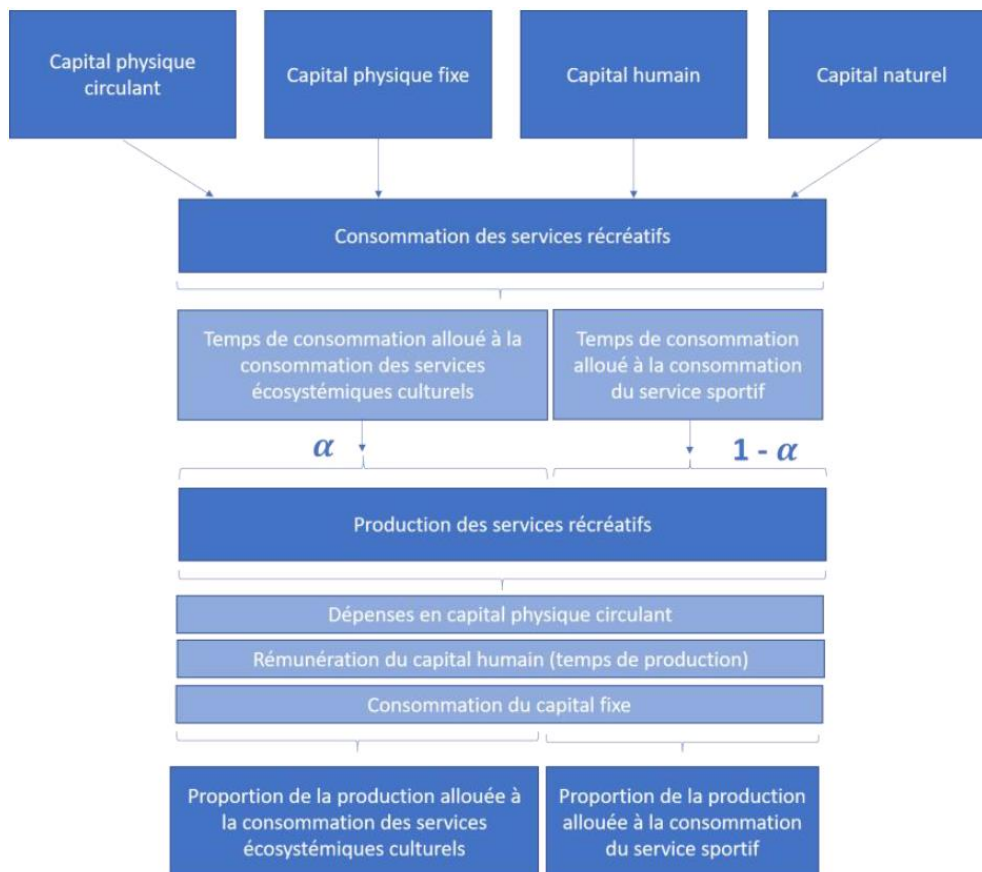


Figure 8 - Représentation du processus de production et de consommation des services écosystémiques culturels tenant compte du critère de temps (Martin et al., 2018)

Pour évaluer la production des ménages nous ne pouvons pas nous reposer sur une évaluation des outputs car la production des ménages n'est pas échangée sur un marché. Il faut donc passer par l'évaluation des inputs. L'évaluation des inputs présente l'avantage de mieux rendre compte des caractéristiques du processus de production en s'intéressant aux coûts que l'approche basée sur l'output. Cependant, la valeur obtenue est une borne inférieure puisque celle du surplus n'est pas prise en compte.

Les différents inputs nécessaires à la production des activités récréatives et donc des services associés par les ménages sont exprimés en unité monétaire :

- **Des consommations intermédiaires** – qui sont des biens et services finaux dans le cadre de la comptabilité nationale, excepté, par exemple, les dépenses en restauration (les individus se restaurent quel que soit l'activité qu'ils pratiquent) et en location (impossible de savoir pourquoi les gens louent) ;
- **De la consommation du capital fixe** – soit la dépréciation du capital obsolète, cette valeur correspond donc au budget investi par les ménages pour le remplacer, il est donc nécessaire de connaître la formation annuelle de capital ainsi que la durée de vie du produit ou de connaître les principaux équipements utilisés par les ménages pour produire des services écosystémiques culturels. Cette méthode est appelée Perpetual Inventory Method (Schäfer and Schwarz, 1994 ; Blades, 1997 ; Eurostat, 2003) ;

- **Du travail non-rémunéré** (le temps de production) qui se décompose en temps de préparation (recherche d'informations et achat de produits) et en temps de trajet (entre le lieu d'hébergement et le lieu de pratique de l'activité). Le temps de production est converti en unité monétaire en utilisant **la valeur du salaire de référence**¹⁵.

L'ensemble de ces données sera obtenues grâce à des enquêtes de terrain.

3.2.2 Evaluation des retombées économiques sur le territoire

Les retombées économiques liées à la fréquentation d'un site protégé à des fins récréatives peuvent être mesurées par deux types d'effets : les effets non-marchands et les effets marchands (directs ou secondaires). Dans cette étude, **seuls les effets marchands directs seront quantifiés**. Ils ont un impact sur les activités directement touchées par les dépenses des visiteurs, qui peuvent être pour la restauration, l'hébergement, les commerces de détail par exemple (Roncin et al., 2008 ; Boncoeur et al., 2013). Ainsi, le montant total des dépenses faites par les visiteurs sur le site Côte de Granit Rose – Sept-Iles sera estimé grâce à des enquêtes de terrain.

Le tourisme est défini par l'Organisation Mondiale du Tourisme (OMT) comme « les activités déployées par les personnes au cours de leurs voyages et de leurs séjours dans les lieux situés en dehors de leur environnement habituel pour une période consécutive qui ne dépasse pas une année à des fins de loisirs, pour affaires et autres motifs ». Les « activités » sont ici les occupations individuelles (Kalaydjian et Girard, 2017).

Ces individus sont appelés « visiteurs » (ou non-résidents), et l'on en différencie deux types : les excursionnistes qui ne passent aucune nuit en dehors de leur environnement usuel et les touristes qui passent au minimum une nuit et au maximum un an en dehors de leur environnement habituel (Division de statistique de l'ONU, 2010).

Une précaution est à prendre concernant l'imputation des dépenses faites par les visiteurs au site afin d'éviter une quelconque surestimation de l'incidence économique de leur venue sur le site en lui attribuant l'ensemble des bénéfices. Effectivement, le site Côte de Granit Rose – Sept-Iles n'est pas forcément l'unique raison ayant motivé leur déplacement hors de leur résidence principale. Il est donc nécessaire d'utiliser un facteur d'attribution pour corriger ce phénomène (Roncin et al., 2008 ; Johnson et Moore, 1993). Les différentes étapes pour estimer les retombées économiques liées aux non-résidents sont décrites dans la Figure 9.

¹⁵ Le choix du niveau de salaire entre celui du travailleur le moins qualifié ou celui de référence fait l'objet d'une controverse entre ceux qui défendent les ménages ne sont pas aussi productifs que les employés (p.ex. Poissonnier et Roy, 2013) et ceux qui défendent que les ménages peuvent produire des biens et services non-marchands avec des compétences excellentes (Levrel, 2010 dans Martin et al., 2018).

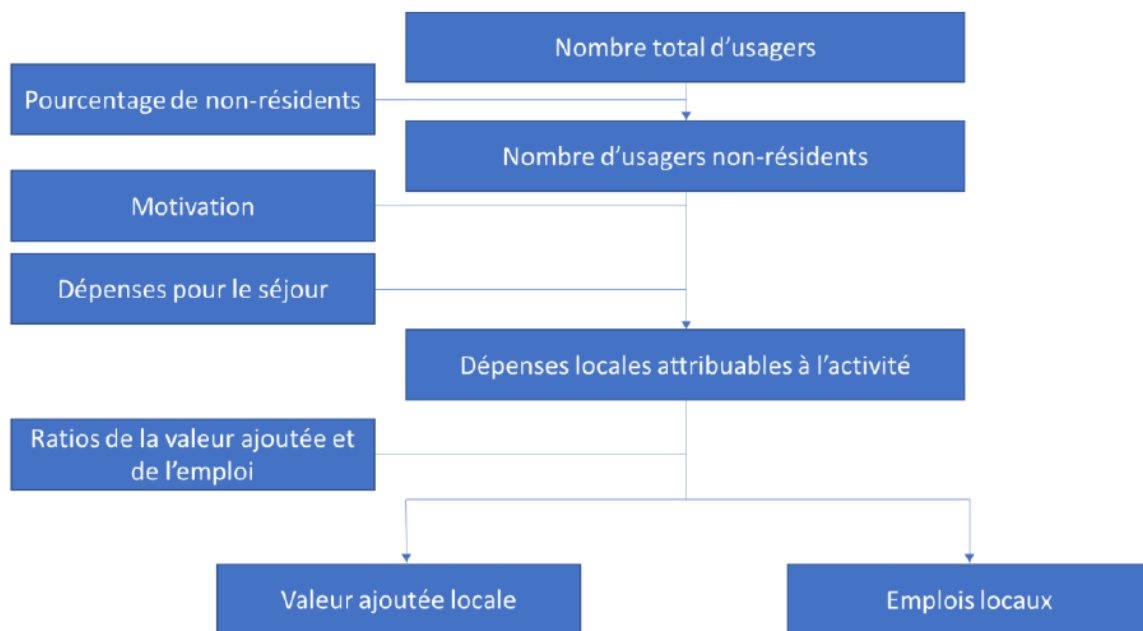


Figure 9 - Etapes permettant le calcul des retombées économiques directes sur un territoire (Roncin et al., 2008)

3.2.3 Echantillonnage et conception du questionnaire

Afin de récolter les données nécessaires à ces évaluations, des enquêtes de terrain ont été réalisées. Il est nécessaire de déterminer quel périmètre délimite les individus qui seront considérés comme résidents ou visiteurs. **Effectivement, cela est nécessaire pour déterminer les effets « locaux » des retombées économiques** (Boncoeur et al., 2013).

Le périmètre déterminant la zone où les individus seront considérés comme résidents sera la communauté de communes Lannion Trégor Communauté (LTC). Effectivement, cela permet d'avoir des données concernant les non-résidents à la même échelle. Les données ainsi utilisées pour les résidents seront tirées de l'INSEE. Concernant celles utilisées pour les visiteurs, elles sont disponibles sur le site Armorstat. Plus précisément, l'étude Flux Vision Tourisme faite par le centre de ressources socio-économiques des Côtes d'Armor (Armorstat, 2018) qui a pour périmètre LTC et de l'Enquête Reflet 2016 réalisée par le Comité Régional du Tourisme de Bretagne (CRT) à l'échelle de la côte de granit rose – baie de Morlaix (CRT, 2016) seront utilisées. Ces deux travaux ont été choisis car ils sont adaptés au contexte local.

Le choix des points d'enquêtes doit tenir compte des différents critères que nous cherchons à respecter pour avoir une bonne représentativité de l'échantillon (Figure 10). De plus, les lieux d'enquêtes doivent également être les plus neutres possibles pour ne pas suréchantillonner une pratique plutôt qu'une autre. Néanmoins, et puisque l'on étudie la population des non-résidents, il est possible de suréchantillonner au niveau de la côte. En effet, bien qu'ils puissent loger dans les terres, c'est là qu'ils pourront facilement être trouvés. Il ne faut tout de même pas que le lieu choisi propose uniquement des usages très spécifiques.

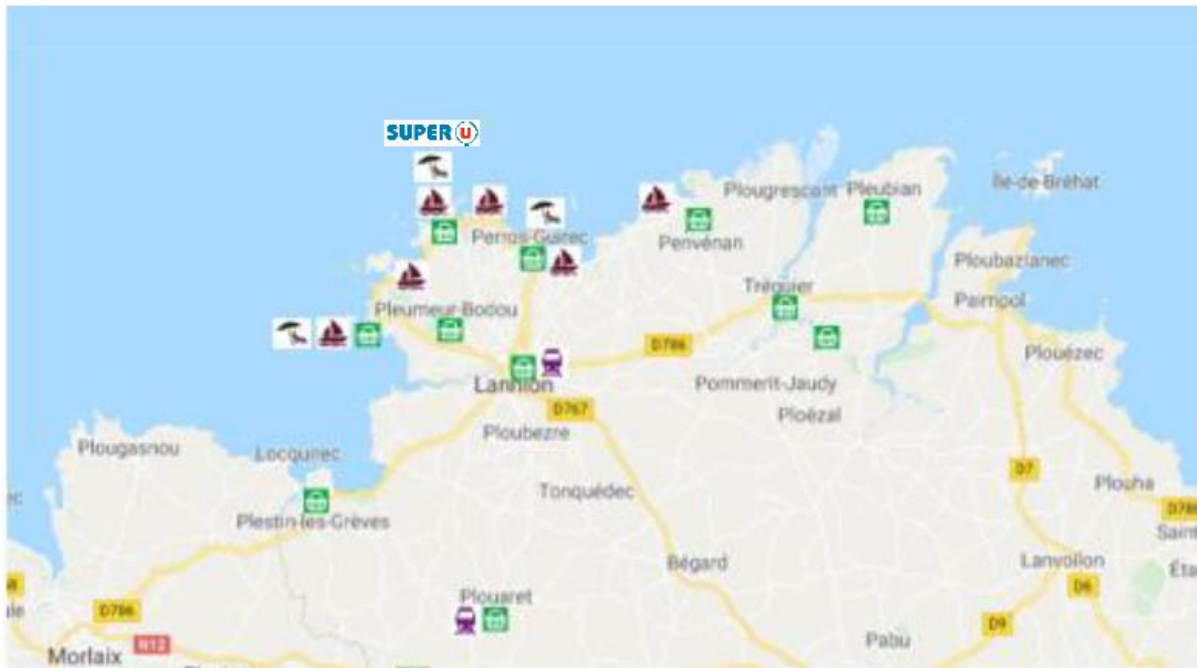


Figure 10 - Carte regroupant les différents lieux d'enquêtes (Source : Google Maps)

Au final, deux salves d'enquêtes ont été menées : l'une en bord de saison pendant le mois de juin et l'une en cœur de saison pendant le mois de juillet. Les questionnaires ainsi construits ont été administrés à **317 personnes**.

Le questionnaire a été construit sur la base des travaux existants en comptabilité (Martin et al., 2018) et en évaluation des retombées économiques (Boncoeur et al., 2013). Le questionnaire est composé de deux parties.

La première est plus générale. Ce questionnaire d'accroche s'intéresse dans un premier temps à la connaissance qu'ont les répondants du territoire. Dans un second temps, il se concentre sur les activités pratiquées dans le site Côte de Granit-Rose – Sept-Iles que ce soit par les résidents ou les visiteurs, la fréquence, la part du temps de leur pratique sur le territoire et la saisonnalité à laquelle ils pratiquent ces sports de nature. Enfin, nous nous cherchons aussi à connaître les dépenses faites par les non-résidents pendant leur séjour dans la communauté de communes Lannion-Trégor Communauté. Ce sont des dépenses faites pour la location de leur logement, pour la restauration, pour les billetteries ou les souvenirs qu'ils peuvent acheter.

La deuxième partie du questionnaire est consacrée aux dépenses que les répondants font dans le cadre de leur pratique. Les activités auxquelles nous nous intéressons sont des activités nautiques comme le kayak ou canoë de mer, le Stand-Up Paddle, le surf ; les activités de voile légère telles que le catamaran, le dériveur, la planche à voile ou le kite-surf ; la plaisance et la pêche embarquée; la plongée (tuba et bouteille); l'apnée et la pêche sous-marine; la pêche récréative (à pied ou en bord de mer) et la randonnée pédestre en bord de mer (Figure 11). Il leur est aussi demandé de noter les différents aspects du territoire. Enfin, concernant l'étude des services écosystémiques rattachés à ces activités, les pratiquants ont dû indiquer la part du temps qu'ils consacrent pendant leur pratique à profiter de

la beauté du paysage marin et sous-marin et observer les oiseaux et les phoques ou à faire du sport ou pêcher.

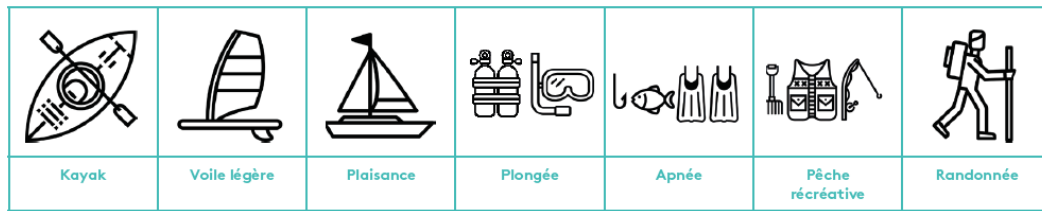


Figure 11 - Activités récréatives étudiées

3.3 Résultats

Près de 70% des résidents pratiquent une activité récréative en lien avec le milieu marin, les activités les plus pratiquées sont la randonnée et la pêche récréative (Figure 12). Chez les touristes, près de 40% des journées passées sur le territoire sont associées à la pratique de la randonnée et de la pêche récréative (Figure 13).

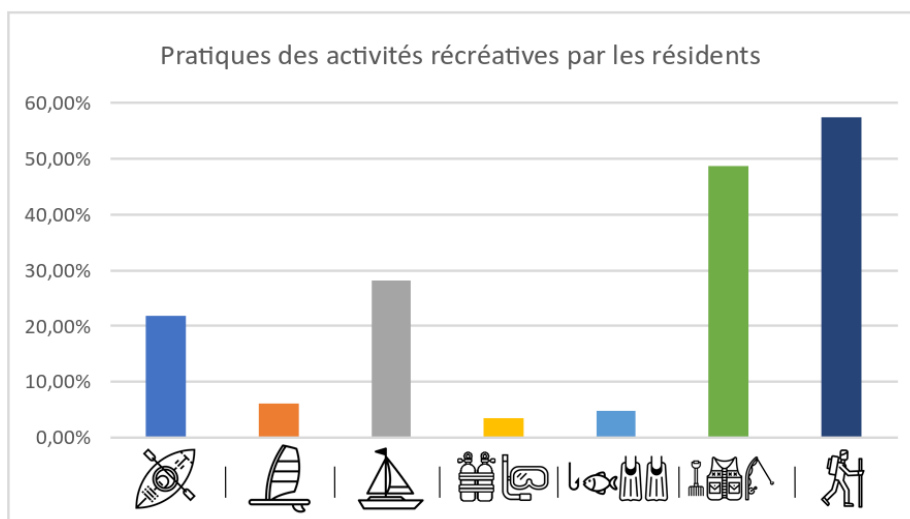


Figure 12 - Pratique des activités récréatives par les résidents

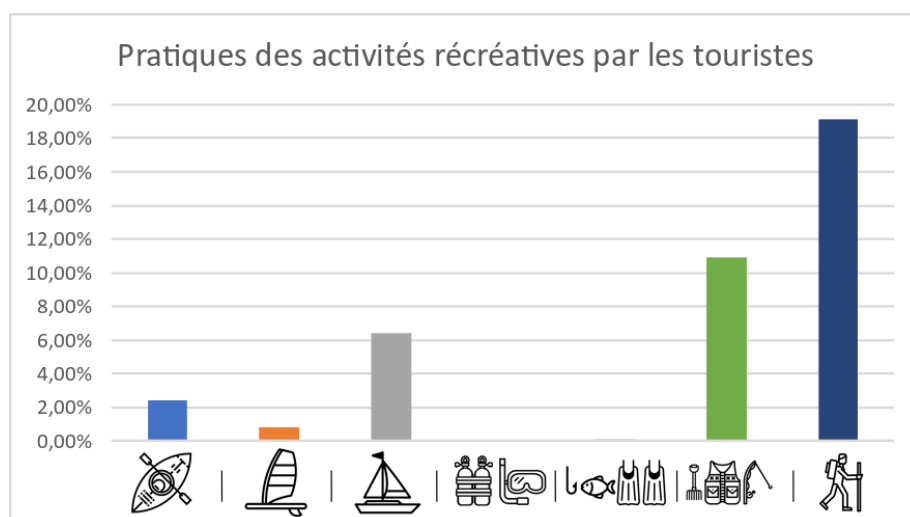


Figure 13 - Pratique des activités récréatives par les touristes

La fréquence de pratique pour chaque activité est variable (Figure 14), **ce sont les résidents qui ont des fréquences de pratique les plus importantes**. Les résidents qui pratiquent la randonnée effectuent 27 excursions par an, ceux qui pratiquent la plongée 21. Chez les touristes, c'est la pratique de la plaisance qui a la fréquence la plus élevée avec 5 sorties par an. Il est intéressant de noter que la fréquence de pratique pour la pêche récréative est très proche pour les résidents (5 sorties par an) et pour les touristes (4 sorties par an).

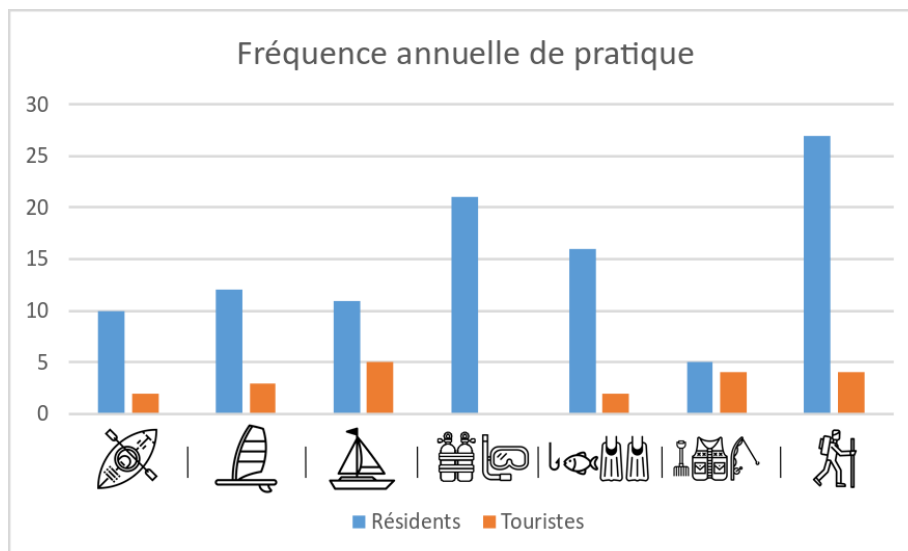


Figure 14 - Fréquence annuelle de pratique

En ce qui concerne les raisons qui justifient leur choix du site Côte de Granit Rose – Sept-Iles, **les raisons pratiques sont les premières raisons évoquées** par les résidents (73%) et par les touristes (53%), il s’agit, par exemple, de la proximité de la résidence principale ou la présence de proches. La deuxième raison qui justifie le choix du site est **l’état de préservation du milieu naturel** pour les résidents (32%) et pour les touristes (26%).

Quand on interroge les pratiquants sur le détail de leur pratique, on voit que profiter de **la richesse de l’environnement marin tient une place essentielle dans l’organisation des activités** (Figure 15 et Figure 16). Par exemple, les résidents qui pratiquent la plaisance durant une sortie passent 61% de leur temps à profiter de l’environnement (paysage marin et sous-marin, observer les phoques et les oiseaux), 32% du temps à pêcher et 7% du temps à faire du sport. Ainsi, pour toutes les activités, les résidents comme les touristes passent au moins la moitié de leur temps à profiter des écosystèmes (pour les paysages, l’observation des espèces et la pêche). Ce constat est encore plus marqué chez les touristes que les résidents. Cette répartition du temps de pratique des activités récréatives traduit les motivations des pratiquants pour engager des dépenses et du temps dans ces pratiques et donc d’approcher la valeur qu’ils attribuent aux écosystèmes marins.

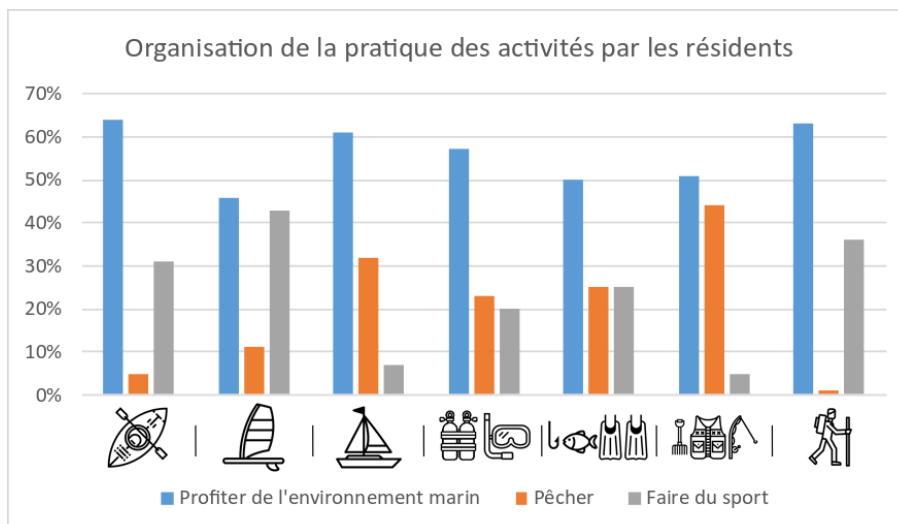


Figure 15 - Organisation de la pratique des activités par les résidents

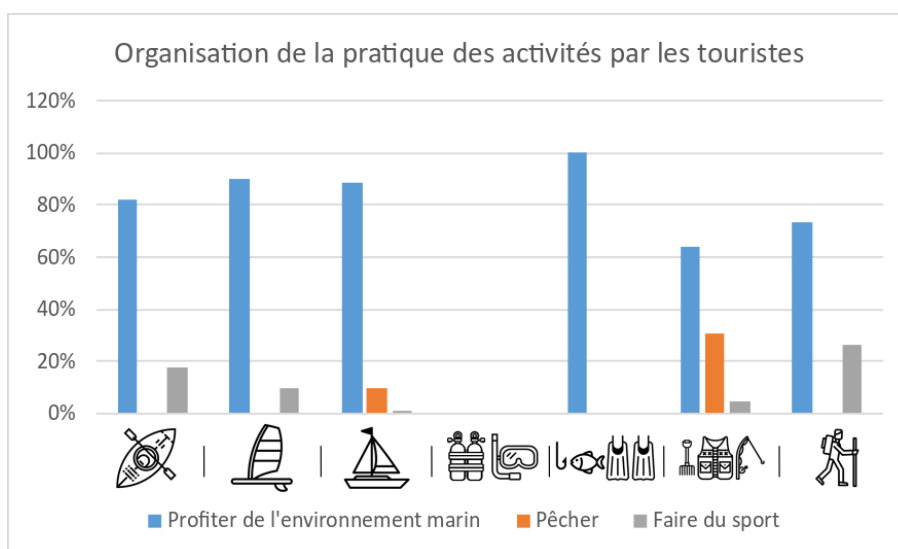


Figure 16 - Organisation de la pratique des activités par les touristes

Nous avons interrogé les pratiquants des activités récréatives sur la perception de la qualité des différentes composantes de l'environnement (Figure 17). Globalement la qualité de l'environnement est jugée bonne par les résidents et les touristes, ils mettent notamment en avant la qualité des paysages marins et sous-marins. La perception des phoques et des ressources entre les résidents et les touristes est inversement proportionnelle.

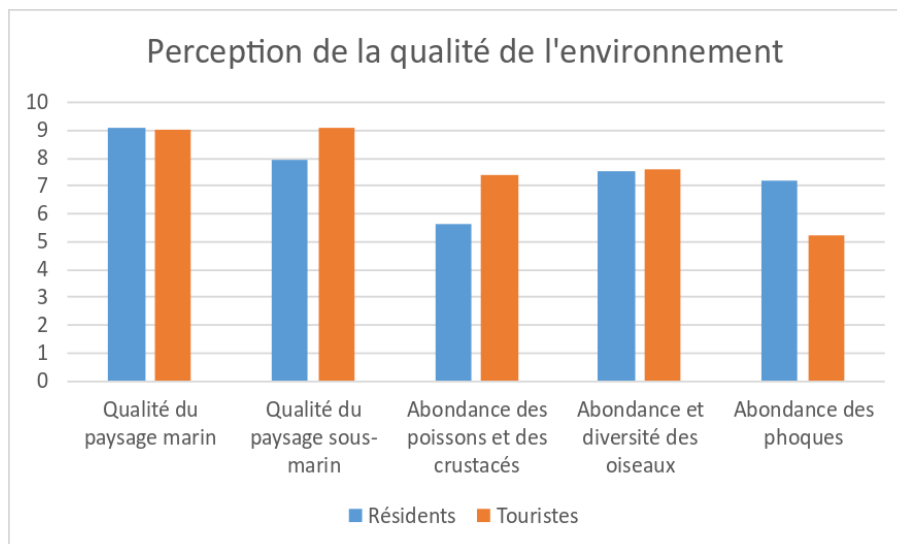


Figure 17 - Perception de la qualité de l'environnement

La démarche de travail s'intéresse aux dépenses réalisées pour pratiquer une activité récréative. Différentes catégories de dépenses sont étudiées, d'abord les dépenses en petits équipements, ensuite les dépenses en gros équipements enfin la valorisation du temps de production de l'activité. Le Tableau 7 ci-dessous présentent les résultats pour les résidents et pour les touristes. En une année, pour un ménage de pratiquant c'est la plaisance qui est l'activité la plus coûteuse (932 euros par an) notamment du fait des dépenses en petits et gros équipements. L'activité la moins coûteuse est la pêche récréative, notamment du fait de l'absence d'achat de gros équipements (75 euros par an).




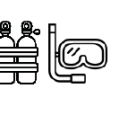



							
	Kayak	Voile légère	Plaisance	Plongée	Apnée	Pêche récréative	Randonnée
Dépenses en petits équipements	121	315	536	422	246	39	269
Dépenses en gros équipements et amortissement du matériel	95	104	264	33	0	0	19
Valorisation du temps de production de l'activité	100	117	132	245	178	36	203
Coût total de la pratique	316	536	932	700	424	75	491

Tableau 7 - Dépenses moyennes pour un ménage pour chaque activité récréative

A partir de ces chiffres, on calcule le montant que paye effectivement un ménage pour pratiquer une activité récréative en lien avec le milieu marin (Tableau 8). Il est possible de répartir ces montants suivant ce que recherchent les pratiquant et ainsi en déduire une valeur pour les écosystèmes marins liée à la pratique des activités récréatives. Par exemple, les résidents qui pratiquent la voile dépensent 536 € par an par ménage pour cette activité, or nous avons vu que 54% du temps passé sur l'eau est

dédié à profiter des écosystèmes marins, ainsi on peut en déduire que 290 € sont dépensés pour profiter des écosystèmes.








								
		Kayak	Voile légère	Plaisance	Plongée	Apnée	Pêche récréative	Randonnée
RESIDENTS	Coût total de la pratique	316	536	932	700	424	75	491
	Coût pour profiter des écosystèmes	215	290	858	140	318	71	317
	Coût pour faire du sport	101	246	71	700	106	4	174
TOURISTES	Coût total de la pratique	245	154	1341		6	110	122
	Coût pour profiter des écosystèmes	200	154	1328		6	104	94
	Coût pour faire du sport	45	0	13		0	75	491

Tableau 8 - Répartition des coûts de consommation liés aux activités récréatives pour les touristes et les résidents

En extrapolant les résultats à l'ensemble de nos populations de touristes et de résidents qui pratiquent une activité on peut obtenir une valeur comptable de l'importance des écosystèmes marins pour la pratique des activités récréatives (Tableau 9).

	Coût total de la pratique	Coût pour profiter des écosystèmes marins
Résidents (Ménages)	20 743 696	15 655 518
Résidents (Individus)	15 675 662	11 999 013
Touristes	108 549 925	101 900 547
Touristes en hébergement non-marchand	113 992 188	109 063 740
Touristes en hébergement marchand	5 804 592	4 450 292

Tableau 9 - Valeur comptable des écosystèmes marins pour la pratique des activités récréatives

La population de touristes a aussi été interrogée plus largement sur leur séjour sur le territoire. Ainsi nous avons évalué le rôle du site dans le déplacement. Il est intéressant de souligner les différences de réponses entre touristes et excursionnistes et entre le bord de saison et la haute saison. En haute saison, 68% des touristes déclarent que le site a joué un rôle décisif dans leur déplacement (50% en bord de saison). Pour les excursionnistes, le site joue un rôle décisif en bord de saison pour 71% d'entre eux alors que ce chiffre tombe à 9% en haute saison. Ce qui souligne une grande diversité des populations entre les deux périodes.

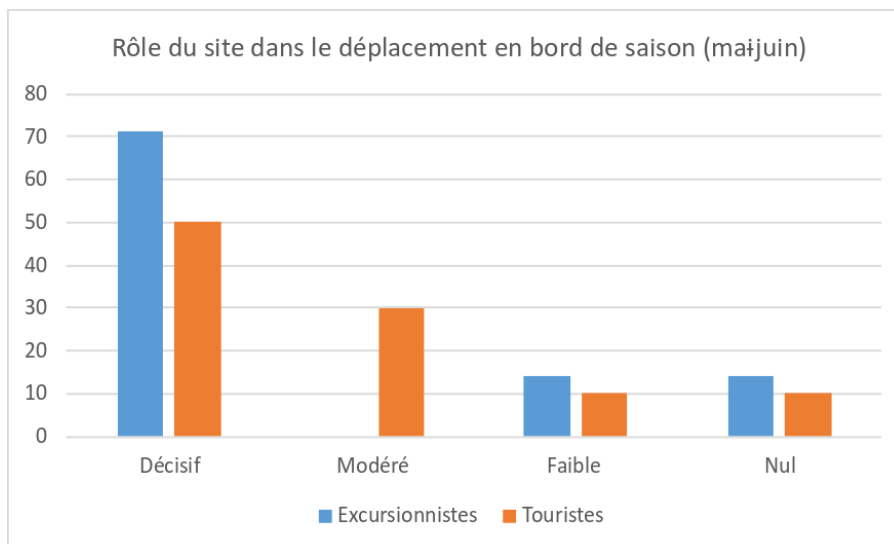


Figure 18 - Rôle du site dans le déplacement en bord de saison (mai-juin)

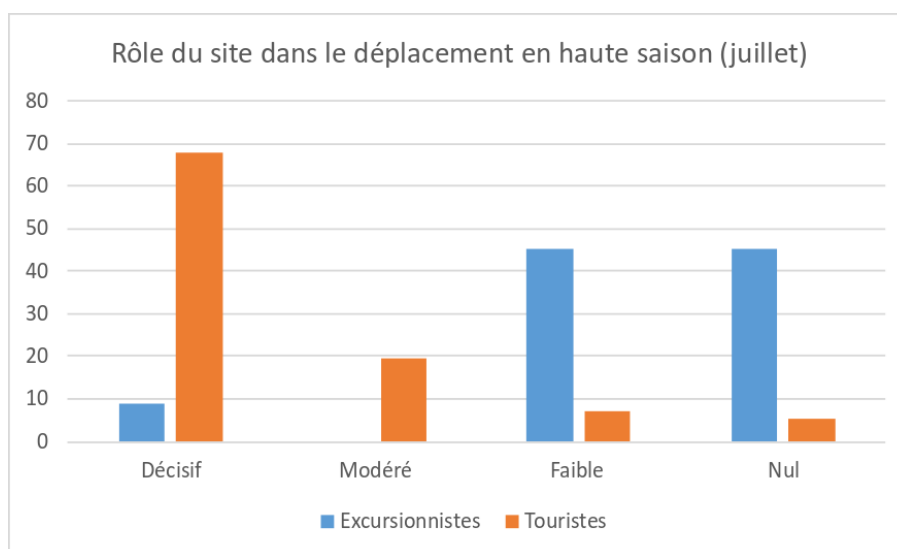


Figure 19 - Rôle du site dans le déplacement en haute saison (juillet)

Nous avons cherché à déterminer qu’elles étaient les retombées économiques directes résultant de la venue des visiteurs sur le site. Pour cela, ils ont été interrogés sur leurs dépenses globales effectuées au cours de leur séjour. Les retombées ont été calculées en tenant compte du rôle qu’a joué le site pour leur déplacement (afin d’isoler réellement les retombées qui dépendent de l’existence du site) et de la part du temps consacré à profiter des écosystèmes marins (afin d’isoler réellement les retombées qui dépendent de la qualité du milieu marin). **Les retombées économiques liées à la venue des visiteurs (touristes et excursionnistes) pour lesquels la qualité écologique du site a joué un rôle décisif s’élèvent à 396 millions d’euros.**

3.4 Éléments de conclusion

Sur la période s’étendant de juillet 2017 à juillet 2018, ce sont environ **68% des ménages et individus de LTC qui pratiquent au moins une activité sur le site Côte de Granit Rose – Sept-Iles**. Les plus pratiquées par les résidents sont la randonnée pédestre en bord de mer, la pêche récréative à pied et

en bord de mer ainsi que les activités de type kayak (et majoritairement le kayak de mer) ou la plaisance et la pêche embarquée.

40,29% des journées passées sur le territoire sont dédiées par les touristes à la pratique d'une activité récréative ou plus dont 51% des journées passées en hébergement gratuit ou offert et 23,63% de celles en hébergement marchand. Les taux de pénétration les plus importants sont observés pour la randonnée pédestre en bord de mer et la pêche récréative à pied et en bord de mer. Les touristes séjournant en hébergement non-marchand sont les seuls à s'orienter aussi vers les activités de type kayak ou l'apnée et la pêche sous-marine.

De plus, la pêche est plus pratiquée par les résidents que par les touristes : les premiers sont les seuls à s'adonner la pêche sous-marine, et naviguent en plus grand nombre en pêche embarquée.

Les caractéristiques de pratique des activités justifient une évaluation des services écosystémiques sur le territoire. Effectivement, elles sont pratiquées en majorité dans un cadre personnel (c'est-à-dire qu'elles échappent à une évaluation marchande). De plus, peu de locations de matériel sont faites par les pratiquants, résidents ou non. Aussi, la pratique sportive n'est par ailleurs jamais prépondérante quant au temps qui peut y être consacré lors de la pratique de l'activité et chaque activité repose au moins à 54% sur les services écosystémiques. Ainsi, les activités réalisées sur le site Côte de Granit Rose – Sept-Iles reposent essentiellement sur les services écosystémiques marins et littoraux. De ce fait, il existe un besoin d'évaluer ces derniers grâce à la comptabilité des écosystèmes car la production de la valeur des activités récréatives résultant de la consommation des services écosystémiques culturels est sous-estimée.

Les différents montants prouvent que l'attrait du site pour la pratique d'activités récréatives est important. Effectivement, la valeur annuelle de la production d'un ménage moyen résidant à LTC varie entre 75€ pour la pêche récréative à pied et 932€ pour la plaisance et/ou la pêche embarquée. En ce qui concerne les individus, elle varie entre 35€ et 431€ - valeurs correspondant à ces mêmes activités. Le coût de production des services écosystémiques marins et littoraux est alors entre 71€ et 858€ pour un ménage moyen (entre 33€ et 398€ pour un individu moyen).

En ce qui concerne les touristes, la valeur de la production annuelle d'un ménage moyen varie entre 6€ pour l'apnée et 1341€ pour la plaisance et/ou la pêche embarquée, ce qui représente 6€ et 1 328€ en termes de coût de production des services écosystémiques. Pour les touristes résidant en hébergement gratuit ou offert, la plaisance représente le plus grand poste de valeur de la production puisqu'il s'élève à 1588€ soit 1579€ pour la production des services écosystémiques – contre 11€ pour les touristes séjournant en hébergement marchand. Enfin, la valeur annuelle de la production la plus élevée pour les touristes louant leur logement s'élève à 88€ soit 65€ pour la production des services écosystémiques, et correspond à la randonnée pédestre en bord de mer.

Lorsque l'on extrapole les données aux populations, il apparaît que **c'est pour les touristes que le coût de production total des services écosystémiques marins et littoraux s'avère le plus élevé** avec 101 900 547€, soit environ 4 fois plus que celui des individus résidents ou 6 fois plus que celui des ménages résidents. Cependant, ce chiffre cache de grandes disparités puisque celui des touristes louant leur hébergement vaut 5 613 467€ tandis que celui des touristes séjournant dans des logements gratuits ou offerts est de 109 063 740€. Cela souligne le fait que le territoire peut jouer un rôle important dans la motivation des touristes à venir sur le site. Pour finir, **les valeurs et coûts de production sont environ**

entre 3 à 6 fois plus importants pour les touristes séjournant en hébergement non-marchand que pour les résidents. De ce fait, ces différentes valeurs démontrent bien la nécessité de préserver cet environnement. A cela s'ajoute le fait que le service écosystémique pour lequel les pratiquants font le plus des activités est profité de la beauté du paysage marin, sous-marin et observer les oiseaux ou les phoques. Ainsi, son attractivité s'explique par la qualité du milieu marin, classé en tant qu'AMP (site Natura 2000 et RNN).

En ce qui concerne les retombées économiques liées à la venue des visiteurs sur le site Côte de Granit Rose – Sept-Iles. Au vu des différentes dépenses observées par personne lors d'un séjour, il a été montré que **le site n'a pas un rôle déterminant dans leur montant.** Effectivement, ce n'est pas parce que le site joue un rôle décisif dans le déplacement des visiteurs qu'ils dépenseront plus que ceux pour qui le site a eu un rôle moins important. A titre d'exemple, nous pouvons citer les touristes pour qui le site a joué un rôle faible lors du mois de juin qui dépensent 439,58€ alors que ceux pour qui il a eu un rôle décisif dans le déplacement dépensent 410,12€. Les résultats obtenus pour les dépenses journalières par personne ou pour la durée du séjour dénotent une variabilité des comportements sur l'année lorsqu'ils sont comparés aux chiffres obtenus dans le cadre des enquêtes Flux Vision Tourisme (Armorstat, 2018) ou Enquête Reflet (CRT, 2016).

Ce sont 164 198 excursionnistes qui viennent en juin sur le site et 625 550 touristes qui s'y rendent à cette même période. En juillet 289 117 excursionnistes et 1 255 034 touristes ont été dénombrés. Pour extrapoler les résultats afin de calculer les retombées économiques, plusieurs scénarii ont été construits afin de ne pas obtenir de résultats surestimés. Tandis que certains ne prennent en compte que le rôle du site dans le déplacement des visiteurs (scénario 1 à 3), d'autres s'intéressent aussi au temps que les visiteurs consacrent pour profiter des services écosystémiques marins et littoraux offerts par le site Côte de Granit Rose – Sept-Iles (scénario 4 à 5). Ainsi, des fourchettes différentes selon le scénario considéré ont été obtenues (Tableau 10). **Ces dépenses individuelles ou ces retombées économiques sont plus importantes sur le site Côte de Granit Rose – Sept-Iles que sur d'autres sites tels que le Mont-Saint-Michel ou les îles Chausey.** De telles conclusions peuvent servir pour mener une réflexion argumentée concernant le tourisme durable, comme le mettent en avant Brigand et Le Berre (2007).

Tableau 10 - Fourchettes des retombées économiques selon les différents scénarii

Fourchettes des retombées économiques selon les différents scénarii				
	Fourchette basse, en €		Fourchette haute, en €	
Scénario 1 à 3	Juin	50 377 408,82	Juin	69 380 533,12
	Bord de saison	98 410 963,95	Bord de saison	139 728 022,76
	Juillet	237 525 721,80	Juillet	260 030 498,33
	Cœur de saison	534 939 652,48	Cœur de saison	603 610 416,69
	Saison	633 250 616,44	Saison	721 038 287,24
Scénario 4 et 5	Juin	25 582 531,57	Juin	42 493 124,28
	Bord de saison	49 974 289,24	Bord de saison	114 383 706,16
	Juillet	154 017 681,59	Juillet	242 304 606,36
	Cœur de saison	346 806 728,07	Cœur de saison	545 598 654,22
	Saison	396 781 017,30	Saison	659 982 360,39

3.5 Références

- Armorstat (2018). Portrait touristique de territoire : Lannion-Trégor Communauté. [en ligne]. Disponible : <http://cdt22.media.tourinsoft.eu/upload/Portrait-tourisme-LANNION-TREGOR-COMMUNAUTE.pdf> (consulté le 21 août 2018).
- Blades, D. (1997). A proposal for the measurement of the non-market household production. *Session paper. IATUR. Stockholm*, 8-10.
- Boncoeur J. (coordonateur), Alban F., Brigand L., Coic F., Guégan C., Guingot M., Le Berre S., Le Corre N., Levi L., Meunier M., Pagès C., Peuziat I., Voltaire L. (2013). [en ligne]. Programme LITEAU III. Projet de recherche BECO. Evaluation et suivi des effets économiques de la fréquentation des sites littoraux et insulaires protégés : application aux îles Chausey et au Mont-Saint-Michel. Rapport final. *Publications électroniques Amure, Série Rapports R-33-2013*, 100p. Disponible : http://www.umr-amure.fr/electro_rapports_amure/R_33_2013.pdf (consulté le 26 juillet 2018)
- Brigand L., Le Berre S. (2007) Joint construction and appropriation of indicators by the users, the managers and the scientists : the example of the touristic frequentation observatory of Port-Cros and Porquerolles. *International Journal of Sustainable Development*, 1-2(10): 139-160.
- Comité Régional Tourisme de Bretagne. (2016). Les destinations touristiques bretonnes. [en ligne]. Disponible : http://www.bretagne-cotedegranitrose.com/fileadmin/user_upload/mediatheque/Espace_Pro/PDF/Enquete_Reflet_Destination_Cote_de_Granit_Rose_Baie_de_Morlaix.pdf (consulté le 12 juin 2018)
- D. Schäfer, N. Schwarz (1994). The Value of Household Production in the Federal Republic of Germany 1992. *Wirtschaft und Statistik*, 8/1994, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, pp. 597-612.
- Division de statistique de l'ONU. (2010). *International recommendations for tourism statistics 2008* (No. 83). United Nations Publications.
- Edens, B., & Hein, L. (2013). Towards a consistent approach for ecosystem accounting. *Ecological Economics*, 90, 41-52.
- Eurostat, T. F. H. S. A. (2003). Household Production and Consumption. *Proposal for a Methodology of the Household Satellite Accounts, Task Force Report for EUROSTAT, Division E*, 1.
- Johnson R.L, Moore E. (1993) Tourism impact estimation. *Annals of Tourism Research*, 20: 279-88.
- Kalaydjian R. et Girard S. (2017). Données économiques maritimes françaises 2016. Ifremer.
- Lange, G. M., & Jiddawi, N. (2009). Economic value of marine ecosystem services in Zanzibar: Implications for marine conservation and sustainable development. *Ocean & Coastal Management*, 52(10), 521-532.
- Levrel, H., Fontaine, B., Henry, P. Y., Jiguet, F., Julliard, R., Kerbirou, C., & Couvet, D. (2010). Balancing state and volunteer investment in biodiversity monitoring for the implementation of CBD indicators: A French example. *Ecological economics*, 69(7), 1580-1586.
- Martin, J. C., Mongruel, R., & Levrel, H. (2018). Integrating cultural ecosystem services in an ecosystem satellite account: a case study in the Gulf of Saint-Malo (France). *Ecological Economics*, 143, 141-152.
- Poissonnier, A., & Roy, D. (2017). Household Satellite Account for France: Methodological Issues on the Assessment of Domestic Production. *Review of Income and Wealth*, 63(2), 353-377.
- Roncin, N., Alban, F., Charbonnel, E., Crec'hriou, R., De La Cruz Modino, R., Culioli, J. M., ... & Lavis, E. (2008). Uses of ecosystem services provided by MPAs: How much do they impact the local economy? A southern Europe perspective. *Journal for Nature Conservation*, 16(4), 256-270.
- SEEA, E. (2014). System of Environmental-Economic Accounting 2012: Experimental Ecosystem Accounting. *United Nations, New York*.

4 Evaluation de la capacité des forêts de laminaires à fournir des services écosystémiques : application du modèle états-transitions au site Côte de Granit Rose – Sept Iles

4.1 Introduction

Les forêts de laminaires sont des écosystèmes définis par un substrat rocheux sur lequel s'implantent les macroalgues, qui s'étendent en profondeur tant que la lumière incidente est suffisante à leur développement (Derrien-Courtel et al., 2009A). Elles sont comprises dans l'habitat d'intérêt communautaire 1170 : Récifs subtidaux.

Cet écosystème soulève des enjeux de conservation et de gestion durable du fait d'une importance écologique aussi bien que socio-économique et patrimoniale. Les forêts de laminaires sont en effet le support de nombreuses fonctions écologiques et services écosystémiques. Très productives, elles contribuent au stockage du carbone et à la régulation du climat (Heckbert et Constanza, 2011 ; Reed et Brzezinski, 2009 ; McFiggans et al., 2004) de même qu'à l'approvisionnement de son réseau trophique et de ceux des écosystèmes voisins en matière organique (Wada et al., 2007 ; Schaal et al., 2010). Les forêts de laminaires protègent par ailleurs les côtes en atténuant les houles (Lovas et Torum, 2001 ; Narayan et al., 2016) et ont un rôle dans la régulation des nutriments, polluants et pathogènes (Burge et al., 2016 ; Mouradi et al., 2014 ; Yunianta, 1995). Concernant l'approvisionnement, les forêts de laminaires peuvent être directement exploitées, les macroalgues servant dans les domaines agricoles, industriels, alimentaires et cosmétiques (Arzel, 1994). Ils soutiennent également des populations de poissons, mollusques et crustacés et permettent donc l'activité d'autres pêcheries ainsi que des activités de pêche de loisir. Les forêts de laminaires peuvent aussi présenter un attrait récréatif, notamment pour la plongée (Le Borgne, 2016 ; Vanhoutte-Brunier et al., 2016). Ces activités couplées aux pressions environnementales éventuelles telles que le changement climatique peuvent entraîner une augmentation de la turbidité et de la température de l'eau, ainsi qu'un arrachage direct de thalle dans le cas de la pêche goémonière, susceptible d'induire des pertes de densité algales (Bouchard, 2011 ; Smale, 2019) et des changements d'espèces structurantes (Christie et al., 2019 ; Bajjouk et al., 2015). Ces phénomènes sont à l'origine de dysfonctionnements au sein des forêts et notamment des pertes d'habitats et de nourriture pour les espèces associées (Lorentsen et al., 2010 ; Valéro et al., 2006). Ainsi, l'exercice d'activités économiques peut être antagoniste aux objectifs de préservation de l'habitat.

Afin d'étudier comment la production de ces services pourrait évoluer face aux différentes pressions qui pèsent sur les forêts, un modèle états-transitions est ici développé.

4.2 Méthode

Développé par Westoby et al en 1989, le modèle états-transitions peut être défini comme un cadre conceptuel et opérationnel ayant pour but de caractériser les réponses d'un écosystème face aux facteurs extérieurs, qu'ils soient des pressions ou des mesures de gestion (Kermagoret et al., 2019). Il s'intègre dans le concept du « Ecological Site Description », qui est un cadre de gestion des espaces, basé sur un enrichissement des connaissances sur les écosystèmes, largement utilisé pour les milieux terrestres aux Etats-Unis (Bestelmeyer, 2015). Le modèle états-transitions n'est pas unidirectionnel

mais « une collection d’alternatives d’états stables qui représentent les écosystèmes connus ou anticipés que les sites écologiques peuvent supporter » (Westoby et al., 1989; Stringham et al., 2003). Les facteurs extérieurs sont agrégés, de façon à faire ressortir les trajectoires évolutives qui peuvent résulter de leurs effets, antagonistes ou analogues (Bestelmeyer, 2015). Ce concept a par la suite été appliqué sur le milieu marin, bien que de façon marginale, et l’application de ce modèle à l’écosystème de forêt de laminaires semble tout à fait originale. Sa mise en œuvre repose sur plusieurs étapes :

4.2.1 Définition de la liste des services écosystémiques considérés

Une liste exhaustive des services écosystémiques potentiellement rendus par les forêts de laminaires a été réalisée sur la base de la liste qui avait été définie dans le cadre du projet VALMER sur les laminaires de Molène (Vanhoutte-Brunier et al., 2016) et complétée par des listes plus récentes de services écosystémiques marins et littoraux (Mongruel et al, 2018 ; Kermagoret et al. 2019). Cette liste a ensuite été discutée, modifiée puis validée avec les experts scientifiques et gestionnaires du site (Tableau 11)

Tableau 11 - Liste de services écosystémiques considérés

Catégorie de SE	Nom du SE	Code
Services d’approvisionnement	Pêche commerciale des poissons de ligne (lieu et bar)	A1
	Ramassage des algues de rive	A2
	Alginates	A3
	Pêche commerciale du homard	A4
Services culturels	Espèces patrimoniales (phoque gris, cormoran huppé)	C1
	Paysage sous-marin emblématique	C2
	Pêche récréative : casiers à proximité immédiate des forêts pour le homard ; pêche aux poissons au niveau des hauts fonds ; chasseurs sous-marins)	C3
	Découverte de la vie marine	C4
	Ramassage de loisir des algues de rive	C5
	Sujet de recherche	C6
	Support d’activités artistiques	C7
Services de soutien	Soutien du réseau trophique	S1
	Soutien du recrutement et de la résilience des forêts de laminaires	S2
	Soutien aux autres écosystèmes	S3
	Habitat clé pour une forte biodiversité	S4
Services de régulation	Défense naturelle des côtes	R1
	Régulation du climat	R2
	Régulation des nutriments et de l’eutrophisation	R3

4.2.2 Caractérisation des états écologiques sur la base de classifications existantes

Afin d’anticiper la volonté de mobiliser des données de suivis existants des laminaires, les états écologiques des forêts de laminaires s’est basé sur ceux définis dans le cadre de la DCE et du REBENT. La première classe les forêts de laminaires en « supertypes » à partir de l’indice QISubMac et discrimine ainsi les sites en fonction du substrat dominant et de l’exposition aux houles (Le Gal et Derrien-Courtel, 2015 ; Derrien-Courtel et Le Gal, 2014). La seconde classe les forêts de laminaires en fonction de la turbidité, de la stratification de l’eau, de l’exposition aux houles, des communautés algales et des

espèces caractéristiques (Derrien-Courtel et al., 2013). Le croisement des 2 classifications aboutit à la définition de 10 états écologiques (classés de A à J, Figure 20

Supertype d'après Le Gal et Derrien Courtel, 2015	Communauté (d'après Derrien Courtel et al., 2013)	Etat DCE	Site de référence	Année	Etat utilisé dans le modèle
A	C	Très bon	La Barrière	2017	A : Forêt de laminaires pérennes : Masse d'eau claire, homogène, densité de la strate arbustive élevée, dominance de <i>L. hyperborea</i> et <i>L. ochroleuca</i> ; laminaires de grande taille. Présence des espèces typiques <i>Flocamium cartilagineum</i> , <i>Desmarestia sanguinea</i> , <i>Phyllophora crispa</i> , <i>Mercedithia microphylla</i> , et de corallinaceae associées à des organismes filtreurs comme le cyripède <i>Balanus</i> spp. et l'éponge <i>Dysidea fragilis</i> . Substrat
	C	Bon	Ile de la Croix	2018	B : Forêt de laminaires pérennes, présence marginale d'espèces opportunistes : idem que A mais présence d'algues opportunistes.
	A	Bon	Moguedhier	2017	D : Forêt de <i>L. ochroleuca</i> modérément dense, dominance d'algues d'autres types : colonne d'eau turbide, fonds rocheux, faible densité de <i>L. ochroleuca</i> ; Taille des laminaires réduite. Présence des espèces <i>Sargassum muticum</i> à faible profondeur et <i>Solenia chondalis</i> , <i>Ulva</i> sp., <i>Gracilaria multipartita</i> , <i>Chondracanthus</i>
	B	Très bon	Les Bluiniers	2017	H : Forêt dense à <i>Sacchariza polyschides</i> : Masse d'eau claire et stratifiée, substrat rocheux champs de <i>Sacchariza polyschides</i> , taille réduite des laminaires, présence de <i>Pterosiphonia complanata</i> , de <i>Hypoglossum hypoglossoides</i> , d'Éctocarpales, de <i>Lomentaria clavellosa</i> , et des échinodermes <i>Marthasterias glacialis</i> et
B	A	Bon	Corbeau	2017	E : Pas de laminaires, dominance d'algues d'autres types : colonne d'eau turbide, fond sédimentaire, pas de laminaires, présence des espèces <i>Sargassum muticum</i> à faible profondeur et <i>Solenia chondalis</i> , <i>Ulva</i> sp., <i>Gracilaria multipartita</i> , <i>Chondracanthus</i>
	C	Médiocre	Roc'h Mignon	2017	F : Forêt peu dense et peu étendue à laminaires pérennes, présence d'espèces opportunistes : fonds sédimentaires, turbidité importante, ceintures algales peu profondes, densité des espèces structurantes (<i>L. hyperborea</i>) faible, taille des laminaires réduite, présence des espèces opportunistes <i>Polysiphonia</i> sp., <i>Dasyisiphonia japonica</i> et <i>Desmarestia ligulata</i> .
	C	Très Bon	Haie de la Conchée	2017	C : Forêt modérément dense à laminaires pérennes : idem que A mais fonds sédimentaires et non pas rocheux, turbidité supérieure, extension en profondeur des ceintures et densités moindres ; taille des laminaires moindre.
	B	Très bon	Linuen	2017	I : Forêt modérément dense à <i>Sacchariza polyschides</i> : idem que H mais fond sédimentaire, masse d'eau plus turbide, densité de macroalgues moindre.
	B	Moyen	Grand coin	2015	J : Pas de laminaires, dominance d'algues d'autres types comme <i>Pterosiphonia complanata</i> : idem que H mais pas de laminaires et diversité moindre,
C	A	Bon	Tourelle Grégam	2017	G : Pas de laminaires, dominance d'algues d'autres types comme <i>Sargassum muticum</i>, site abrité : idem que E mais site abrité,

Figure 20) déjà observés en Bretagne (Figure 21).



Supertype d'après Le Gal et Derrien Courtel, 2015	Communauté (d'après Derrien Courtel et al., 2013)	Etat DCE	Site de référence	Année	Etat utilisé dans le modèle
A	C	Très bon	La Barrière	2017	A : Forêt de laminaires pérennes : Masse d'eau claire, homogène, densité de la strate arbustive élevée, dominance de <i>L. hyperborea</i> et <i>L. ochroleuca</i> ; laminaires de grande taille. Présence des espèces typiques <i>Flocarium cartilagineum</i> , <i>Delesseria sanguinea</i> , <i>Phyllophora crispa</i> , <i>Meredithia microphylla</i> , et de corallinaceae associées à des organismes filtreurs comme le cyripède <i>Balanus spp.</i> et l'éponge <i>Dysidea fragilis</i> . Substrat
	C	Bon	Ile de la Croix	2018	B : Forêt de laminaires pérennes, présence marginale d'espèces opportunistes : idem que A mais présence d'algues opportunistes.
	A	Bon	Moguedhier	2017	D : Forêt de <i>L. ochroleuca</i> modérément dense, dominance d'algues d'autres types : colonne d'eau turbide, fonds rocheux, faible densité de <i>L. ochroleuca</i> ; Taille des laminaires réduite. Présence des espèces <i>Sargassum muticum</i> à faible profondeur et <i>Solenia chondalis</i> , <i>Ulva sp.</i> , <i>Gracilaria multipartita</i> , <i>Chondracanthus</i>
	B	Très bon	Les Bluiniers	2017	H : Forêt dense à <i>Sacchoriza polyschides</i> : Masse d'eau claire et stratifiée, substrat rocheux; champs de <i>Sacchoriza polyschides</i> , taille réduite des laminaires, présence de <i>Pterosiphonia complanata</i> , de <i>Hypoglossum hypoglossoides</i> , d'Éctocarpales, de <i>Lomentaria clavellosa</i> , et des échinodermes <i>Marthasterias glacialis</i> et
B	A	Bon	Corbeau	2017	E : Pas de laminaires, dominance d'algues d'autres types : colonne d'eau turbide, fond sédimentaire, pas de laminaires, présence des espèces <i>Sargassum muticum</i> à faible profondeur et <i>Solenia chondalis</i> , <i>Ulva sp.</i> , <i>Gracilaria multipartita</i> , <i>Chondracanthus</i>
	C	Médiocre	Roc'h Mignon	2017	F : Forêt peu dense et peu étendue à laminaires pérennes, présence d'espèces opportunistes : fonds sédimentaires, turbidité importante, ceintures algales peu profondes, densité des espèces structurantes (<i>L. hyperborea</i>) faible, taille des laminaires réduite, présence des espèces opportunistes <i>Pterosiphonia sp.</i> , <i>Dasyssiphonia japonica</i> et <i>Desmarestia ligulata</i> .
	C	Très Bon	Haie de la Conchée	2017	C : Forêt modérément dense à laminaires pérennes : idem que A mais fonds sédimentaires et non pas rocheux, turbidité supérieure, extension en profondeur des ceintures et densités moindres; taille des laminaires moindre.
	B	Très bon	Linuen	2017	I : Forêt modérément dense à <i>Sacchoriza polyschides</i> : idem que H mais fond sédimentaire, masse d'eau plus turbide, densité de macroalgues moindre.
	B	Moyen	Grand coin	2015	J : Pas de laminaires, dominance d'algues d'autres types comme <i>Pterosiphonia complanata</i> : idem que H mais pas de laminaires et diversité moindre,
C	A	Bon	Tourelle Grégam	2017	G : Pas de laminaires, dominance d'algues d'autres types comme <i>Sargassum muticum</i> , site abrité : idem que E mais site abrité,

Figure 20 - Répartition des 10 états écologiques déjà observés en Bretagne au regard des critères de stratification et de turbidité des masses d'eau, définis selon les indices QJSubMac et ceux utilisés dans le cadre du REBENT.

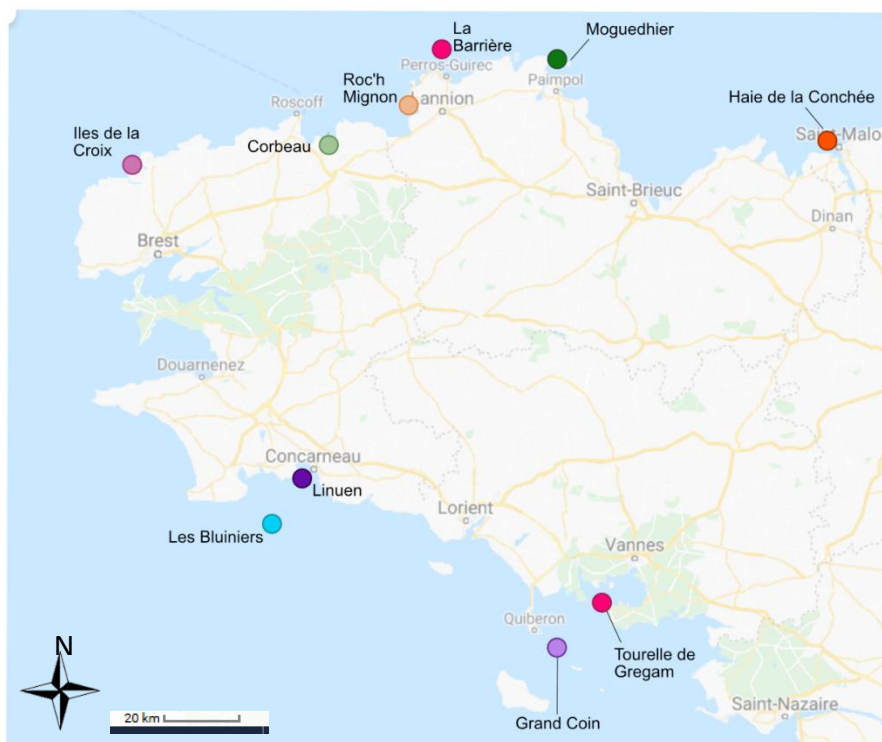


Figure 21 - Localisation des 10 états écologiques déjà observés en Bretagne et pour lesquels les données ont pu être récupérées.

Les états ainsi obtenus, basés sur des sites existants, peuvent être utilisés dans l'hypothèse où, si les forêts de la zone Côte de Granit rose-Sept îles (sites de la Barrière et Roc'h Mignon, Figure 21) tendent vers des conditions physiques identiques à celle de ces sites, les communautés auront tendance à se rapprocher de celles qui y sont observées.

4.2.3 Caractérisation des transitions d'un état écologique vers un autre sur la base de scénarios prospectifs

Les pressions à modéliser, de manière conceptuelle et semi-quantitative, au sein des scénarios ont été choisies en accord avec les gestionnaires. La pression de réchauffement climatique, étant la plus importante pour les forêts de laminaires (Araujo et al., 2016), a été sélectionnée rapidement. La pression d'une activité goémonière fait également l'objet d'un scénario, pour modéliser de manière prospective quels impacts seraient potentiellement générés par une reprise d'activité. Enfin, un projet d'extraction de granulats est en discussion non loin de la zone. Aussi, la modélisation des impacts d'une telle extraction sera réalisée.

La réalisation des modèles pour chaque scénario s'est traduit par la recherche des transitions, (définies comme les trajectoires irréversibles ou réversibles, générées par des perturbations du milieu

ou par des mesures de gestion qui conduisent à un changement d'état (Stringham et al., 2003)) entre les états définis en amont. Elles ont été caractérisées à partir d'une revue bibliographique expliquant les effets de chaque pression sur les forêts, et à partir des états en eux-mêmes, ces derniers correspondant parfois à des conditions altérées vers lesquelles un « bon état » tendrait face aux pressions. Dans la mesure du possible ces transitions ont été associées à une valeur seuil. Il s'agit d'une valeur quantitative, définie pour un paramètre biotique ou abiotique au-delà de laquelle la transition vers un nouvel état se fait (Stringham et al., 2003). Ces seuils permettent de caractériser de manière précise une transition mais peuvent d'une part, être difficile à renseigner et peuvent d'autre part, ne pas être suffisants pour caractériser une transition, certains changements d'état ayant lieu sans outrepasser ces seuils (Stringham et al., 2003). Très peu de valeurs seuils ont ainsi pu être trouvées et la plupart des transitions ne sont que qualitatives.

4.2.4 Définition des capacités de production des services écosystémiques pour chaque état

e) Définition des capacités de production pour l'état de référence

Afin de bien représenter les évolutions relatives des services écosystémiques en fonction des changements d'états, il a tout d'abord fallu définir la capacité de production de chaque service par l'état de référence. Celui-ci correspond à l'état A (*L. hyperborea*) soit une forêt dense de *L. hyperborea*. Il est représenté par le site de la Barrière, situé au large et donc peu exposé aux pollutions anthropiques et plutôt préservé (Le Gal et Derrien-Courtel, 2015). Ce site se situe en outre dans la zone d'étude ce qui justifie d'autant plus son utilisation en tant qu'état de référence, les évolutions à partir de cet état étant dès lors susceptibles de se produire dans la zone d'étude.

Pour définir ces capacités de référence, des scientifiques ont été mobilisés au travers du remplissage d'une matrice, dans laquelle ils devaient mentionner la capacité de production de chaque service par l'état de référence avec : un 0 pour pas de capacité de production du service par l'état de référence ; un 1 pour une très faible capacité de production ; un 2 pour une faible capacité de production ; un 3 pour une capacité modérée de production ; un 4 pour une capacité élevée de production ; un 5 pour une capacité très élevée de production. Ces catégories font référence à celles proposées par Campagne et al. (2017) dans leur travail sur les matrices de capacité de production des services écosystémiques. Un seuil de confiance envers les réponses pour chaque service, lui aussi tiré des travaux de Campagne et al. (2017), a été ajouté. Un 1 signifie que le spécialiste n'est pas sûr de sa réponse, un 2 qu'il est assez sûr et un 3 qu'il est sûr. Les réponses des experts ont ensuite été moyennées en pondérant avec les seuils de confiance afin d'obtenir une note par service pour l'état de référence. Sept scientifiques y ont répondu.

f) Définition des capacités de production pour les autres états

Pour définir la capacité des autres états écologiques à produire un bouquet de services écosystémiques, une relation mathématique a été établie entre le niveau de services fourni dans l'état de référence et les notes associés à l'indice QSubMac dans les différents états écologiques.

L'indice QSubMac se base sur 14 indicateurs, regroupés en paramètres de composition spécifique, d'extension en profondeur des forêts, de densité, de diversité et de taille et taux de recouvrement des stipes par les épibiontes. Tous les paramètres biologiques ne contribuant pas nécessairement à la

production de l'ensemble des services, il a fallu tout d'abord déterminer quels paramètres étaient impliqués dans la production de chaque service.

Ceci a été fait via une matrice remplie par les 7 experts scientifiques dans laquelle ces derniers devaient mentionner pour chaque service si le paramètre biologique est impliqué dans sa production en remplissant la case correspondante avec : un -1 si l'augmentation du paramètre conduit à une diminution de la capacité de production du service ; un 0 si le paramètre n'a pas d'influence sur la capacité de production du service ; un 1 si l'augmentation du paramètre conduit à une augmentation de la capacité de production du service. Cette distinction de signe est faite pour visualiser l'influence positive ou négative du paramètre dans la production d'un service mais n'a pas été conservée dans le calcul des notes de capacité. Les réponses des différents scientifiques ont pu différer dans certains cas. Elles ont donc été moyennées en pondérant avec l'indice de confiance associé. Pour une valeur moyenne comprise entre [0 et 0.5], le paramètre a été considéré comme non impliqué tandis que les paramètres avec une valeur moyenne comprise entre [0.5 et 1] sont considérés comme impliqués dans la production du service. Les paramètres du QISubMac sont notés selon des échelles différentes (sur 10, 20 ou 30 selon les paramètres). Ces valeurs ont été ramenées à une valeur comprise entre 0 et 5 pour pouvoir les comparer aux valeurs de l'état de référence. Finalement, les notes de capacité de production des autres états écologiques ont été calculées selon la formule suivante :

$$SE_j = \frac{[\sum_{i=1}^5 S_i \times P_{i,j}]}{[\sum_{i=1}^5 S_{Ref_i} \times P_{i,j}]} \times SE_{Ref_j}$$

Avec S_i la note intermédiaire du paramètre i dans l'indice QISubMac
 S_{Ref_i} la note intermédiaire du paramètre i dans l'état de référence (état A) dans l'indice QISubMac
 $P_{i,j}$ une variable prenant la valeur 1 si le paramètre contribue à la production du service et 0 sinon
 SE_{Ref_j} La note de capacité de l'état de référence (état A) à rendre le service j , renseignée par les experts

Des diagrammes en étoile représentant les capacités de production potentielle des services par chaque état ont ensuite pu être réalisées à partir de ces valeurs calculées.

4.3 Résultats

4.3.1 Capacités de production pour l'état de référence

L'analyse des résultats issus des matrices permet, dans un premier temps, de discuter de la forme du bouquet de services écosystémiques produit dans l'état de référence correspondant à une forêt dense de laminaires pérennes (Figure 22).

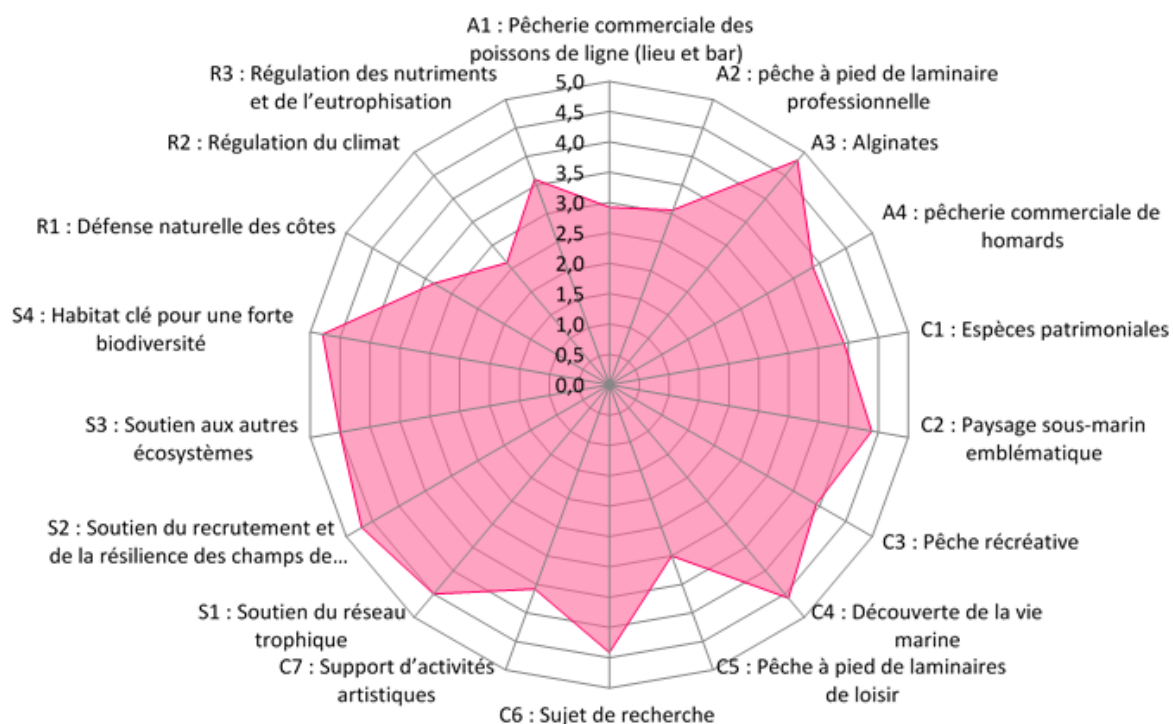


Figure 22 - Forme du bouquet de services écosystémiques dans l'état de référence

a) Les services d'approvisionnement

Les services d'approvisionnement ne sont pas produits de manière homogène dans l'état de référence. Le service **d'alginate (A3)** est très bien produit d'après l'estimation des experts : ce service correspond à la pêche goémonière des laminaires pour exploiter les alginate qu'elles contiennent. Cette activité, très ancienne, s'industrialise dès le XVII^{ème} siècle (Arzel, 1994) et est actuellement en plein essor grâce à différents projets et organismes de valorisation des algues comme IDEALG, Netalgae (Mesnildrey et al., 2012) ou le Centre d'Etude et de Valorisation des Algues (CEVA) qui cherchent à trouver de nouvelles utilisations pour les algues et à favoriser leur production et leur récolte durable. Cette bonne note est due à une densité relativement élevée au sein de l'état A qui offre donc des stocks exploitables satisfaisants. Le service de **pêcherie professionnelles de poissons de ligne (A1)** est modérément produit. Ce service fait référence à la pêche professionnelle effectuée aux alentours des forêts dont les prises peuvent venir de populations soutenues par les forêts de la zone. C'est le cas des lieux qui sont directement inféodés aux forêts du fait de l'habitat qu'elles fournissent pour les juvéniles (com. pers. M. Laurans ; Noderhaug et al., 2005). Les bars sont liés aux forêts de manière moins étroite, n'y résidant que ponctuellement en journée (com. pers. M. Laurans), ce qui peut expliquer la note modérée de capacité de production du service de pêche de poissons de ligne. La capacité de production pour le service de **pêche à pied professionnelle de laminaires (A2)** estimée par les experts est également modérée. Ce service correspond au prélèvement des laminaires les moins en profondeur qui sont accessibles à pied lors des marées basses de vives eaux. Enfin, le service de **pêcherie commerciale de homards (A4)** est plutôt bien produit. De la même manière que pour les poissons de ligne, ce service fait référence à la pêche professionnelle de crustacés pour laquelle les prises peuvent avoir vécu au sein des forêts de laminaires.

b) Les services de soutien

L'ensemble des services de soutien est bien produit par l'état de référence avec des valeurs de capacité de production potentielle comprise entre 4.5 et 5. Les forêts de laminaires sont en effet très impliquées dans le **soutien du réseau trophique (S1)**, la forte productivité des laminaires permettant l'intégration d'une grande quantité de matière organique dans le réseau (Reed et Brzezinski, 2009 ; Schaal, 2009 ; Smale, 2013). Cette productivité importante confère également aux forêts une forte capacité de **soutien aux autres écosystèmes (S3)**, la matière organique issue des laminaires pouvant être exportée de manière significative et enrichir ainsi d'autres habitats (de Bettignies, 2019 ; Leclerc et al., 2015). Les forêts favorisent également le **recrutement et la résilience de l'écosystème (S2)** de par le rôle d'espèce ingénieure des laminaires (Gunderson, 2000 ; Layton et al., 2019), rôle qui permet également un fort potentiel pour le service d'**habitat clé pour une forte biodiversité (S4)**.

c) Les services culturels

Concernant les services culturels, les services de **paysage sous-marin emblématique (C2)**, de **découverte de la vie marine (C4)** et de **sujet de recherche (C6)** sont très bien produits. Ces services correspondent respectivement à la valeur patrimoniale et à l'intérêt esthétique des forêts, aux activités d'excursions et de plongées pouvant être en lien avec les forêts et à l'attrait qu'elles peuvent susciter pour les chercheurs. Le **service d'espèces patrimoniales (C1)**, correspondant à la capacité d'accueil et de soutien des populations de phoques gris et de cormorans huppés, de **pêche récréative (C3)** soit la pêche de poissons ou de crustacés par les particuliers sur les forêts ou à directe proximité, et de **support des activités artistiques (C7)**, correspondant à l'attrait que les forêts représentent pour les artistes, sont plutôt bien produits. Le service de **pêche à pied de laminaires de loisir (C5)** est moins bien produit.

d) Les services de régulation

Les services de régulations sont de manière générale moins produits. Le **service de régulation du climat (R2)** est tout d'abord produit par les forêts au travers de la captation du carbone par les laminaires. Ces dernières sont, en effet, capables de capter le CO₂ dissous dans la masse d'eau pour produire sa matière organique (Heckbert et Constanza, 2011). A l'échelle de l'Atlantique Nord Est, les forêts de *L. hyperborea* retiendraient 11.49 Tg C (Pessarrodona et al., 2018). Elles vont donc constituer une pompe à CO₂ et réduire la concentration océanique. L'océan pourra alors se recharger en CO₂ en provenance de l'atmosphère réduisant ainsi la quantité de gaz à effet de serre et contribuant à la régulation du climat. Le carbone ne sera pas retenu de manière pérenne par les laminaires, leur dégradation étant continue, mais va plutôt être transmis à d'autres compartiments de l'écosystème, à raison de 5.71 Tg C par an (pour l'Atlantique Nord Est (Pessarrodona et al., 2018)), via le réseau trophique (Wada et al., 2007). Les laminaires sont par ailleurs capables de capter l'ozone pour synthétiser des molécules contenant de l'iode (Leigh et al., 2009 ; McFiggans et al., 2004). Ces molécules seraient accumulées dans les tissus des laminaires et auraient un rôle d'anti-oxydant (Küpper et al, 2008). En cas de stress, les algues rejetteraient cet iode sous forme d'iodocarbones ou d'oxydes d'iode (O'Dowd et al, 2002). Ces deux éléments sont nécessaires à la formation de particules de diméthyl sulfide dans l'atmosphère qui constituent des aérosols marins et qui permettent la formation des nuages. Ces derniers contribuent fortement à la régulation du climat car ils permettent de bloquer de manière significative les radiations et empêchent donc une trop forte température

atmosphérique (O'Dowd et al, 2002). Le **service de défense naturelle des côtes (R1)** serait également potentiellement modérément produit d'après les experts scientifiques. Ce service serait produit par les forêts au travers du rôle tampon des macroalgues sur les vagues (Lovas et Torum, 2001). Enfin le **service de régulation des nutriments et de l'eutrophisation (R3)** à une valeur de capacité de production potentielle de 3.6 dans l'état de référence. Ce service est produit par l'écosystème au travers de la capacité de rétention de l'azote que peuvent présenter les laminaires, leurs tissus pouvant se saturer en cas de très forte concentration de cet élément dans l'eau (Yunianta, 1995).

4.3.2 Capacités de production pour les autres états

a) Scénario lié au changement climatique

L'évolution de la capacité de production des forêts de laminaires à produire un bouquet de services écosystémiques au regard de la pression changement climatique est décrite dans la Figure 23.

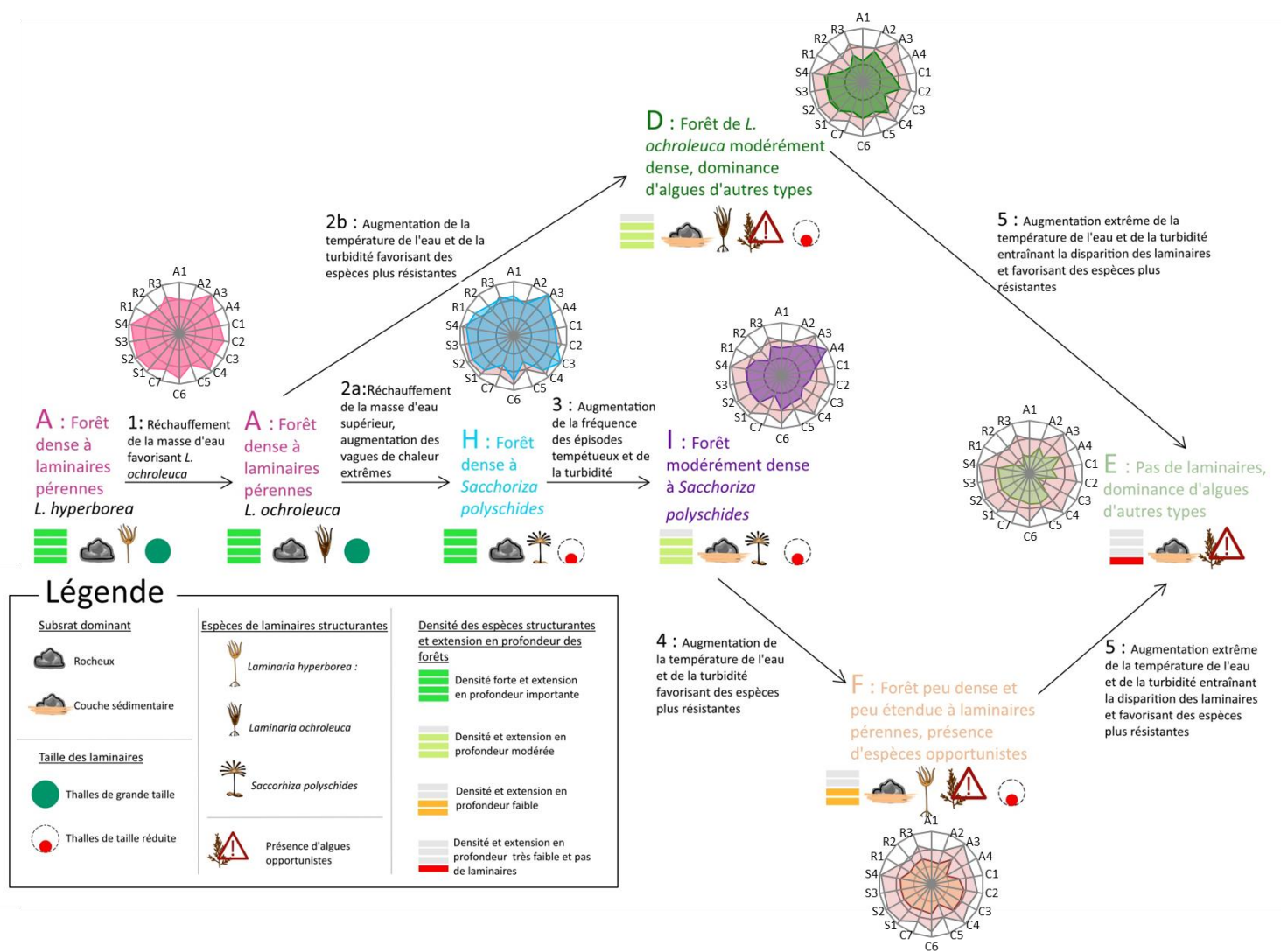


Figure 23 - Modèle états-transitions pour le scénario de changement climatique

1) Le réchauffement de la masse d'eau pourrait entraîner une augmentation du succès reproductif de *L. ochroleuca*, qui remonte déjà de plus en plus au Nord à mesure que les eaux se réchauffent (Bajjouk

et al., 2015 ; Smale et al., 2015), entraînant donc la transition d'un état A (*L. hyperborea*) vers un état A (*L. ochroleuca*). La structure des deux espèces et leur taux de recrutement étant similaires (Stamp et al., 2015), la densité de la forêt devrait rester identique et les espèces vagiles et benthiques ne devraient pas être impactées par ce remplacement. Les épiphytes sont moins nombreux sur les stipes de *L. ochroleuca* que sur ceux de *L. hyperborea* ce qui pourrait induire une perte de diversité (Smale et al., 2015 ; Stamp et al., 2015), mais sont à l'inverse plus nombreux sur les lames de *L. ochroleuca*, ces dernières ne se dégradant pas en hiver contrairement à celle de *L. hyperborea* (com. pers. T. de Bettignies). Les fonctions écologiques sont donc soutenues par les deux espèces de laminaires et les capacités de production des services écosystémiques ne changent pas (Haines-Young et Potschin, 2010), excepté le service d'alginate. Ce service peut être considéré comme surévalué au regard du contexte actuel, *L.ochroleuca* n'étant pas exploitée, mais peut être considéré comme un service potentiel.

2a) Un réchauffement des masses d'eau supérieur et l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des vagues de chaleur extrêmes (GIEC, 2014) réduiront la fitness et le taux de reproduction des espèces pérennes *L. hyperborea* et *L. ochroleuca*, chaque phase de leur cycle de vie ayant une température optimale (Stamp et al., 2015). Cela pourrait conduire à un remplacement de ces espèces par l'espèce annuelle plus opportuniste *S. polyschides* (Bajjouk et al., 2015 ; Valéro et al., 2006), qui, se reproduisant en hiver (com. pers. P. Potin), est donc moins impactée par ces épisodes de chaleur extrême. Une communauté similaire à celle de l'état H, pourrait alors se développer, même si la masse d'eau resterait homogène. Au sein de cet état H, la capacité de production du service de pêche commerciale de homards est maintenue. Certains services restent bien produits malgré une légère baisse de capacité, comprise entre 0.2 et 0.6, par rapport à l'état A (e.g. C1, C2, C4, C6). Les services A2, C5 et C7 sont encore moins produits dans l'état H que dans l'état A. Au contraire, les capacités de production des services A1, A3, C3, R1 et R2) sont supérieures à celles de l'état de référence.

2b) Une augmentation de la température et de la turbidité pourrait également induire une baisse de densité mais un maintien de l'espèce *L. ochroleuca* surtout dans des zones de forts courants qui favorisent cette espèce (Sheppard et al., 1978 ; com. pers. M. Laurans). Les communautés tendraient alors vers un état similaire à l'état D. Dans cette situation, les A2 et C5 sont légèrement diminués. La production des autres services est plus sensiblement diminuée.

3) L'augmentation du nombre d'épisodes tempétueux induit par le changement global sur les forêts dominées par *S. polyschides*, dont les stipes cassent plus facilement face aux houles et donc qui sont plus facilement arrachés par les tempêtes que *L. hyperborea*, (Smale et Vance, 2015), est susceptible de réduire la densité de cette espèce (Filbee-Dexter et Scheibling, 2012). Cette réduction peut être d'autant plus marquée que les tempêtes, plus nombreuses, risquent d'augmenter le niveau de turbidité (Lawler et al., 2006) ce qui induira, là encore, une baisse de densité. Les communautés devraient ainsi tendre vers celles observées dans l'état I, dans lequel les densités de laminaires sont faibles et le niveau de turbidité est élevé. Ce changement d'état induirait une dégradation plus ou moins importante des fonctions écologiques et de la capacité de production de l'ensemble des services. La diminution est modérée par rapport à l'état H pour les services A2 et R3. Les services A4 et C5 sont mieux produits dans l'état I que dans l'état H, du fait de notes de composition spécifique et d'extension en profondeur supérieures dans l'état I. Le service A4 est même mieux produit dans l'état I que dans l'état A. Les autres services sont sensiblement moins produits dans l'état I.

4) Une accentuation supplémentaire de la température et de la turbidité devrait entraîner le remplacement progressif des laminaires par des espèces plus adaptées aux milieux turbides et anthropisés telles que *Halidrys siliquosa*, *Sargassum muticum*, *Desmarestia ligulata* et *Solieria chordalis* (Bajjouk et al., 2015). Les communautés devraient donc se rapprocher de celles observées dans l'état F où l'espèce *D. ligulata* est observée. Dans ce cas, la plupart des services seraient modérément moins produits que dans l'état I. Le service A4 est sensiblement moins produit par rapport à l'état I et à l'état A. Au contraire, les services C2, C3, C4, C7 et R2 sont mieux produits dans l'état F que dans l'état I. Ces notes supérieures peuvent être dues à la note moyenne que l'état F a pour le paramètre de taille et taux de recouvrement des laminaires qui est prise en compte dans le calcul de capacité de production de ces services. Le paramètre de taille et de recouvrement n'ayant pas été noté pour l'état I, la capacité de production y est moindre malgré une densité supérieure à l'état F. Ces services sont donc potentiellement sous-estimés dans l'état I et ne seraient donc pas nécessairement supérieurement produits dans l'état F. Il est par ailleurs important de souligner que l'ensemble des services est moins bien produit dans l'état F que dans l'état de référence A.

5) Une augmentation extrême de la température et de la turbidité pourrait enfin induire des conditions trop rudes et entraîner une disparition totale des laminaires et une réduction de la densité des espèces résistantes. Les communautés tendraient alors vers celles observées dans l'état E caractérisées par une absence de laminaires et une présence en faible densité des espèces *Halidrys siliquosa* et *Sargassum muticum*. *S. muticum* ne se développe que dans les premiers mètres de l'infralittoral (environs jusqu'à 4m de profondeur) (com. pers. M. Laurans). Aussi, il est important de souligner qu'à des profondeurs supérieures, les forêts ne seraient pas structurées par cette espèce. Elles seraient caractérisées par des espèces résistantes comme certains types d'algues rouges ou par un milieu nu dans les cas les plus extrêmes. L'ensemble des services serait ainsi peu produit avec des notes de capacités inférieures ou égales à 2.9. Les services C3 et R2 ne seraient même plus produits du fait de la densité de laminaire extrêmement faible voire nulle.

Le site de La Barrière qui se situe au large se trouve actuellement dans l'état A (*L. hyperborea*) et peut donc être concerné par l'ensemble des transitions du modèle. Le site de Roc'h Mignon est quant à lui dans un état qui représente déjà un état dégradé (F) et pourra évoluer vers un état E dans des conditions qui se dégradent encore plus. Le site peut cependant présenter cet état depuis un certain temps du fait d'un ensemble de conditions physico-chimiques particulier, dû par exemple à la proximité de la côte.

b) Scénario lié à l'extraction de granulats marins

L'évolution de la capacité de production des forêts de laminaires à produire un bouquet de services écosystémiques au regard de la pression d'extraction de granulats marins est décrite dans la Figure 24.

1) Une faible augmentation de la turbidité pourrait conduire à un rapprochement des conditions observées dans l'état B, avec une apparition d'individus d'algues opportunistes mais un maintien de la dominance de *L. hyperborea*. L'ensemble des services y sont moins bien produits.

2) Une augmentation supérieure de la turbidité pourrait d'abord entraîner une remontée et une contraction des ceintures algales, la lumière descendant moins en profondeur, puis une diminution de la densité, comme au sein de l'état C pour lequel la turbidité est supérieure. La turbidité est également

susceptible d'induire une réduction de la taille des laminaires. De la même façon que pour la transition d'un état A vers un état B, le passage vers l'état C conduirait à une baisse de l'ensemble des services.

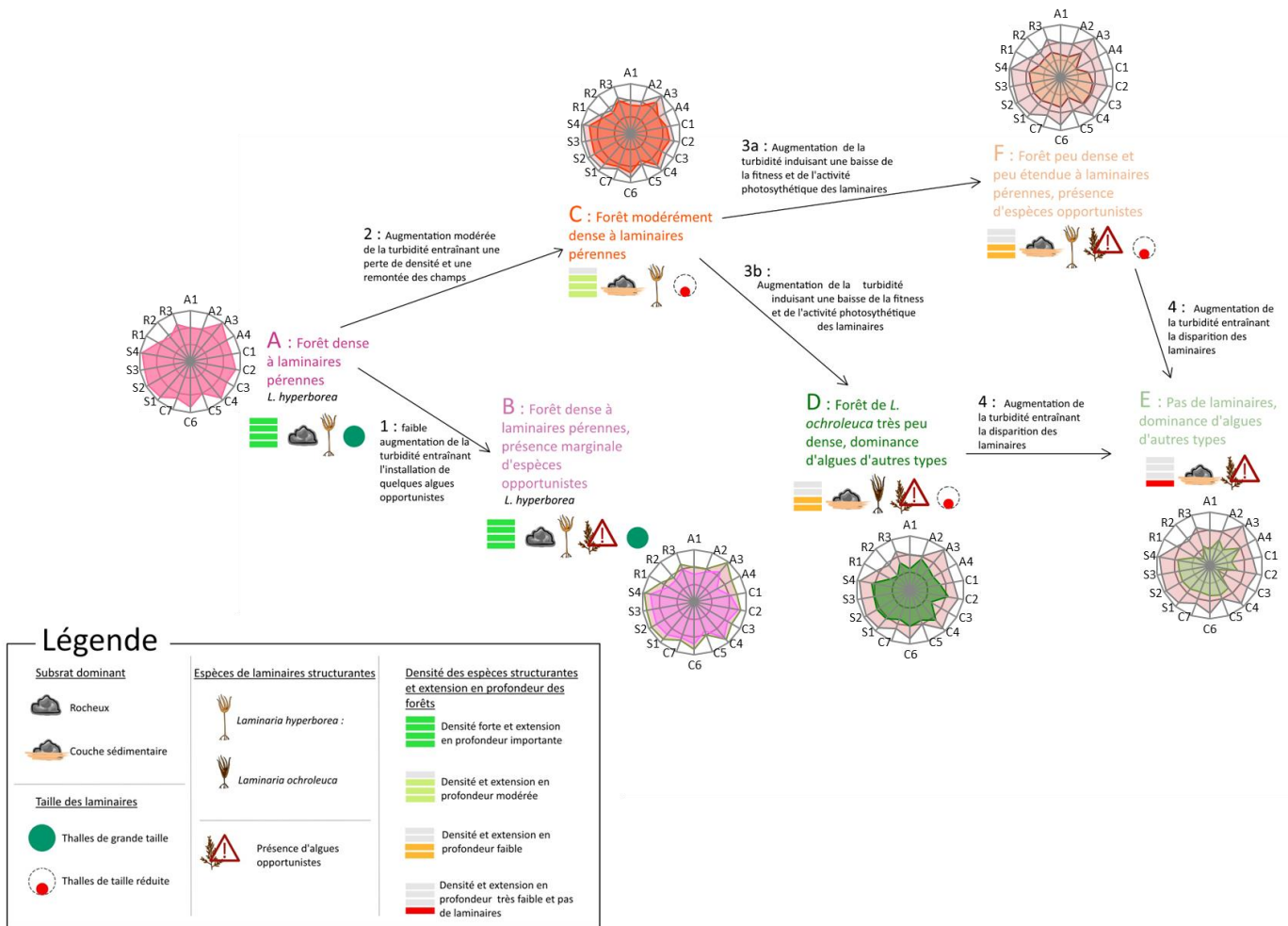


Figure 24 - Modèle états-transitions pour le scénario d'extraction de granulats

3a) et 3b) Une eau plus turbide encore pourrait conduire à une baisse de l'activité photosynthétique et de la productivité des forêts ainsi qu'une baisse de la fitness voire la mort des individus laminaires adultes entraînant ainsi une baisse de densité (Araujo et al., 2016). Les espèces opportunistes capables de se développer dans des eaux très turbides comme *Halidrys siliquosa*, *Sargassum muticum*, *Desmarestia ligulata* et *Solieria chordalis* pourraient alors s'installer au moins dans les premiers mètres des forêts (Bajjouk et al., 2015). Dans le cas de l'état D, la présence de *L. ochroleuca* serait favorisée par la présence de courants élevés (Sheppard et al., 1978 ; com. pers. M. Laurans). Une transition vers l'état D induirait une diminution de la capacité de production de la plupart des services. Le service A2 semble à l'inverse mieux produit dans l'état D que dans l'état C.

4) Une turbidité extrême pourrait conduire à une forte baisse de la densité de laminaires ne laissant que les algues d'autres types comme dans l'état observé E. Les capacités de production des services seraient alors toutes faibles voire nulles.

c) Scénario lié à l'activité goémonière

L'évolution de la capacité de production des forêts de laminaires à produire un bouquet de services écosystémiques au regard de la pression d'activité goémonière est décrite dans la Figure 25.

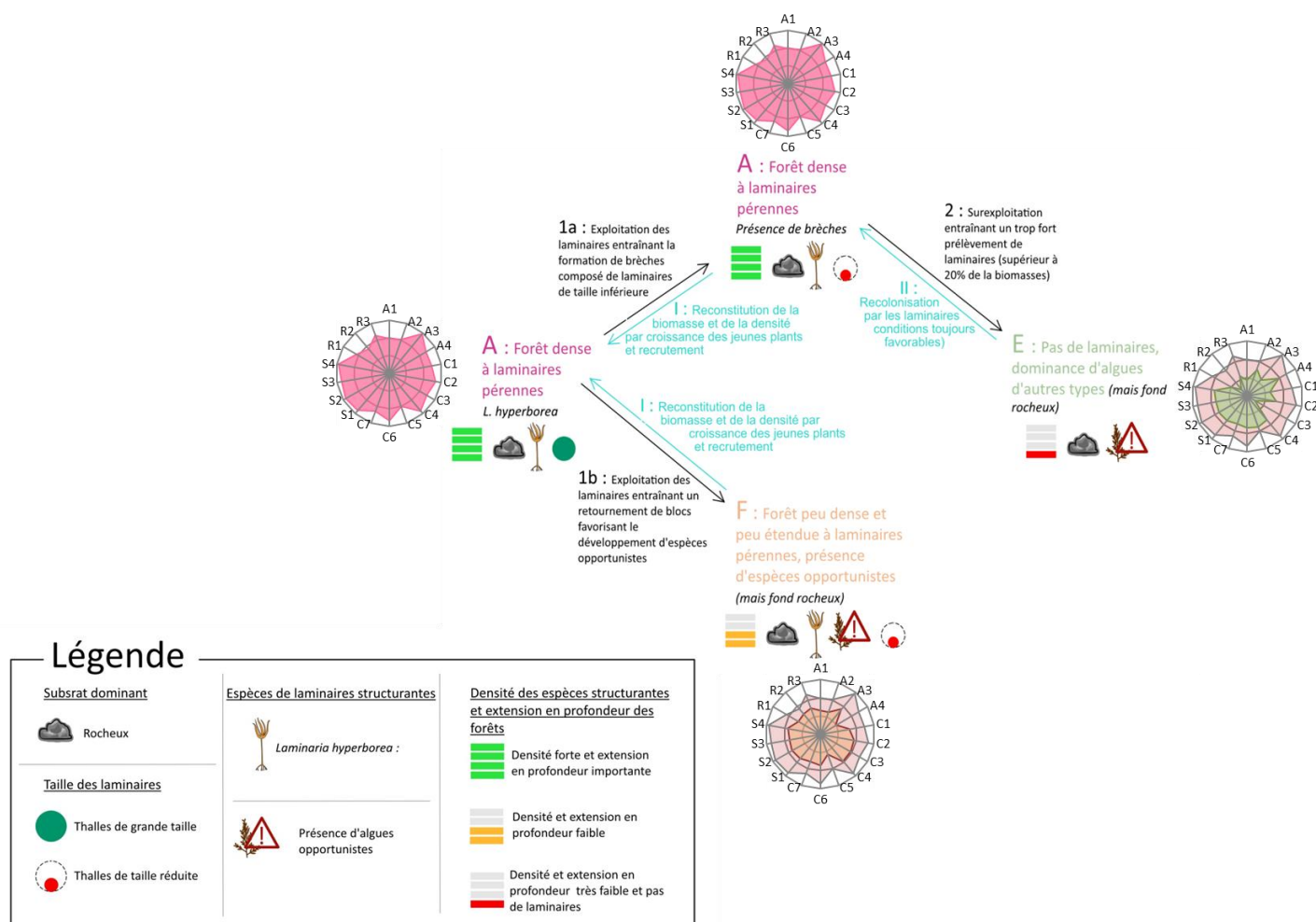


Figure 25 - Modèle états-transitions pour le scénario d'exploitation goémonière

1a) Une exploitation des laminaires conduirait à une baisse de densité et de biomasses localisée au niveau de brèches où les laminaires sont récoltées. Au sein de ces brèches, les individus de plus grande taille sont absents, pour autant les jeunes individus de taille moindre, non prélevés, restent (com. pers. M. Laurans). La structure d'âge et de taille de la forêt est alors modifiée, mais il n'y a pas formation de zones dépourvues de laminaires. Les fonctions écologiques sont ainsi maintenues et les services écosystémiques restent produits dans les mêmes mesures que dans l'état A sans brèches.

I) Ces brèches retrouvent leur état d'origine grâce à la croissance des jeunes plants qui reconstituent alors la biomasse. Dans certains cas, les brèches sont rapidement recolonisées par des espèces à stratégie de vie rapide comme *S. polyschides* qui sont ensuite remplacées par les algues pérennes *L. hyperborea* en conditions normales (Valéro et al, 2006).

1b) L'activité goémonière peut également induire un retournement de blocs important à certains endroits, celui-ci entraînant la disparition des laminaires au profit d'espèces opportunistes. Il est

néanmoins important de souligner que la pêche à peigne est actuellement fermée dans le département des Côtes d'Armor, cette pratique étant réalisée au moyen de scoubidoues moins impactantes. Les communautés se rapprocheraient alors de celles de l'état F (Derrien-Courtel, 2017), même si le fond resterait rocheux, l'exploitation de laminaires n'entraînant pas de processus de sédimentation exacerbé. Ces retournements restent cependant très localisés et peu fréquents. Au niveau des retournements, les services seront bien moins produits par rapport à l'état A. Les zones préservées des retournements gardent cependant leurs capacités initiales.

2) Une surexploitation (plus de 20% de la biomasse récoltée (com. pers. P. Potin)) induisant un trop fort prélèvement des laminaires induirait une dégradation des fonctions écologiques et pourrait entraîner un état nu ou potentiellement recolonisé par des algues d'autres types, comme c'est le cas dans l'état E. Ces algues colonisatrices ne seraient cependant pas nécessairement les mêmes que dans l'état E, les conditions physico-chimiques n'étant pas modifiées outre mesure par l'exploitation goémonière. Le fond resterait d'ailleurs rocheux et non pas sédimentaire, la ressemblance avec l'état E n'étant dès lors pas totale. La dégradation des fonctions entraînerait une perte importante de services écosystémiques avec une diminution remarquable de l'ensemble des capacités de production. Dans ce cadre, il faut rappeler que l'analyse risque pêche des sites Côte de granit rose-Sept Iles et Trégor-Goëlo de 2016 indiquait que la gestion actuelle répondait aux objectifs de conservation de l'habitat.

4.4 Eléments de conclusion

- Les capacités de production de l'état de référence sont potentiellement biaisées du fait de divergences de notes attribuées par les experts et ne reflètent pas l'utilisation réelle des services.
- Les différentes pressions entraînent une perte de services générant des pertes tant écologiques qu'économiques : perte d'habitat, diminution de l'approvisionnement en matière organique des autres écosystèmes, diminution du soutien des pêcheries, baisse d'attrait pour les plongeurs, diminution du potentiel de protection des côtes...
- Ces dégradations et pertes de services sont cependant à nuancer : certaines transitions ne se produiraient qu'en cas de pression extrême ou d'exploitation très intense et sont donc peu susceptibles de se produire sur une échelle temporelle courte.
- Les changements d'états générés par l'exploitation goémonière et l'extraction de granulats marins peuvent être évités par une gestion durable et raisonnée des activités. Sachant à ce sujet qu'une analyse risque pêche avait permis en 2016 l'évaluation de l'exploitation goémonière sur le site Côte de Granit Rose 7 Iles et de sa durabilité. Il avait alors été établi que la gestion actuelle répondait aux objectifs de conservation de l'habitat. Par ailleurs, les éventuelles dégradations ne sont pas nécessairement irréversibles, et une diminution, voir l'arrêt des exploitations, pourraient conduire à une recolonisation progressive des laminaires et à un retour à une forêt plus dense.
- Cette étude contribue à l'enrichissement des connaissances sur les laminaires et les services écosystémiques et au développement du modèle états-transitions, malgré les limites méthodologiques de ce travail exploratoire et la nécessité d'une validation par les experts.
- Pour approfondir ce travail et donner une vision plus précise et juste des services écosystémiques des forêts de laminaires, les services écosystémiques et pressions non traités devront être analysés et une recherche de valeurs seuils pourra être menée.
- Cette étude semble être applicable avec précaution à l'ensemble des forêts de Bretagne.

- La méthode semble pouvoir être appliquée à d'autres écosystèmes.
- Les résultats soulignent la nécessité d'une gestion durable pour les activités pour lesquelles ce ne seraient déjà le cas des forêts et pourront appuyer des démarches dans ce sens et donner des arguments supplémentaires au projet d'extension de la Réserve Naturelle des Sept îles.

4.5 Références

- Araujo, R. M., Assis, J., Aguillar, R., Airoldi, L., Barbara, I., Bartsch, I., Bekkby, T., Christie, H., Davoult, D., Derrien-Courtel, S., et al, 2016. Status, trends and drivers of kelp forests in Europe: an expert assessment. *Biodiversity and Conservation*. 25, 1319-1348. doi :10.1007/s10531-016-1141-7
- Arzel, P., 1994. L'exploitation des algues en Bretagne. *Études rurales*.133, 113-126.
- Bajjouk, T., Duchêne, J., Guillaumont, B., Bernard, M., Blanchard, M., Derrien-Courtel, S., Dion, P., Dubois, S., Grall, J., Hamon, D., Hily, C., Le Gal, A., Rigolet, C., Rossi, N., Ledard, M., 2015. Les fonds marins de Bretagne, un patrimoine remarquable : connaître pour mieux agir. Édition Ifremer-DREAL Bretagne, 152. <http://dx.doi.org/10.13155/42243>
- Bestelmeyer, B. T., 2015. National assessment and critiques of state-and-transition models: The baby with the bathwater. *Rangelands*. 37, 125-129. <https://doi.org/10.1016/j.rala.2015.03.004>
- Bouchard, F., 2011. La fitness au-delà des gènes et des organismes. In the book : *Les mondes darwiniens: L'évolution de l'évolution*. Volume 1. T. Heams, P. Huneman, G. Lecointre & M. Silberstein (Dir), 357-379. Paris: Editions Matériologiques.
- Burge, C. A., Closek, C. J., Friedman, C. S., Groner, M. L., Jenkins, C. M., Shore-Maggio, A., Welsh, J. E., 2016. The Use of Filter-feeders to Manage Disease in a Changing World. *Integrative and Comparative Biology*. 1–15.
- Campagne, C. S., Roche, P., Gosselin, F., Tschanz, L., Tatoni, T., 2017. Expert based ecosystem services capacity matrices: Dealing with scoring variability. *Ecological Indicators*. 79, 63-72.
- Christie, H., Andersen, G. S., Bekkby, T., Fagerli, C. W., Gitmark, J. K., Gundersen, H., Rinde, E., 2019. Shifts Between Sugar Kelp and Turf Algae in Norway: Regime Shifts or Fluctuations Between Different Opportunistic Seaweed Species? *Frontiers in Marine Science*. 6, 72. doi:10.3389/fmars.2019.00072
- De Bettignies, 2019. Connectivité trophique entre écosystèmes : rôle des accumulations détritiques subtidales et intertidales issues de l'exportation des laminaires. Sorbonne Université.
- Derrien-Courtel, S., 2017. DCE-Benthos – Macroalgues Fixées Sous-éléments de qualité "Macroalgues Subtidales (et faune associée)" et "Macroalgues Intertidales". Surveillance des MEC et MET du bassin Loire-Bretagne, Année 2017.
- Derrien-Courtel, S., Le Gal, A., 2014. Protocole de surveillance DCE pour l'élément de qualité « Macroalgues subtidales » - Second cycle de suivi (DCE-2).
- Derrien-Courtel, S., Le Gal, A., Grall, J., 2013. Regional-scale analysis of subtidal rocky shore community. *Helgoland Marine Research*. 67, 697-712. doi:10.1007/s10152-013-0355-2
- Derrien-Courtel, S., Le Gal, A., 2009A. Fiche de synthèse d'habitat "Laminaires". MNHN/Station de Biologie Marine de Concarneau. IFREMER/DIREN-Bretagne, 14.
- Filbee-Dexter, K., Scheibling, R. E., 2012. Hurricane-mediated defoliation of kelp beds and pulsed delivery of kelp detritus to offshore sedimentary habitats. *Marine Ecology Progress Series*. 455, 51–64. doi: 10.3354/meps09667
- GIEC, 2014. Changement climatique 2014. Rapport de synthèse. Résumé à l'intention des décideurs.
- Gunderson, L. H., 2000. Ecological resilience : in theory and application. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*.31, 425-439.
- Haines-Young, R.H., Potschin, M. P., 2010. The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. In the book : Raffaelli DG, Frid CLJ, editors. *Ecosystem Ecology: A New Synthesis*. Cambridge: BES Ecological Reviews Series, Cambridge University Press. 110–139.
- Heckbert, S., Costanza, R., 2011. Climate Regulation as a Service from Estuarine and Coastal Ecosystems.
- Kermagoret, C., Claudet, J., Derolez, V., Nugues, M. M., Ouisse, V., Quillien, N., Baulaz, Y., Le Mao, P., Scemama, P., Vaschalde, D., Bailly, D., Mongrue, R., 2019. How does eutrophication impact bundles of ecosystem services in multiple coastal habitats using state-and-transition models. *Ocean & Coastal Management*. 174, 144-153.

- Küpper, F. C., Carpenter, L. J., McFiggans, G. B., Palmer, C. J., Waite, T.J., Boneberg, E., Woitsch, S., Weiller, M., Abela, R., Grolimund, D., Potin, P., Butler, A., Luther III, G. W., Kroneck, P. M. H., Meyer-Klaucke, W., Feiters, M. C., 2008. Iodide accumulation provides kelp with an inorganic antioxidant impacting atmospheric chemistry. *PNAS*. 105, 6954-6958.
- Layton, C., Shelamoff, V., Cameron, M. J., Tatsumi, M., Wright, J. T., Johnson, C. R., 2019. Resilience and stability of kelp forests: The importance of patch dynamics and environment-engineer feedbacks. *PLoS ONE*. 14 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210220>
- Lawler, D.M., Petts, G.E., Foster, I.D.L., Harper, S. 2006. Turbidity dynamics during spring storm events in an urban headwater river system: the Upper Tame, West Midlands, UK. *Science of the Total Environment*. 360, 109-126. doi:10.1016/j.scitotenv.2005.08.032
- Le Borgne, M., 2016. Document d'Objectifs – Site Natura 2000 « Côte de Granit Rose – Sept-Iles » - Tome I : Etat des lieux. Lannion-Trégor Communauté, 271 pages.
- Le Gal, A., Derrien-Courtel, S., 2015. Quality Index of Subtidal Macroalgae (QISubMac): A suitable tool for ecological quality status assessment under the scope of the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*. 101, 334–348.
- Leclerc, J. C., Riera, P., Laurans, M., Leroux, C., Lévêque, L., Davoult, D., 2015. Community, Trophic Structure and Functioning in two contrasting *Laminaria hyperborea* forests. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 152, 11-22. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2014.11.005>
- Leigh, R. J., Ball, S. M., Whitehead, J., Leblanc, C., Shillings, A. J. L., Mahajan, A. S., Oetjen, H., Dorsey, J. R., Gallagher, M., Jones, R. L., Plane, J. M. C., Potin, P., McFiggans, G., 2009. Measurements and modelling of molecular iodine emissions, transport and photodestruction in the coastal region around Roscoff. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 9, 21165–21198.
- Liquete, C., Zulian, G., Delgado-Fernandez, I., Stips, A., Maes, J., 2013 B. Assessment of coastal protection as an ecosystem service in Europe. *Ecological Indicators*. 30, 205-217. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.02.013>
- Lorentsen, S. H., Sjøtun, K., Grémillet, D., 2010. Multi-trophic consequences of kelp harvest. *Biological Conservation*. 143, 2054-2062.
- Lovas, S. M., Torum, A., 2001. Effect of the kelp *Laminaria hyperborea* upon sand dune erosion and water particle velocities. *Coastal Engineering*. 44,37–63.
- McFiggans, G., Coe, H., Burgess, R., Allan, J., Cubison, M., Alfarra, M. R., Saunders, R., Saiz-Lopez, A., Plane, J. M. C., Wevill, D. J., Carpenter, L. J., Rickard, A. R., Monks, P. S., 2004. Direct evidence for coastal iodine particles from *Laminaria* macroalgae – linkage to emissions of molecular iodine. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 4, 701–713.
- Mesnildrey, L., Jacob, C., Frangouides, K., Reuvanot, M., Lesueur, M., 2012. La filière des macro-algues en France. Rapport d'étude. NETALGAE-Interreg IVb. Les publications du pôle halieutique Agrocampus Ouest. 9, 38.
- Mongruel, R., Kermagoret, C., Carlier, A., Scemama, P., Le Mao, P., Levain, A., Ballé-Béganton, J., Vaschalde, D., Bailly, D., 2018. Milieux marins et littoraux : évaluation des écosystèmes et des services rendus. Rapport de l'étude réalisée pour le compte du programme EFES, IFREMER – UBO – AFB, 354 pages + Annexes.
- Mouradi, A., Bennisser, L., Gloaguen, V., Mouradi, A., Zidane, H., Givernaud, T., 2014. Accumulation of heavy metals by macroalgae along the Atlantic coast of Morocco between El Jadida and Essaouira. *World Journal of Biological Research*.
- Narayan, S., Beck, M. W., Reguero, B. G., Losada, I. J., van Wesenbeeck, B., Pontee, N., Sanchirico, J. N., Carter Ingram, J., Lange, G., Burks-Copes, K. A., 2016. The Effectiveness, Costs and Coastal Protection Benefits of Natural and Nature- Based Defences. *PLoS ONE*. 11. doi:10.1371/journal.pone.0154735
- Norderhaug, H.M., Fredriksen, S., Nygaard, K., 2003. Trophic importance of *Laminaria hyperborea* to kelp forest consumers and the importance of bacterial degradation to food quality. *Marine Ecology Progress Series*. 255, 135–144
- O'Dowd, C. D., Jimenez, J. L., Bahreini, R., Flagan, R. C., Seinfeld, J. H., Hämeri, K., Pirjola, L., Kulmala, M., Jennings, M. S., Hoffmann, T., 2002. Marine aerosol formation from biogenic iodine emissions. *Nature*. 417, 632-636.
- Pessarrodona, A., Moore, P. J., Sayer, M. D. J., Smale, D. A., 2018. Carbon assimilation and transfer through kelp forests in the NE Atlantic is diminished under a warmer ocean climate. *Global Change Biology*. 24,4386–4398. doi: 10.1111/gcb.14303
- Reed, D.C., Brzezinski, M.A., 2009. Kelp forests. Dans le livre *The Management of Natural Coastal Carbon Sinks*. IUCN, Gland, Switzerland, 31–37
- Schaal, G., Riera, P., Leroux, C., 2010. Trophic ecology in a Northern Brittany (Batz Island, France) kelp (*Laminaria digitata*) forest, as investigated through stable isotopes and chemical assays. *Journal of Sea Research*. 63, 24-35.

- Schaal, G., 2009. Structure et fonctionnement des réseaux trophiques associés aux écosystèmes littoraux rocheux en situation écologiques contrastées : approches isotopiques et biochimiques combinées. *Ecosystèmes*. Paris 6.
- Sheppard, C. R. C., Jupp, B. P., Sheppard, A. L. S., Bellamy, D. J., 1978. Studies on the growth of *Laminaria hyperborea* (Gunn.) Fosl and *Laminaria ochroleuca* De la Pylaie on the French Channel coast. *Botanica Marina*. 21, 109-116.
- Smale, D. A., 2019. Impacts of ocean warming on kelp forest ecosystems. *New Phytologist*. 225, 1447–1454. doi: 10.1111/nph.16107
- Smale, D. A., Vance, T., 2015. Climate-driven shifts in species' distributions may exacerbate the impacts of 3 storm disturbances on northeast Atlantic kelp forests. *Marine and Freshwater Research*. 66.
- Smale, D. A., Wernberg, T., Yunnice, A. L. E., Vance, T., 2015. The rise of *Laminaria ochroleuca* in the Western English Channel (UK) and comparisons with its competitor and assemblage dominant *Laminaria hyperborea*. *Marine Ecology*. 36, 1033–1044.
- Smale, D. A., Burrows, M. T., Moore, P. J., O'Connor, N., Hawkins, S. J., 2013. Threats and knowledge gaps for ecosystem services provided by kelp forests: a northeast Atlantic perspective. *Ecology and Evolution*. 11: 4016– 4038. doi: 10.1002/ece3.774
- Stamp, T.E., 2015. Mixed *Laminaria hyperborea* and *Laminaria ochroleuca* forest on moderately exposed or sheltered infralittoral rock. Dans le livre : Tyler-Walters H. and Hiscock K. (eds) *Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Reviews*, [on-line]. Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom. <https://dx.doi.org/10.17031/marlinhab.1039.1>
- Stringham, T. K., Krueger, W. C., Shaver, P. L., 2003. State and transition modeling: An ecological process Approach. *Range Manage*. 56, 106 -113.
- Valero, M., Arzel, P., Creach, A., Davoult, D., Destombe, C., Gevaert, F., Leblanc, C., Levavasseur, G., Potin, P., Viard, F., 2006. Dynamique des champs de *Laminaria digitata*, ressource algale en Bretagne : Impacts biotiques, abiotiques et anthropiques. Dans le livre *Biodiversité et changement global*. Colloque de restitution 18-20 septembre 2006. 37-45.
- Vanhoutte-Brunier, A., Laurans, M., Mongruel, R., Guyader, O., Davoult, D., Marzin, A., Vaschalde, D., Charles, M., Le Niliot, P., 2016. Évaluation des services écosystémiques du champ de laminaires de l'archipel de Molène. Retour d'expérience du site du Parc naturel marin d'Iroise. Rapport des projets VALMER Interreg IV A Manche et IDEALG ANR Investissements d'avenir.
- Wada, S., Aoki, M.N., Tsuchiya, Y., Sato, T., Shinagawa, H., Hama, T., 2007. Quantitative and qualitative analyses of dissolved organic matter released from *Ecklonia cava* Kjellman, in Oura bay, Shimoda, Izu Peninsula, Japan. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 349, 344–358.
- Westoby, M., Walker, B., Noy-Meir, I., 1989. Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. *Journal of Range Management*. 42, 266-274.
- Yunianta, Y. R., Perez, R., Kaas, R., Robert, J., 1995. Stockage de l'azote chez *Laminaria digitata* cultivée en eau de mer enrichie: l'effet du dosage et du temps d'incubation. *Acta Botanica Gallica*. 142, 153-159. doi: 10.1080/12538078.1995.10515703

III

BAIE DE MARSEILLE

5 Evaluation de la capacité des herbiers de posidonie à fournir des services écosystémiques : application du modèle états-transitions à la baie de Marseille

5.1 Introduction

La posidonie, *Posidonia oceanica*, est une plante phanérogame marine endémique de Méditerranée. Elle forme des herbiers et se développe jusqu'à 40 m de profondeur au sein de l'étage infralittoral. Ses feuilles peuvent atteindre un mètre de longueur et son système racinaire, appelé « matte », est particulièrement développé, avec une épaisseur pouvant atteindre plusieurs mètres. A l'échelle des côtes françaises, les herbiers sont particulièrement développés le long de la Provence, des Alpes-Maritimes et de la Corse. Cet habitat est considéré comme particulièrement important en Méditerranée du fait de ses fonctions écologiques multiples et des nombreux services écosystémiques qu'il sous-tend (Boudouresque et al., 2006). Il fait l'objet d'un type d'habitat à part entière au sein de la typologie Natura 2000 (Habitat 1120) identifié comme prioritaire.

Le modèle Etats-et-Transition est un cadre conceptuel qui permet d'organiser et de fournir de l'information sur la dynamique des écosystèmes et les résultats des mesures de gestion en décrivant comment les communautés écologiques répondent aux pressions (Briske et al., 2005 ; Bestelmeyer, 2015). Il a été développé par Westoby et collaborateurs (1989) pour des sites de pâturage dans le sud de l'Arizona. Si son application est assez répandue pour des habitats terrestres (p.ex. McIntyre and Lavorel, 2001 ; Quétier et al., 2007 ; Tarrasón et al., 2016), son application aux écosystèmes marins est rare (voir p.ex. Kermagoret et al., 2019).

Cette étude mobilise la méthode des modèles états-transitions pour décrire l'évolution des herbiers de posidonie (*Posidonia oceanica*) et leur bouquet de SE au regard des différentes pressions auxquels ils sont exposés. Ce travail se décline en différentes étapes et mobilise à la fois les dires d'experts et les données issues de suivis écologiques réalisés pour le calcul de l'indice Ecosysteme-Based Quality Index (Encadré 1). Ce travail est ainsi développé en étroite collaboration avec les scientifiques du GIS Posidonie et de l'Institut Méditerranéen d'Océanographie (UMR 7294 MIO) à Marseille.

Encadré 1 : L'indice EBQI

L'indice EBQI a été développé pour mesurer la qualité d'un herbier de posidonie et de son écosystème (Personnic et al., 2014). Il se base sur un modèle de fonctionnement de l'écosystème qui prend en compte ses différents compartiments et les interactions entre ces compartiments. Ce modèle conceptuel est constitué de 21 compartiments mais seulement 13 font l'objet d'une évaluation (Figure 26).

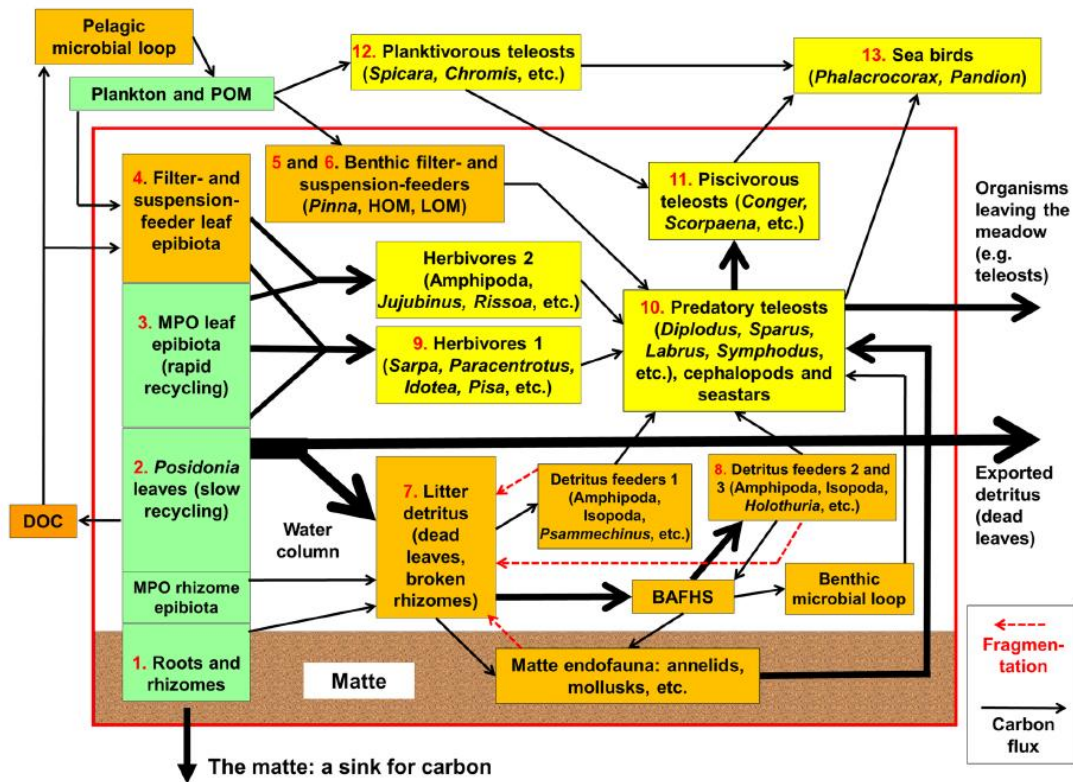


Figure 26 - Modèle conceptuel du fonctionnement de l'écosystème herbier de *Posidonia Oceanica*
(Source : Personnic et al., 2014)

L'indice EBQI est fonction de l'état de chaque compartiment et du poids de ce compartiment dans le bon fonctionnement de l'écosystème. L'état de chaque compartiment est évalué à l'aide d'un paramètre observé sur le site qui conduit à l'attribution d'une note entre 0 (très mauvais) et 4 (très bon). Le poids de chaque compartiment est déterminé par une note de 5 (poids le plus fort) à 1 (poids le plus faible).

$$EBQI = \left[\frac{\sum_{i=1}^{13} (W_i \times S_i)}{\sum_{i=1}^{13} (W_i \times S_{max})} \right] \times 10$$

Avec W_i le poids d'un compartiment et S_i l'état de ce compartiment. L'indice est ensuite converti sur une échelle de 1 à 10 pour des raisons de facilité de lecture.

5.2 Méthode

Le travail est construit en plusieurs étapes (Figure 27). La première étape vise à caractériser le système dans son état initial au regard de ses dynamiques écologiques et socio-économiques, et de sa capacité à produire un bouquet de SE. La seconde étape vise à caractériser le système dans des états dégradés en décrivant ses dynamiques mais également les facteurs de transition menant d'un état à un autre puis en quantifiant la capacité de production du bouquet de SE dans les différents états. Cette

quantification est l'étape majeure de l'étude développée ici et mobilise des données issues de dires d'experts ainsi que des données issues de suivis écologiques.

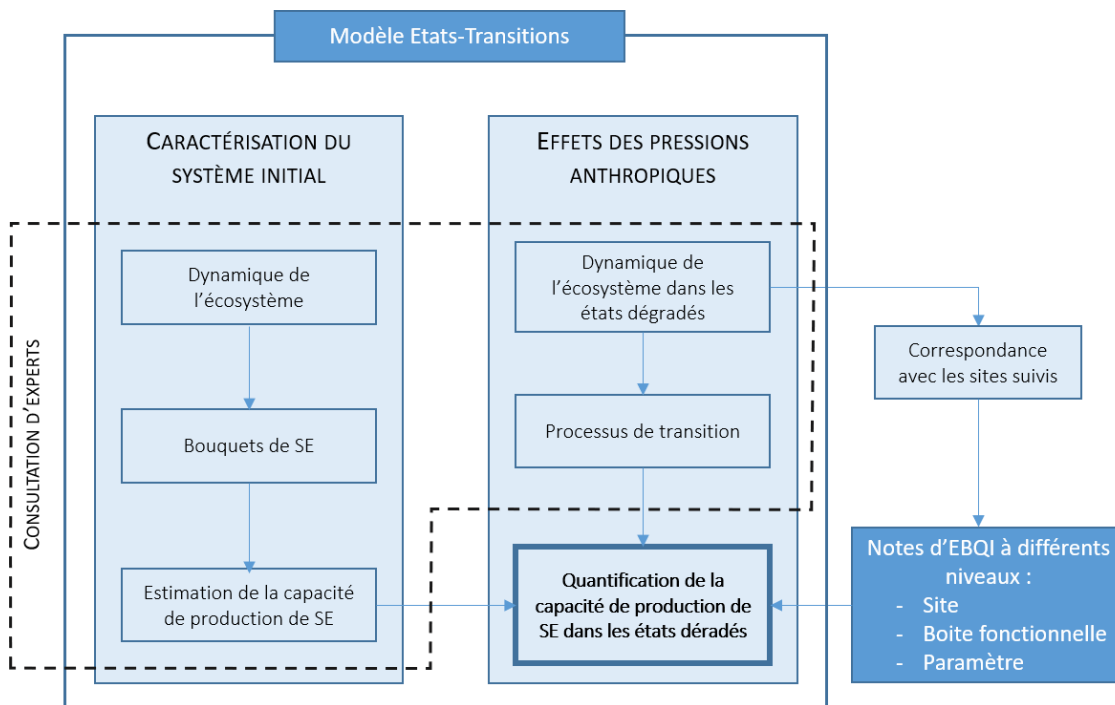


Figure 27 - Les différentes étapes de la mise en œuvre du modèle états-transitions appliqué à l'herbier de posidonies

5.2.1 Caractérisation du système initial

La première étape de caractérisation du système initial a été réalisée lors d'un atelier de travail organisé le 2 décembre au GIS Posidonie, complété par des rencontres en bilatéral avec plusieurs experts scientifiques de la posidonie et des échanges ex-post par courriel.

- Dynamique de l'écosystème dans le système initial

Le système initial correspond en fait à un état optimal de l'herbier de Posidonie défini au regard de l'indicateur EBQI qui prendrait ici sa valeur maximale (EBQI=10). Son application à l'herbier de posidonie a été décrit dans Personnic et al. (2014).

- Bouquet de SE

La liste de services écosystémiques fournis par les herbiers de posidonie dans la région de Marseille a été co-construite par les experts lors de l'atelier de travail et se compose de 16 SE associés aux différentes catégories (Tableau 12).

- Estimation de la capacité de production du bouquet de SE

Pour estimer la capacité de production du bouquet de services écosystémiques dans l'état optimal, nous avons interrogé les experts lors d'échanges par courriel. Plus précisément nous avons demandé aux experts de remplir une matrice de notation dans laquelle ils doivent répondre à la question : « Quelle est la capacité de l'herbier de posidonie dans son état optimal (EBQI=10) à fournir des services

par rapport aux autres habitats de la région ? » en attribuant une note comprise entre 0 (capacité nulle) et 5 (capacité très importante) pour chacun des 16 SE.

5 experts ont réalisé cet exercice. L'estimation finale de la capacité de production de SE dans l'état optimal correspond à la moyenne des notes attribuées aux différents SE par les 5 experts.

Tableau 12 - Liste des services rendus par les herbiers de posidonie

Services de support	Service d'approvisionnement	Services de régulation	Services culturels
Production primaire	Oursin	Régulation du climat (stock. de C)	Paysage dont esp. emblématiques
Production secondaire	Poissons et céphalopodes	Séquestration de contaminants	Education
Nurserie		Protection côtière	Recherche
Abri - gîte		Production / séquestration du sédiment / diminution de la turbidité	Pêche récréative
Frayère			
Exportation de biomasse			

5.2.2 Effets des pressions anthropiques

La seconde étape de caractérisation du système a également été réalisée en partie lors d'un atelier de travail organisé le 2 décembre au GIS Posidonie, complété par des rencontres en bilatéral avec quelques experts scientifiques de la posidonie et des échanges ex-post par courriel. Le travail de quantification du bouquet de SE a ensuite été réalisé au bureau en croisant les différentes données obtenues.

- Dynamique de l'écosystème dans les états dégradés et processus de transition

Lors de l'atelier de travail, les experts ont choisi de définir les états dégradés au regard des pressions qui s'y exercent (surexploitation, fragmentation, pollution, colonisation par des espèces non-indigènes). La description des états et des facteurs de transition a été réalisée de manière qualitative sur la base des discussions issues de la consultation auprès des experts puis validée par ces derniers.

- Correspondance entre les états dégradés définis et les suivis écologiques

Lors d'échanges bilatéraux avec Sandrine Ruitton et Patrick Astruch, les deux experts en charge des suivis écologiques réalisés pour le calcul de l'EBQI (Encadré 1), une correspondance a été établie entre les états dégradés tels que définis par les experts dans l'étape précédente et les sites suivis. Plus précisément, pour chacun des états dégradés nous cherchons à identifier des sites qui seraient caractéristiques de cet état et qui disposeraient d'un niveau d'EBQI. Ainsi, les données de ces différents sites ont pu être récupérées pour la dernière année disponible. Elles concernent six sites : Rade Sud Marseille (données 2018) ; Canoubier Est (données 2015) ; Port de Port-Cros, zone de mouillage (données 2015) ; Plateau des Chèvres (données 2018) ; Moyades (données 2019) ; Ratonneau (données 2020). Ces données écologiques sont récoltées et définies à 3 niveaux : à l'échelle du site (EBQI du site, compris entre 0 et 10) ; à l'échelle de la boîte fonctionnelle (EBQI du compartiment,

compris entre 0 et 4, cf. Figure 26) ; à l'échelle du trait fonctionnel (note de paramètres, différentes métriques selon les traits).

- Quantification de la capacité de production du bouquet de SE dans les états dégradés

Lors d'échanges bilatéraux avec Charles-François Boudouresque et Marc Verlaque, deux experts de l'herbier de posidonie, les compartiments (ou boîtes fonctionnelles, cf. Figure 26) impliquées dans la production des différents SE ont été identifiées.

Lors d'échanges bilatéraux avec un panel plus large d'experts, nous avons cherché à déterminer si les données disponibles récoltées dans le cadre de l'EBQI étaient de bons indicateurs pour évaluer la capacité de l'écosystème à produire le SE et à quel(s) niveau(x) les données devaient être mobilisées (site, compartiment ou paramètre).

La dernière étape consiste à calculer la capacité de production de chaque SE dans les états dégradés au regard de la capacité de production dans l'état initial et en lien avec les données de suivis écologiques. Trois relations mathématiques sont ainsi définies selon si la capacité de production du SE est évaluée en lien avec les données de suivis écologiques à l'échelle :

- Du site :

$$SE_{Ed_j} = \frac{EBQI_{Ed}}{EBQI_{Eo}} \times SE_{Eo_j}$$

Avec SE_{Ed_j} le niveau du service écosystémique j dans l'état dégradé Ed ; $EBQI_{Ed}$ la note d'EBQI de l'état dégradé ; $EBQI_{Eref}$ la note d'EBQI de l'état optimal Eo (égal à 10, la note maximale de l'EBQI à l'échelle du site) ; SE_{Eref_j} le niveau du service écosystémique j dans l'état optimal.

- Du compartiment :

$$SE_{Ed_j} = \frac{\sum EBQI_{C_{Ed}}}{\sum EBQI_{C_{Eo}}} \times SE_{Eo_j}$$

Avec SE_{Ed_j} le niveau du service écosystémique j dans l'état dégradé Ed ; $EBQI_{C_{Ed}}$ la note d'EBQI des compartiments impliqués dans l'état dégradé ; $EBQI_{C_{Eref}}$ la note d'EBQI des compartiments dans l'état optimal Eo (égal à 4, la note maximale de l'EBQI à l'échelle des compartiments) ; SE_{Eo_j} le niveau du service écosystémique j dans l'état optimal.

- Du paramètre :

$$SE_{Ed_j} = \frac{P_{Ed}}{P_{Eo}} \times SE_{Eo_j}$$

Avec SE_{Ed_j} le niveau du service écosystémique j dans l'état dégradé Ed ; P_{Ed} la note de paramètre dans l'état dégradé ; P_{Eref} la note de paramètre dans l'état optimal Eo ; SE_{Eo_j} le niveau du service écosystémique j dans l'état optimal.

5.3 Résultats

5.3.1 Caractérisation du système initial

Comme mentionné dans la partie « Méthode », le système initial correspond à un état optimal de l'herbier de Posidonie défini au regard de l'indicateur EBQI qui prendrait ici sa valeur maximale (EBQI=10). Cette valeur demeure théorique dans la mesure où elle n'est pas réellement observée en Méditerranée qui subit partout un impact anthropique, plus ou moins intense. Cet état n'en demeure pas moins potentiel, i.e. réaliste.

- Bouquet de SE

Comme mentionné dans la partie « Méthode », 16 SE fournis par les herbiers de posidonie dans la région de Marseille ont été identifiés par les experts (Tableau 12) et peuvent être définis de la manière suivante :

- **Service d'approvisionnement - Oursins** : Stock d'oursins disponibles pour la pêche
- **Service d'approvisionnement - Poissons** : Stocks de poissons et de céphalopodes disponibles pour la pêche
- **Service culturel - Pêche récréative** : La pêche récréative (ou pêche de loisir) recouvre le prélèvement de poissons, crustacés, coquillages, céphalopodes, etc. destinés à la consommation exclusive du pêcheur et de sa famille ou relâchés après capture.
- **Service culturel - Education** : Ce service est lié à la participation des écosystèmes à la production et la diffusion de savoirs pour la société : support à la sensibilisation sur le fonctionnement des écosystèmes.
- **Service culturel - Recherche** : Ce service est lié à la participation des écosystèmes à la production et la diffusion de savoirs pour la société : intérêt scientifique
- **Service culturel - Paysage** : Les herbiers participent à la construction du paysage sous-marin et attirent des espèces emblématiques recherchées par les amateurs d'observation naturaliste. Ils contribuent ainsi à l'attrait des espaces marins.
- **Service de régulation - Protection côtière** : Le service de protection côtière comprend deux composantes : la limitation de l'érosion, qui participe à la stabilisation des fonds et du trait de côte, et la protection contre les événements extrêmes de type tempêtes et tsunamis. Ce service est lié à la capacité des écosystèmes à freiner les effets des courants marins et de la houle (Notons qu'on ne considère pas ici le service de protection côtière joué par les banquettes constituées des débris de Posidonie échoués sur les plages).
- **Service de régulation - Stockage et séquestration des contaminants** : Concentrations des contaminants présents dans l'environnement dans les différentes parties de la plante. Ce service est le résultat de la combinaison de plusieurs processus biotiques (bioconcentration, bioremédiation, activités bactériennes, bioturbation) et abiotiques (remise en suspension de sédiment, transformation physico-chimique, apports atmosphériques et fluviaux, transports, etc.)
- **Service de régulation – Régulation du climat** : Le service de régulation du climat est la capacité de certains écosystèmes à stocker et séquestrer à long terme des gaz à effet de serre ; ils participent ainsi à leur extraction de l'atmosphère afin de compenser en partie leur émission anthropique

- **Fonction - Exportation de la Matière Organique (MO)** : Production de biomasse par l'herbier qui est exportée vers les écosystèmes adjacents où elle va rendre d'autres services (ex : protection côtière par les banquettes) (Cette fonction n'est pas usuelle dans le champ de l'approche par les services écosystémiques, néanmoins elle est essentielle pour traduire l'importance de l'herbier de posidonie dans le cadre de ses interactions avec les autres écosystèmes. Seulement 3 à 10 % de la biomasse de posidonie issue de la production primaire est consommée (Pergent et al., 1997), le reste de la biomasse s'accumule dans les détritiques avec des morceaux de racines ou de rhizomes, d'autres macrophytes dérivant et des épiphytes indigènes pour constituer la nécromasse (Boudouresque et al., 2016). Entre 10 et 55% de cette nécromasse est exportée vers les écosystèmes adjacents (plages, écosystèmes rocheux sublittoraux et écosystèmes circalittoraux et bathyaux) où ils vont contribuer au fonctionnement des écosystèmes.)
- **Fonction - Abri et gîte** : La fonction d'abri (refuge) est liée au fait que les herbiers peuvent offrir une bonne protection contre la prédation.
- **Fonction - Nourricerie** : Un habitat au sein duquel se regroupent les juvéniles d'une espèce durant les premiers mois ou les premières années de leur vie, pour s'y nourrir et poursuivre leur développement.
- **Fonction - Frayère** : La fonction de support de reproduction est assurée dans les zones dites de « frayère », où une espèce se concentre pour se reproduire.
- **Fonction - Production primaire** : Production de matière organique végétale et constitue la base du fonctionnement des réseaux trophiques. La production primaire est assurée par le processus de photosynthèse qui transforme le carbone minéral en carbone organique.
- **Fonction - Production secondaire** : Production de matière organique animale. La production secondaire est assurée par le processus de transfert de matière et d'énergie au sein du réseau trophique (consommation - assimilation – excrétion).
 - Estimation de la capacité de production du bouquet de SE

La moyenne des notes attribuées par les experts aux différents SE permet d'estimer la capacité de production de SE dans l'état optimal (Figure 28).

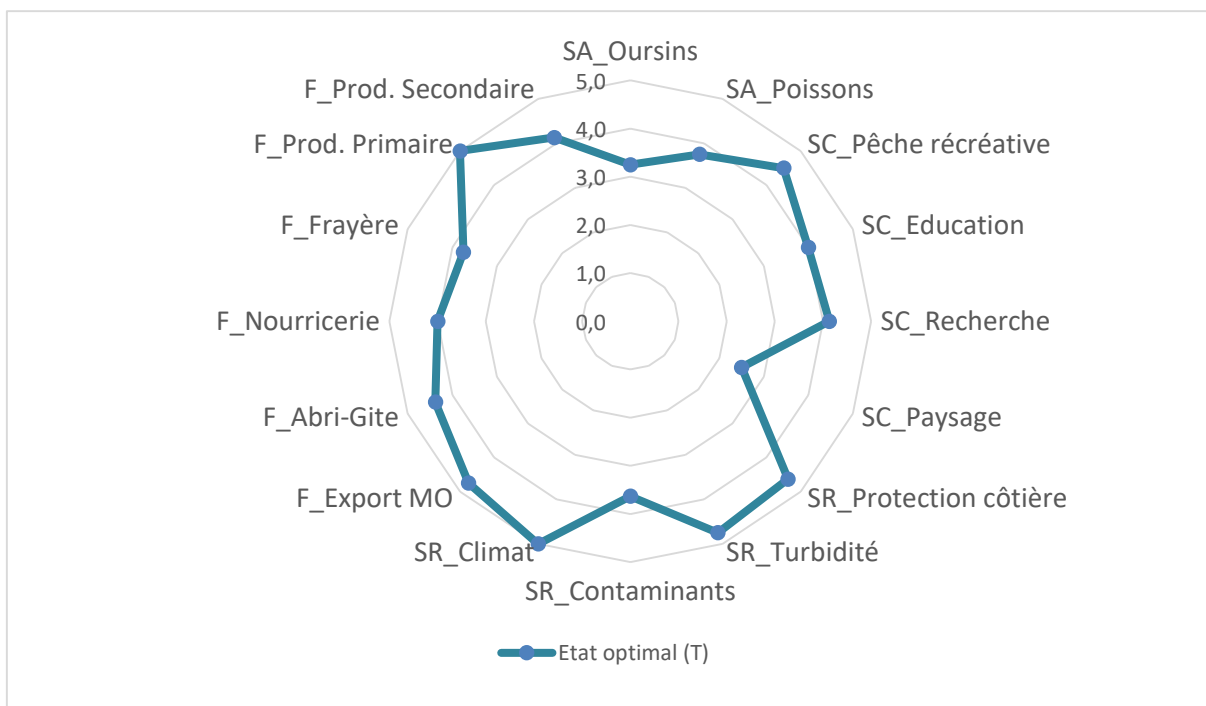


Figure 28 - Capacité de production de SE dans l'état optimal

5.3.2 Effets des pressions anthropiques : dynamiques de l'écosystème dans les états dégradés et processus de transition

La Figure 29 présente les différents états de l'herbier de posidonie et les différents facteurs de transition qui expliquent le passage d'un état à un autre.

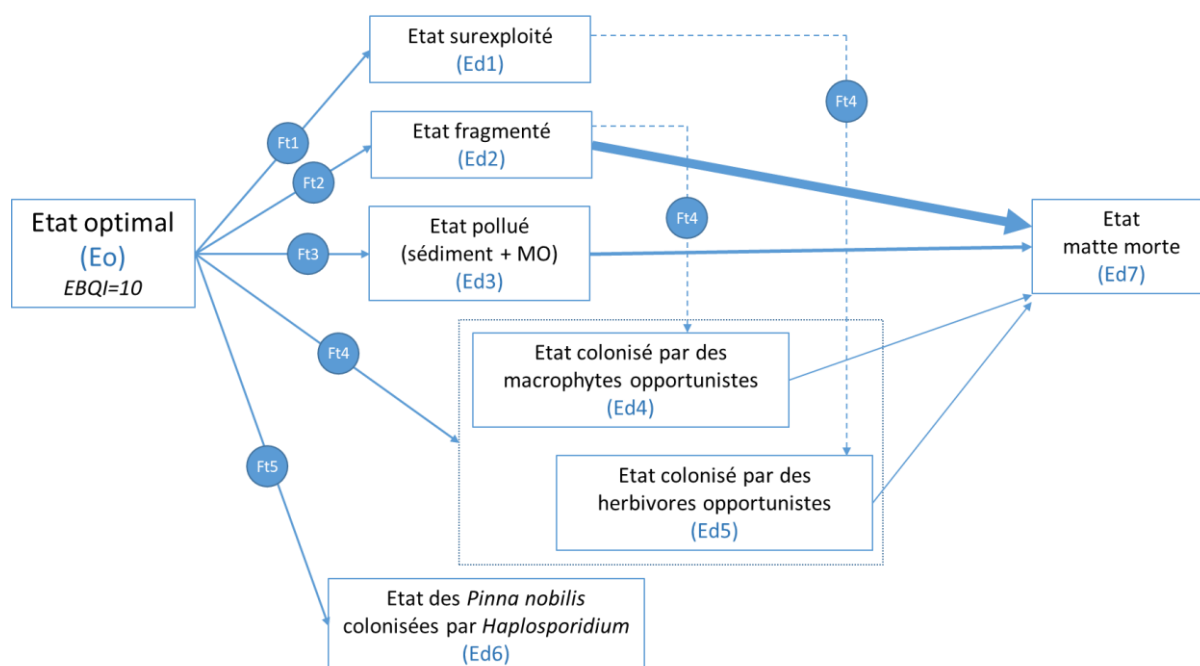


Figure 29 - Etats écologiques de l'herbier de posidonie et facteurs de transition

Nous avons pu identifier 7 états dégradés différents :

Des états dégradés définis au regard des pressions qui s'y exercent :

- État surexploité (Ed1) au sein duquel les stocks de poissons (particulièrement les invertivores et les top-prédateurs) sont appauvris. Cet appauvrissement peut conduire à une prolifération des oursins (*P. lividus*) et de la saupe (*S. salpa*) et donc à un surpâturage de l'herbier (Boudouresque et al., 2017) ;
- État fragmenté (Ed2) au sein duquel la surface de l'herbier et sa connectivité est interrompue par des zones non-végétalisées sous formes de patches ou transects ;
- État pollué (Ed3) par des apports terrigènes au sein duquel l'herbier est soumis à une hypersédimentation, une eutrophisation et une augmentation de la turbidité ;
- État colonisé par des espèces non-indigènes (ENI) au sein duquel certaines espèces de l'herbier entrent en compétition avec une nouvelle espèce. On peut distinguer ici, a minima, deux types d'ENI:
 - o Les macrophytes (Ed4) telles que les caulerpes (*C. taxifolia* et *C. cylindracea*) qui entrent en compétition avec la posidonie et qui peuvent conduire, lorsque l'herbier est vulnérable, à des chloroses, nécroses, diminutions du nombre, de la longueur, de l'épaisseur et de la longévité des feuilles de posidonie, et enfin la mort des pousses (Klein et Verlaque, 2008);
 - o Le poisson-lapin (Ed5), *Siganus luridus*, dont la prolifération demeure pour le moment aux portes des côtes françaises de Méditerranée, mais qui entrerait en compétition avec les herbivores et impacterait la posidonie du fait de ce régime ;
- État infecté par *Haplosporidium sp.* (Ed6), pathogène de la Grande Nacre, *Pinna nobilis*, qui conduit à une mortalité massive de cette dernière sans pour autant impacter le reste de l'écosystème. La Grande Nacre est un grand mollusque bivalve, endémique de Méditerranée et classée comme espèce en danger d'extinction.

- État ultra-dégradé (Ed7) pour lequel l'habitat est structuré autour de la matte morte. La « matte morte fonctionne en surface comme un habitat semi-dur à dur, sur lequel prospèrent quelques espèces d'algues. Le substrat, formé d'un enchevêtrement de rhizomes morts, colmatés par des éléments de granulométrie très hétérogène, du fin gravier à la vase est particulièrement compact et favorise l'établissement d'une faune relativement spécialisée. » (Cahiers d'habitats).

Les facteurs de transitions sont, quant à eux, définis de la manière suivante :

La surexploitation par la pêche (Ft1) : En Méditerranée, 80% des activités de pêche est réalisé en milieu très côtier (dont un tiers en lagune). Les métiers de pêche y sont très nombreux. La sardine, l'anchois et le merlu dominant largement les espèces débarquées (Mongruel et al., 2019). Mais à l'échelle des herbiers de posidonie du Parc marin de la Côte Bleue, la petite pêche artisanale (i.e. navires inférieurs à 12 mètres) cible principalement la dorade royale (*Sparus aurata*), le bar (*Dicentrarchus labrax*), le mullet (*Mullus surmuletus*) et les rascasses (*Scorpaena spp*) (Leleu et al., 2014) alors que la pêche côtière au chalut (i.e. navires de 12 à 19 mètres) capture également des espèces non-ciblées (Boudouresque et al., 2017). Les connaissances actuelles ne permettent pas de définir un rendement maximum durable (RMD) au-delà duquel on passerait d'une exploitation durable de la ressource à une surexploitation.

La dégradation qualitative et/ou quantitative des habitats (Ft2) :

- Engins mécaniques : la posidonie est particulièrement vulnérable au chalutage (Boudouresque et al., 2009). Un chalutier standard déracinerait entre 99 000 et 363 000 pieds par heure (Martin et al., 1997). Pour limiter cet impact, une réglementation interdit le chalutage dans la zone des 3 miles nautiques. Cependant, cette réglementation demeure peu respectée. Le chalutage serait responsable de la perte de 12% de surface d'herbier en Corse (Pasqualini et al., 2000). Le temps nécessaire à la récupération totale de l'herbier après chalutage serait d'environ 100 ans (Gonzalez-Correa et al., 2005)
- Mouillage : l'impact de l'ancrage des grands bateaux, notamment les bateaux de croisière, dans les baies abritées de Méditerranée est évident. Par exemple, près de Porquerolles, l'ancrage de ces bateaux a généré des cicatrices de 1 à 2 m de large et jusqu'à 296 m de long, générant une surface de matte morte égale à 4,2 ha (Boudouresque et al., 2009). L'ancrage des petits bateaux de plaisance génèrent également un déracinement de la posidonie (par exemple, 68000 pousses par hectare dans une zone de 1,4 ha à Elbu Cove en Corse. Cependant, l'herbier impacté par ce type d'ancrage reste capable de produire plus de nouvelles pousses chaque année. L'ancrage par ces petits bateaux constituent dans une menace limitée par rapport à celui des grands bateaux. La pression maximale de mouillage durable serait de 2 événements de mouillage par hectare et par jour (en moyenne sur une année) et ne devrait pas excéder 10 événements de mouillage par hectare pour une journée donnée (Boudouresque et al., 2006). A noter que les chaînes d'ancrage souvent installées dans les zones de mouillage causent beaucoup plus de dommages que les ancres elles-mêmes.
- Evènements extrêmes : sur les côtes exposées à des vents forts, aux ondes de tempête et aux courants de marée, les mouvements de sédiments peuvent enterrer les pousses d'herbes marines, exposer les racines et les rhizomes et même déraciner des plantes entières (Frederiksen et al.2004). Infantes et al. (2011) estiment que les jeunes pousses de *P. oceanica* ont besoin que

plus de la moitié de la longueur de la racine soit ancrée dans le sédiment pour ne pas être délogées.

Pollution (eutrophisation, hypersédimentation, turbidité) (Ft3) :

- Pollutions industrielles et urbaines : une diminution des herbiers de posidonie est observée à proximité des grands centres urbains et des exutoires d'eaux usées de Méditerranée, notamment dans la baie de Marseille (Boudouresque et al., 2009). L'eutrophisation, l'hypersédimentation et l'augmentation de la turbidité expliquent en grande partie cette diminution. Cette pollution est en diminution depuis les années 1970 en raison de l'amélioration du traitement des eaux usées (Jackson et al., 2006 dans Boudouresque et al., 2009). Ainsi, en baie de Marseille, un herbier en phase de récupération a été recensé (Pergent-Martini et al.1995) mais il est à noter que cette récupération demeure extrêmement lente (quelques cm/an).
- Aquaculture : l'aquaculture génère de la pollution liée à la nourriture non-consommée et aux excréments de poissons qui s'y accumulent. Par ailleurs, l'ombre des cages et la turbidité conduisent à une diminution de l'intensité lumineuse nécessaire au bon développement de la posidonie (Boudouresque et al., 2009)

Colonisation par des ENI (Ft4) : c'est en Méditerranée que le nombre d'espèces marines introduites recensé est le plus fort (Boudouresque et al., 20012)

- Colonisation par des macrophytes : au moins 5 espèces de macrophytes peuvent entrer en compétition avec la posidonie (Boudouresque et al., 2009) : deux espèces de chlorophytes australiennes (*C. taxifolia* et *C. racemosa* var. *cylindracea*) et 3 espèces de rhodophytes indo-pacifique (*Acrothamnion preissii*, *Lophocladia lallemandii* et *Womersleyella lallemandii*). Les deux premières ont particulièrement impacté les herbiers de posidonie situés le long des côtes françaises, aussi nous nous focaliserons sur ces espèces. Il est à noter que cette colonisation est rendue difficile là où les herbiers de posidonie sont bien denses.
- Colonisation par le poisson-lapin, *Siganus luridus* : le poisson-lapin est une espèce dite "lessepsienne" c'est à dire une espèce qui a profité de l'ouverture du canal de Suez (1969) pour migrer depuis la mer Rouge vers la Méditerranée. Le poisson lapin prolifère en certains endroits, notamment sur les côtes turques, et poursuit sa colonisation vers le nord. Les premiers spécimens ont été observés sur les côtes françaises en 2009, sans pour autant proliférer. Il constitue donc à ce jour une menace potentielle pour les côtes françaises.
- Infection par *Haplosporidium* (Ft5) : la première épidémie à *Haplosporidium* touchant la Grande Nacre date de 2016. Cette épidémie a causé la mort de 99% de la population sur les côtes espagnoles. Depuis, l'épidémie ne cesse de se propager dans tout la Méditerranée, affectant également les côtes françaises.

Le changement climatique ?

Une grande partie des effets du changement climatique sur les écosystèmes marins et littoraux demeurent encore incertains. Ces effets sont par ailleurs multiples et liés à différents facteurs (réchauffement des eaux marines, acidification, montée du niveau marin, augmentation en fréquence et en intensité des évènements extrêmes...) (Pergent et al., 2014). Prenons un exemple. L'herbier de posidonie constitue l'écosystème « climax » sur une grande partie des zones côtières méditerranéennes en eau peu profonde. Avec le réchauffement des eaux marines, deux autres macrophytes présentes en Méditerranée : *Cymodocea nodosa* et, dans une moindre mesure, *Zostera*

notei pourraient constituer des espèces pionnières dans la succession, permettant la colonisation des herbiers de posidonie (Boudouresque et al., 2012). Toutefois, les herbiers de posidonie pourraient également être remplacés par des ENI. Une substitution d'espèces par des espèces moins structurantes peut déclencher de profonds changements au sein des communautés associées. Cependant, on peut également faire l'hypothèse que la posidonie serait capable de s'adapter en modifiant son optima thermique, phénomène déjà observé sur des espèces de plantes terrestres (Koch et al., 2013). Ces différents scénarios prospectifs mettent en évidence les incertitudes liées aux effets du changement climatique. Dans cette étude, nous retiendrons simplement l'idée que le changement climatique peut conduire à une intensification de certains facteurs de transition décrits ci-dessus (exemple de la fragmentation liée aux événements extrêmes, ou des ENI tels que le poisson-lapin qui profite du réchauffement des eaux marines pour poursuivre sa migration vers le nord...).

5.3.3 Correspondance entre les états dégradés définis et les suivis écologiques

Six sites ont été identifiés comme pouvant correspondre, de manière assez grossière, aux états dégradés définis dans le modèle (Tableau 13).

Tableau 13 - Correspondance entre les sites et les états dégradés

Etats dégradés	Site correspondant	Année
Etat surexploité (Ed1)	Rade Sud Marseille	2018
Etat fragmenté (Ed2)	Canoubier Est	2015
	Port de Port-Cros, zone de mouillage	2015
Etat pollué (Ed3)	Plateau des Chèvres	2018
Etat colonisé (Ed4 et Ed5)	Pas de site correspondant	
Etat infecté par <i>Haplosporidium</i> (Ed6)	Moyades	2019
Etat infectée matte morte (Ed7)	Ratonneau	2020

Des états « théoriques » et leurs effets sur les compartiments et les paramètres ont également été imaginés pour certaines pressions.

5.3.4 Quantification de la capacité de production du bouquet de SE dans les états dégradés

Le niveau auquel les données doivent être mobilisées (site, compartiment ou paramètre) pour évaluer la capacité de l'écosystème à produire le SE est répertorié dans le Tableau 14 pour chaque SE.

Tableau 14 - Niveau auquel les données doivent être mobilisées pour chaque SE

SE		Niveau de données*	Précisions
SA	Oursin	P	Densité (<i>Paracentrotus lividus</i> .m ⁻²)
	Poissons et céphalopodes	C	Groupes de compartiment 9-12
SR	Régulation du climat (stock. de C)	C	Compartiments 1, 2, 3 et 7
	Séquestration de contaminants	C	Compartiments 1, 2, 3 et 7
	Protection côtière	C	Compartiments 1 et 2
	Production et séquestration du sédiment	C	Compartiments 1, 2 et 3
SC	Paysage dont esp. emblématiques	C	Compartiments « visibles » :1 ; 2 ; 5 ; 6 ; 9-12 ; 13
	Education	S	

	Recherche	/	Convention décrite ci-après
	Pêche récréative	/	Convention décrite ci-après
SS	Production primaire	C	Compartiments 1, 2, 3 et 7
	Production secondaire	C	Compartiments 3-4 ; 5 ; 6 ; 8 ; 9 ; 10 ; 11 ; 12 ; 13
	Nurserie	C	Compartiments 1, 2 et 7
	Abri - gîte	C	Compartiments 1, 2 et 7
	Frayère	C	Compartiments 1, 2 et 7
	Exportation de biomasse	C	Compartiments 1, 2, 3 et 7

* S : Site ; C : Compartiment ; P : Paramètre

La plupart des SE sont directement liés à des compartiments de l'écosystème. Seul le SE « Education » peut être relié à l'EBQI du site. Le SE « Oursins » est quant à lui relié à un paramètre : la densité d'oursins. Deux SE ne sont pas liés à un niveau de l'écosystème et font l'objet d'une convention :

- Le SE « Recherche » est lié à l'état de l'écosystème de manière particulière : on considère qu'un état dégradé va être davantage exploré par la science dans la mesure où les recherches actuelles en écologie sont davantage tournées vers la compréhension des liens entre pressions et états écologiques (p.ex. approche DPSIR). En revanche, l'état dégradé reste beaucoup moins investigué par la science. Nous mobiliserons donc ces indicateurs qualitatifs pour estimer la capacité de production de ce SE dans les états dégradés.
- Le SE pêche récréative peut-être entendu comme une combinaison de 3 facteurs correspondants également à des SE : les stocks d'oursins et de poissons également ciblés par la pêche professionnelle et le paysage qui contribue également à la pratique de cette activité récréative. Par convention, le niveau de SE pêche récréative mobilisera l'ensemble des indicateurs impliqués dans les SE oursins, poissons et paysage.
- Capacité de production de SE dans les différents états dégradés

La capacité de production des différents SE dans les différents états peut être représentée sous forme de diagramme (Figure 30).

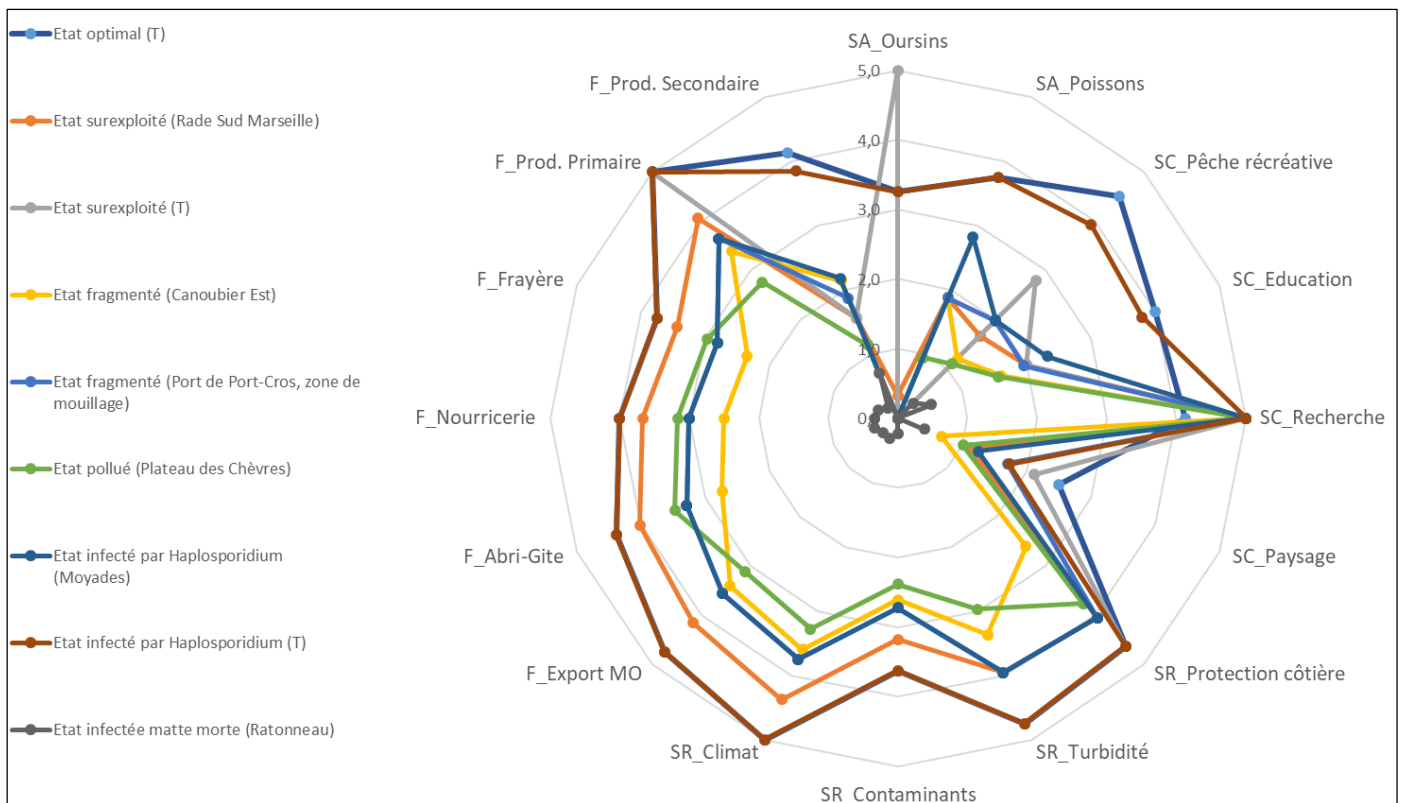


Figure 30 - Capacité de production des différents SE dans les différents états

Pour plus de lisibilité, le diagramme est décliné à l'échelle des différentes pressions (Figure 31)

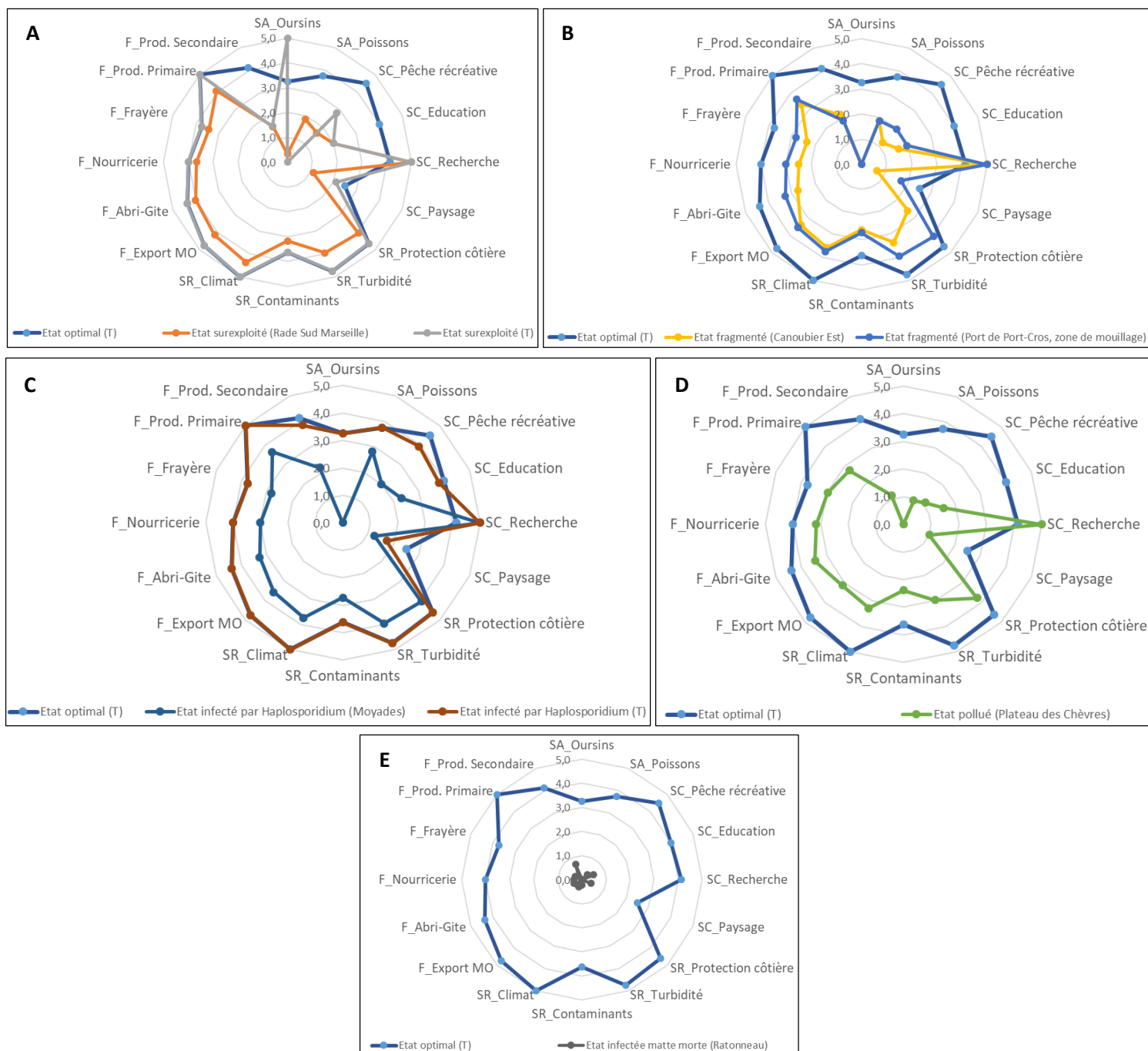


Figure 31 - Capacité de production des différents SE déclinée pour chaque état par rapport à l'état optimal (A : Etat surexploité ; B : Etat fragmenté ; C : Etat infecté par *Haplosporidium* ; D : Etat pollué ; E : Etat matte morte)

On observe une dégradation générale du bouquet de SE produit par l'herbier de posidonie dans les états dégradés. Les services d'approvisionnement sont particulièrement impactés pour l'ensemble des pressions étudiées. Le fait que certaines pressions qui n'affectent a priori pas ces compartiments engendre un effet sur les services d'approvisionnement (exemple de l'état infecté par *Haplosporidium* qui n'affecte que la Grande Nacre) est liée au fait que la totalité des sites de la Côte d'Azur souffrent ou ont souffert d'une surexploitation mais de manière plus ou moins forte (certains sites étant désormais interdits de pêche).

Quelques SE font néanmoins figure d'exception dans le sens où la dégradation de l'habitat peut les favoriser. C'est le cas par exemple du SE recherche pour lequel on considère qu'un état dégradé va être davantage exploré par la science dans la mesure où les recherches actuelles en écologie sont davantage tournées vers la compréhension des liens entre pressions et états écologiques. C'est également le cas du service d'approvisionnement en oursins qui devrait théoriquement être favorisé dans un état surexploité, la surpêche de poissons favorisant la colonisation du site par les poissons du fait de la disparition de ses prédateurs. Néanmoins, le site Rade Sud de Marseille, caractérisé par une forte surexploitation, ne présente pas ce profil, le service d'approvisionnement en oursins étant moindre. Ceci est certainement lié à une surexploitation de poissons combinée à une surexploitation d'oursins.

L'état matte morte montre à quel point la dégradation de l'habitat affecte les SE. Le site de Ratonneau ne produit quasiment plus de SE car la totalité des compartiments ont disparu.

5.4 Références

- Bestelmeyer BT 2015. National assessment and critiques of state-and-transition models: the baby with the bathwater. *Rangelands* 37 : 125–129
- Boudouresque CF, Bernard G, Bonhomme P, Charbonnel E, Diviacco G, Meinesz A, Pergent G, Pergent-Martini C, Ruitton S, Tunesi L 2006. Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. RAMOGE pub. : 1-202. 204p.
- Boudouresque C.F., M. Verlaque (2012) An overview of species introduction and invasion processes in marine and coastal lagoon habitats. *Cahiers de Biologie Marine, Station Biologique*, 53, pp.309-317.
- Boudouresque C.F., G. Pergent, C. Pergent-Martini, S. Ruitton, T. Thibaut, et al. (2016) The necromass of the *Posidonia oceanica* seagrass meadow: Fate, role, ecosystem services and vulnerability. *Hydrobiologia*, Springer, 781 (1), pp.25-42.
- Boudouresque CF, Bernard G, Pergent G, Shili A, Verlaque M 2009. Regression of Mediterranean seagrasses caused by natural processes and anthropogenic disturbances and stress: a critical review. *Botanica Marina* 52(5) : 395–418.
- Boudouresque CF, Blanfuné A, Fernandez C, Lejeune C, Pérez T, Ruitton S, Thibault D, Thibaut T, Verlaque M 2017. Marine Biodiversity - Warming vs. Biological Invasions and overfishing in the Mediterranean Sea: Take care, 'One Train can hide another'. *MOJ Ecology & Environmental Science* 2(4):1-13
- Briske DD, Fuhlendorf SD, Smeins FE 2005. State-and-transition models, thresholds, and rangeland health: a synthesis of ecological concepts and perspectives. *Rangel. Ecol. Manag.* 58: 1–10
- Frederiksen, M., D. Krause-Jensen, M. Holmer and J.S. Laursen. 2004. Spatial and temporal variation in eelgrass (*Zostera marina*) landscapes: influence of physical setting. *Aquat. Bot.* 78: 147–165.
- González Correa JM, Bayle JT, Sánchez Lizaso JL, Valle C, Sánchez Jerez P, Ruiz JM 2005. Recovery of deep *Posidonia oceanica* meadows degraded by trawling. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 320: 65-76
- Infantes E, Orfila A, Bouma TJ, Simarro G, Terrados J 2011. *Posidonia oceanica* and *Cymodocea nodosa* seedling tolerance to wave exposure. *Limnology and Oceanography* 56(6): 2223-2232

- Jackson, E.L., S.C. Glanfield, J. Delacruz, O. Langmead, C. Arvanitidis, M.J. Attrill, H. Tyler-Walters and L. Mee. 2006. An objective approach to defining loss of seagrass in the Mediterranean: causal chain analysis and scenario predictions. *Biologia Marina Mediterranea*, 13: 240–244
- Klein J, Verlaque M 2008. The *Caulerpa racemosa* invasion: A critical review. *Marine pollution bulletin* 56
- Koch M, Bowes G, Ross C, Zhang XH 2013. Climate change and ocean acidification effects on seagrasses and marine macroalgae. *Global Change Biology* 19: 103–132
- Martin MA, Sanchez-Lizaso JL, Ramos-Esplà AA 1997. Cuantificación del impacto de las artes de arrastre sobre la pradera de *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanogr.* 23: 243-253
- McIntyre S, Lavorel S 2001. Livestock grazing in sub-tropical pastures: steps in the analysis of attribute response and plant functional types. *Journal of Ecology* 89 : 209–226
- Mongruel R, Kermagoret C, Carlier A, Scemama P, Le Mao P, Levain A, Ballé-Béganton J, Vaschalde D, Bailly D 2019. Milieux marins et littoraux : évaluation des écosystèmes et des services rendus. Rapport de l'étude réalisée pour le compte du programme EFES, IFREMER – UBO – AFB, 354 p.
- Pasqualini V, Clabaut P, Pergent G, Benyousse L, Pergent-Martini C 2000. Contribution of side scan sonar to the management of Mediterranean littoral ecosystems. *Internat. Journal of Remote Sensing* 21(2): 367-378
- Pergent G, Rico-Raimondino V, Pergent-Martini C 1997. Fate of primary production in *Posidonia oceanica* meadows of the Mediterranean. *Aquatic Botany* 59: 307-321
- Pergent G, Bazairi H., Bianchi CN, Boudouresque CF, Buia MC, Calvo S, Clabaut P, Harmelin-Vivien M, Mateo M, Montefalcone M, Morri C, Orfanidis S, Pergent-Martini C, Semroud R, Serrano O, Thibaut T, Tomasello A, Verlaque M 2014. Climate change and Mediterranean seagrass meadows: a synopsis for environmental managers. *Mediterranean Marine Science*, Athens: National Centre for Marine Research, 462-473
- Pergent-Martini C, Pasqualini V, Pergent G 1995. Monitoring of *Posidonia oceanica* meadows near the outfall of the sewage treatment plant at Marseilles (Mediterranean – France). *EARSeL Advances in Remote Sensing* 4(1): 128-134.
- Personnic S, Boudouresque CF, Astruch P, Ballesteros E, Blouet S, Bellan-Santini D, Bonhomme P, Thibault-Botha D, Feunteun E, Harmelin-Vivien M, Pergent G, Pergent-Martini C, Pastor J, Poggiale JC, Renaud F, Thibaut T, Ruitton S 2014. An ecosystem-based approach to assess the status of a Mediterranean ecosystem, the *Posidonia oceanica* seagrass meadow. *PLoS ONE* 9(6): e98994
- Quétier F, Thebault A, Lavorel S 2007. Plant traits in a state and transition framework as markers of ecosystem response to land-use change. *Ecological Monographs* 77: 33–52
- Tarrasón D, Ravera F, Reed MS, Dougill AJ, Gonzalez L 2016. Land degradation assessment through an ecosystem services lens: integrating knowledge and methods in pastoral semi-arid systems. *Journal of Arid Environments* 124: 205–213
- Westoby M, Walker B, Noy-Meir I 1989. Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. *Journal of Range Management* 42: 266–274

6 Formes de demandes

6.1 Introduction

Soumis à un profond processus de relance territoriale par le tourisme et l'économie de loisir (Robert et Plouvier, 2017), le littoral marseillais affirme aujourd'hui son identité maritime et voit les usages récréatifs s'y démocratiser. Alors que pour certains d'entre eux le lien avec l'écosystème est évident (e.g : plongée, pêche), pour d'autres, les interactions avec l'écosystème sont moins apparentes (plaisance, jet-ski). Par ailleurs, les statuts de conservation se multiplient (ASPIM, Parc Naturel National, sites classés, Natura 2000, IUCN) et la connaissance sur les activités et les usagers apparaît indispensable pour la gestion des espaces protégés.

Ainsi lors du TRIAGE en baie de Marseille deux enjeux avaient été retenus : la protection des herbiers de posidonie et la massification des activités récréatives. Les services culturels dont dépendent les activités récréatives sont répartis entre possibilité d'agir forte et importance faible et possibilité d'agir faible et importance forte (cf. Chapitre 2.2.1). Il a semblé intéressant de mieux faire le lien entre les pratiques des différentes activités récréatives et leur dépendance aux services écosystémiques, autrement dit les demandes des usagers récréatifs vis-à-vis des écosystèmes marins.

D'après Mongruel et al. (2019), trois composantes d'un service écosystémique peuvent être identifiées :

- Le potentiel : maximum hypothétique de production d'un écosystème donné (Burkhard et al., 2014)
- Le flux : bouquets de services effectivement sélectionnés dans un lieu donné sur une période donnée (Burkhard et al., 2014)
- La demande : quantité de service requise ou désirée par la société (Villamagna et al., 2013)

Cette évaluation a pour objectif de caractériser la demande des usagers récréatifs pour les SE de la Baie de Marseille en mobilisant le cadre d'analyse des formes de demandes sociales pour les SE développé dans le cadre de l'EFESE-Mer (Mongruel et al., 2019). Ce chapitre est concentré sur l'évaluation des formes de demandes pour les services écosystémiques. Ce cadre permet de mieux comprendre les attentes de la société envers les écosystèmes et de proposer des éléments d'aide à la gestion, notamment à travers l'analyse des demandes porteuses de changement.

Deux sites marins sont classés au titre de la DHFF en Baie de Marseille : « Côte Bleue Marine » (FR9301999) sur la Côte Bleue et « Calanques, Iles Marseillaises, Cap Canaille et Massif du Grand Caunet » (FR9301602) dans l'actuel Parc National des Calanques. Les premières propositions de Sites d'Intérêt Communautaire (SIC) pour le milieu marin en Baie de Marseille datent de 2008 mais les réflexions ont été initiées dès 2003 dans le PMCB (PMCB, 2013). Le GIP Calanques pour la création du Parc a été créé en 1999, et le PMCB est devenu Syndicat mixte en 2000. C'est pourquoi l'étude a été menée de 2000 à 2020.

6.2 Méthode

6.2.1 Cadre conceptuel des formes de demande sociale

Le cadre d'analyse développé dans le cadre de l'EFESE-Mer (Mongruel et al., 2019) vise à approfondir l'interprétation des spécificités des bouquets de services associés aux différents types d'écosystèmes marins et côtiers en prenant en compte la diversité des formes de demandes, et notamment leurs implications en termes d'interactions entre services et d'arbitrages (Mongruel et al., 2019).

a) Les caractéristiques des demandes sociales

Pour caractériser la demande, Mongruel et collaborateurs (2019) distinguent deux principaux éléments à prendre en compte : la diversité des déterminants susceptibles d'influencer la demande sociale et les manières d'interagir avec l'écosystème.

1. La diversité des déterminants susceptibles d'influencer la demande sociale : Les premiers déterminants sont de nature sociale, il s'agit des facteurs socio-économiques et démographiques comme la taille des populations, les différents types d'activités économiques, les niveaux de revenus, les modes de consommation, la croissance économique, les normes comportementales, etc. (Nelson et al., 2006 ; Wolff et al., 2015) et des facteurs socio-politiques, comme le contexte institutionnel, la culture et la religion, et le niveau de connaissances scientifiques et technologiques (Nelson et al., 2006). Bien qu'ils agissent de manière indirecte, ils influencent la demande en SE et donc les éventuelles pressions sur l'écosystème. La deuxième catégorie de déterminants désigne les facteurs écologiques qui peuvent également modifier la demande en SE (Wolff et al., 2015). Des changements dans le milieu (biotique ou abiotique) comme la pollution des eaux de baignade, la disparition d'espèces emblématiques, une variation dans les conditions physiques, sont susceptibles de modifier la demande en SE en faisant notamment apparaître des demandes de conservation pour certaines composantes de la biodiversité.
2. La nature de l'interaction avec l'écosystème : La demande est souvent perçue à travers le « flux » de services. Bien que cela puisse être approprié pour les services d'approvisionnement, cette notion est confuse lorsqu'on s'intéresse aux services de régulation et aux services culturels. En effet, le flux étant défini comme la quantité de biens et services fournis par les écosystèmes et utilisés de facto en un lieu donné durant une période donnée, il est difficile de le mesurer pour décrire les bénéfices tirés de la contemplation d'un paysage ou la valeur d'existence d'espèces emblématiques.

À partir des déterminants et de la nature des interactions avec l'écosystème, la demande peut être perçue au travers de cinq grandes caractéristiques (Rigolet, 2016 ; in Mongruel et al., 2019) :

- Le lien entre le SE demandé et l'activité : Il peut être direct quand les bénéfices attendus d'une interaction avec le milieu dépendent directement du niveau de SE ou indirect quand les SE n'interviennent que comme un facteur de production.
- Le niveau, l'ampleur de la demande : Il s'agit de déterminer le poids d'une demande qui va dépendre du nombre d'utilisateur, de leur importance économique ou politique.
- La temporalité : Ce paramètre dépend du niveau de formalisation de la demande, et permet de tenir compte de l'évolution d'une demande entre son apparition informelle dans la société

(on parlera de demande latente) et son expression formelle à travers des pratiques ou des mesures (on parlera de demande installée).

- La localisation : Une demande peut être exprimée localement (par les acteurs du système) ou émaner d'un cadre plus large (comme le niveau régional, national voire international).
- Le type de SE : La demande pour les différents types de SE (approvisionnement, culturel, régulation) ne se manifeste pas de la même manière. La demande pour un service d'approvisionnement se manifestera par une quantité de biens désirée tandis que la demande pour un service de régulation peut se présenter comme un niveau de service sous-tendant un état de l'écosystème (demande non soustractive et non impactante) ou comme une quantité de rejet émis dans le milieu (demande dite « soustractive » car elle soustrait à l'écosystème une partie de sa capacité d'absorption, qui deviendra impactante si cette capacité est dépassée)

b) Typologie des formes de demandes pour l'analyse

Pour faciliter l'analyse des paramètres en fonction des caractéristiques décrites ci-dessus. Le GT Mer de l'EFESE (Mongruel et al., 2019) propose une classification des différentes formes de demandes pour tous les types de SE qui permet de différencier les demandes de chaque catégorie d'acteurs pour chaque SE (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Les différentes formes de demandes sont classées selon qu'elles s'expriment de manière directe ou indirecte du point de vue du bénéfice recherché. Elles sont également classées selon le mode d'interaction avec l'écosystème : les demandes peuvent relever d'une utilisation soustractive ou non, d'une utilisation impactante ou non et enfin de préoccupations relatives à la conservation de l'écosystème (demande de conservation ou d'utilisation).

Tableau 15 - Caractérisation des diverses formes de demandes pouvant s'exprimer vis à vis d'un service écosystémique marin (Mongruel et al., 2019)

	Demande pour une utilisation soustractive non-impactante	Demande pour une utilisation soustractive impactante	Demande pour une utilisation non-soustractive non-impactante	Demande pour une utilisation non-soustractive impactante	Demande de conservation
Directe	Recherche d'un bénéfice obtenu directement de l'usage ou de la consommation du SE en soustrayant une partie des flux émis par l'écosystème ou de sa capacité d'absorption sans impacter de processus de l'écosystème ni sa structure.	Recherche d'un bénéfice obtenu directement de l'usage ou de la consommation du SE en soustrayant tout ou partie des flux fournis par l'écosystème ou de sa capacité d'absorption et en impactant un processus de l'écosystème ou sa structure.	Recherche d'un bénéfice obtenu directement de l'usage ou de la consommation du SE sans soustraction aux flux fournis par l'écosystème ou à sa capacité d'absorption et sans impacter de processus de l'écosystème ni sa structure.	Recherche d'un bénéfice obtenu directement de l'usage ou de la consommation du SE sans soustraction aux flux fournis par l'écosystème ou à sa capacité d'absorption mais en impactant un processus de l'écosystème ou sa structure.	Demande pour le maintien ou la restauration du SE ou du processus, des stocks ou de la structure de l'écosystème permettant de fournir le SE.
	<i>Exemple : demande de services d'approvisionnement par les producteurs de biens alimentaires retirés des écosystèmes marins et côtiers dans le respect des seuils de rendement maximum durable.</i>	<i>Exemple : demande de services d'approvisionnement par les producteurs de biens alimentaires retirés des écosystèmes marins et côtiers excédant les seuils de rendement maximum durable.</i>	<i>Exemple : demande en services culturels récréatifs ou cognitifs par les usagers des milieux marins côtiers dans le respect des seuils de fréquentation des espaces protégés.</i>	<i>Exemple : demande en services culturels récréatifs ou cognitifs par les usagers des milieux marins et côtiers infligeant aux écosystèmes les dommages inhérents à une sur-fréquentation.</i>	<i>Exemple : demande pour la préservation des dauphins dans leur habitat naturel par les ONG de défense de l'environnement.</i>
Indirecte	Recherche d'un bénéfice tiré d'une activité, pour laquelle le SE est un facteur mobilisé, en soustrayant une partie des flux fournis par l'écosystème ou de sa capacité d'absorption sans impacter de processus de l'écosystème ni sa structure.	Recherche d'un bénéfice tiré d'une activité, pour laquelle le SE est un facteur mobilisé, en soustrayant tout ou partie des flux fournis par l'écosystème ou de sa capacité d'absorption et en impactant un processus de l'écosystème ou sa structure.	Recherche d'un bénéfice tiré d'une activité, pour laquelle le SE est un facteur mobilisé, sans soustraction aux flux fournis par l'écosystème ou à sa capacité d'absorption et sans impacter de processus de l'écosystème ni sa structure.	Recherche d'un bénéfice tiré d'une activité, pour laquelle le SE est un facteur mobilisé, sans soustraction aux flux fournis par l'écosystème ou à sa capacité d'absorption mais en impactant un processus de l'écosystème ou sa structure.	Demande pour une activité , un produit , un autre SE, une norme , ou une mesure réglementaire ou volontaire qui favorise le maintien ou la restauration du SE.
	<i>Exemple : demande pour les services de régulation de type purification des contaminants par des activités polluantes, dans la limite des seuils admissibles de pollution dans le milieu marin.</i>	<i>Exemple : demande pour les services de régulation de type purification des contaminants par des activités polluantes, excédant les seuils admissibles de pollution dans le milieu marin.</i>	<i>Exemple : demande en services de régulation contribuant au maintien de la qualité des eaux de baignades par les usagers des plages respectueux des écosystèmes.</i>	<i>Exemple : demande en services de régulation contribuant au maintien de la qualité des eaux de baignades par les usagers des plages amenant des déchets et causant des perturbations.</i>	<i>Exemple : demande de conservation des écosystèmes marins exprimée par l'achat de produits de la pêche responsable.</i>

- Caractère direct ou indirect d'une demande d'utilisation

Pour les demandes d'utilisation de services, la demande est considérée comme directe si le bénéfice est tiré directement de l'usage ou de la consommation du SE. C'est le cas de la demande des pêcheurs pour le service de biens alimentaire retirés de la pêche qui tirent un bénéfice directement de la vente de ces produits. De même, un touriste tirera directement son bénéfice de l'utilisation du milieu marin comme support d'activités récréatives, qu'elles soient immersives ou d'observation. La demande est indirecte lorsque le bénéfice est tiré d'une activité pour laquelle le SE est un facteur mobilisé, ce qui est généralement le cas pour les services de régulation et de support. Pour que le service des biens alimentaire retirés de la pêche soit fourni par l'écosystème, il faut que les services de maintien du réseau trophique et des zones de frayères et de nourriceries soient assurés par celui-ci, sans quoi il n'y aurait pas de ressource. Il y a donc une demande indirecte des pêcheurs pour ces deux services.

- Caractère soustractif d'une demande d'utilisation

Qu'elle soit directe ou indirecte, une demande d'utilisation est soustractive si elle consiste à soustraire une partie des flux de l'écosystème ou de la capacité d'absorption de celui-ci. Les activités polluantes auront ainsi une demande indirecte pour une utilisation soustractive des services de régulation de la qualité de l'eau puisqu'elles sollicitent la capacité du milieu à absorber les flux polluants. À l'inverse, une demande d'utilisation sera non soustractive si elle ne soustrait pas de flux fournis par l'écosystème ou de la capacité d'absorption de celui-ci. Les activités de baignade par exemple expriment une demande d'utilisation indirecte non soustractive des services de régulation de la qualité de l'eau. Ils ont besoin d'une bonne qualité de l'eau pour se baigner, mais ils ne tirent pas leur bénéfice de la bonne qualité de l'eau. Une mauvaise qualité de l'eau par contre, empêchera la baignade et rendra leur demande non satisfaite.

- Caractère impactant d'une demande d'utilisation

La demande peut également être caractérisée par son caractère impactant. Une demande devient impactante si elle dégrade un processus de l'écosystème ou sa structure : c'est le cas des pratiques non soutenables. Autrement dit, une demande devient impactante lorsque la consommation effective du service dépasse le potentiel de l'écosystème. Dans le cas des services de régulation des nutriments par exemple, l'utilisation va être considérée comme impactante pour les acteurs qui utilise la pompe à nutriments au-delà du potentiel de l'écosystème. En général les pressions exercées sur l'écosystème via des demandes non soustractives sont faibles, mais en cas de pressions plus importantes, ce type de demande deviendra également impactante. Par exemple, un plaisancier qui mouille sur des herbiers de Posidonie dans le Parc National des Calanques va avoir une demande en service de support d'activités récréatives impactante car il est interdit de mouiller sur les herbiers dans le parc¹⁶.

- Les demandes de conservation

Les demandes de conservation visent au maintien ou à la restauration d'un service. Elles peuvent être directes si elles excluent toute forme d'utilisation de la part du demandeur. C'est le cas des demandes

¹⁶ Les préférences écologiques et les caractéristiques de l'herbier de Posidonie rendent cette espèce très vulnérable aux pressions anthropiques (Boudouresque et al., 2012)

de conservation du service de maintien des zones de frayères et de nourriceries par la création de Zones de Non Prélèvement (ZNP) par des gestionnaires. À l’inverse, la création d’une ZNP à l’initiative des pêcheurs correspond à une demande indirecte. Les pêcheurs vont chercher à conserver le service dans l’objectif de maintenir leur activité de pêche. Les demandes indirectes de conservation intègrent une préoccupation pour les avantages collectifs malgré leur caractère utilitariste. Les demandes directes résultent souvent d’application de normes *top-down*, alors qu’une demande indirecte traduit une demande *bottom-up* (en tant qu’usager, ou professionnel, je participe à la conservation d’un bien commun).

- Niveau d’installation de la demande

La demande est également caractérisée selon son niveau : latente, émergente, installée. Une demande latente pour un service est une demande qui n’est pas encore effective, elle envisage l’utilisation ou la conservation d’un service dans le futur. Pour les demandes d’utilisation, une demande deviendra émergente à partir du moment où un usager utilise effectivement le service. Par exemple, un premier plongeur qui se met à plonger en Baie de Marseille aura une demande émergente directe et non soustractive pour le service de support d’activités récréatives immersives et indirecte pour les services mobilisés par l’activité (paysages sous-marins, maintien du réseau trophique et des zones de frayères et de nourricerie). Une demande d’utilisation devient installée lorsque l’activité se structure, s’organise, par la création d’une Fédération ou association. En d’autres termes elle devient porteuse d’une voix (notamment au sein de COPILs).

Une demande de conservation latente correspond à une réflexion pour la conservation d’un ou plusieurs services. Par exemple, la volonté de créer une AMP, les processus de concertations préalables etc. traduisent une demande latente de conservation (pour plusieurs services marins) qui deviendra émergente lorsque l’AMP sera effectivement créée. Par exemple pour une demande indirecte de conservation, la création d’une charte de plongée correspond à une demande émergente (on reconnaît le processus). Une demande de conservation devient installée lorsque des premières mesures seront mises en œuvre (dans le cas d’une charte, lorsqu’il y aura des premiers signataires).

Tableau 16 - Etapes précédant l’installation de demandes d’utilisation ou de conservation pour des SE

Demandes	Latente	Émergente	Installée
Utilisation	Un ou plusieurs usagers envisagent de pratiquer une activité	Un ou plusieurs usagers pratiquent effectivement l’activité	Les usagers sont organisés au sein d’une Fédération ou Association
Conservation	Une réflexion est initiée en faveur de la conservation d’un ou plusieurs SE	La demande de conservation est formalisée par un texte (décret, loi)	Des mesures de conservation sont mises en œuvre

- Niveau de satisfaction de la demande

Les arbitrages entre les diverses formes de demandes impliquent de s’intéresser aux demandes non satisfaites. En effet, celles-ci peuvent être à l’origine de conflits d’usage ou encore de mesures de conservation. Pour l’utilisation d’un service, une demande sera non satisfaite lorsque l’usager ne pourra pas en bénéficier à sa guise. Une demande non satisfaite est généralement liée :

- À l’incapacité de l’écosystème à fournir un service (p.ex. : manque des ressources halieutiques pour la pêche)

- À une réglementation dans un objectif de gestion des conflits d'usages (p.ex. : interdiction d'accès à une calanque pour les touristes par des riverains)
- À une réglementation dans un objectif de conservation (p.ex. : interdiction de pêcher certaines espèces protégées)
- À de la surfréquentation (p.ex. : impossibilité de bénéficier des paysages marins à cause d'un phénomène de congestion)

L'expression de demandes impactantes, non satisfaites ou de conservation est susceptible de traduire des situations problématiques et par conséquent ces trois formes de demandes peuvent potentiellement être porteuses de changement.

- Les demandes porteuses de changement

L'étude des formes de demande sociales permet de mettre en évidence des éventuels antagonismes ou complémentarités entre les demandes de SE. En effet, l'existence de demandes antagonistes peuvent être source de déséquilibre dans le socio-écosystème et vont nécessiter la mise en œuvre de mesures de gestion comme la régulation des règles d'usage la préservation et la restauration des écosystèmes (Derolez, 2020). Le choix et la conception de ces mesures est lié à la réalisation d'arbitrages et de compromis entre ces demandes. Ainsi, l'étude des formes de demande et de leur évolution permet de comprendre la trajectoire des socio-écosystèmes à la lumière de l'apparition de demandes porteuses de changement, c'est-à-dire de demandes susceptibles d'entraîner un changement dans la trajectoire du socio-écosystème. Ces demandes porteuses de changement sont :

- Les demandes impactantes : les impacts sur le fonctionnement des écosystèmes peuvent entraîner le basculement de l'écosystème dans un état dans lequel le bouquet de service serait modifié ;
- Les demandes de conservation : ces demandes qui ont pour but la conservation de certaines dimensions de l'écosystème vont pousser pour l'adoption de mesures de gestion qui vont modifier le socio-écosystème.

Les demandes non-satisfaites : le caractère insatisfait d'une demande conduit les acteurs porteurs à faire pression sur le socio-écosystème pour que la situation évolue.

6.2.2 Méthode d'analyse

L'analyse des formes de demande s'effectue en trois étapes : (1) la compréhension de la problématique de massification des activités récréatives et touristiques ; (2) la caractérisation des services écosystémiques en jeu ; (3) l'analyse des formes de demande pour les SE.

a) Compréhension de la problématique de massification des activités récréatives et touristiques

La première étape s'intéresse à l'évolution des activités récréatives et des processus de gestion du milieu marin sur la période d'étude à partir de recherches bibliographiques (littérature grise et littérature scientifique), d'analyse de documents de gestion et d'une série d'entretiens auprès d'acteurs clef. Elle vise à comprendre comment le phénomène de massification des activités récréatives est perçu (lorsqu'il est effectivement perçu), quel est son origine et qu'est-ce que cela implique. On s'intéresse pour cela aux facteurs socio-économiques et démographiques à différentes échelles (nationale, régionale, locale). Parallèlement, on s'intéresse au développement des mesures

de conservation notamment à leur origine (usagers, État, association, etc.), les raisons qui expliquent leur apparition et leurs conséquences pour la gestion de l'écosystème et des usages.

b) Caractérisation des services écosystémiques en jeu

L'analyse en termes de bouquets de services est nécessaire à la compréhension des interactions des activités avec le milieu naturel. La seconde étape se propose de caractériser les SE mobilisés par ces activités et les liens entre les différents services en spécifiant les demandes d'utilisation des différentes catégories d'usagers. L'enjeu étant la compréhension de la massification des activités récréatives et son implication en termes de demandes pour les SE en s'intéressant particulièrement aux processus écologiques impliqués, on précisera les pressions¹⁷ exercées par les usages sur les services.

Pour l'étude des formes de demandes, certains services écosystémiques relevés lors de l'atelier TRIAGE ont été regroupés car leur distinction n'apportait pas d'éléments supplémentaires (Tableau 19 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** De manière générale, les pratiques récréatives reposent simultanément sur une dimension (i) environnementale liée aux services écosystémiques et (ii) sportive indépendante de la qualité des écosystèmes marins (Martin et al., 2015 ; Cf. Chapitre 3). L'analyse de la demande sociale nous conduit à identifier le bouquet de services demandé par les pratiquants des activités récréatives.

Excepté la pêche récréative, la majorité des activités de loisirs en mer sont non soustractives.

L'étude nous amène à définir une typologie des usagers définie selon les activités, puisque c'est à travers les différentes pratiques qu'on pourra définir le rapport à l'état des écosystèmes et donc la demande pour des SE.

Tableau 19). En effet, l'entrée institutionnelle des formes de demandes ne permet pas toujours un degré de précision sur la ressource en jeu (espèce de poisson, distinction entre abri et frayère, etc.). L'approvisionnement en poisson se faisant uniquement par la pêche (professionnelle et récréative), le service est défini comme les « biens alimentaires retirés de la pêche ». Les services de maintien et de support « nurserie, abri et frayère » sont regroupés dans le service de « maintien des zones de frayères et de nourriceries ».

Pour les besoins de l'analyse, d'autres services ont été ajoutés. Le service de régulation de la qualité de l'eau par le processus de dilution (service abiotique¹⁸) a été ajouté car il est mobilisé indirectement pour la baignade (besoin d'une bonne qualité des eaux de baignade) et par les rejets des bateaux (pollution par les hydrocarbures, rejet des eaux noires). L'étude étant centrée sur les demandes relatives aux usages récréatifs, des services associés au loisir ont été ajoutés.

¹⁷ Une pression ne correspond pas nécessairement à une demande impactante. Elle le deviendra si elle atteint un seuil au-delà duquel l'écosystème ne sera plus en mesure d'assurer le service.

¹⁸ Les services abiotiques sont des services qui sont rendus par l'environnement sans impliquer de processus biologiques, il s'agit de processus physiques qui ne dépendent pas de la qualité de l'écosystème. Les services abiotiques sont intégrés à l'analyse quand leur rôle est prépondérant pour l'analyse.

- Le service de support d'activités récréatives actives ou immersives : caractéristiques biophysiques des espèces ou des écosystèmes qui permettent un usage ou un plaisir qui requière un effort physique ou cognitif (CICES, 2018) ;
- Le service de support d'activités récréatives passives ou d'observation : caractéristiques biophysiques des espèces ou des écosystèmes qui sont observées, ou qui procurent un plaisir de manière passive en vertu des sons et des odeurs (CICES, 2018) ;
- L'étude se concentrant sur la massification des activités récréatives et touristiques il convient de nous intéresser à la dimension abiotique du rapport récréatif au milieu marin (le plan d'eau, la plage ensoleillée). Aussi nous incluons le service abiotique de support d'activité récréative qui inclue la dimension abiotique des interactions récréatives (actives et passives) avec l'environnement marin que nous intitulerons source de divertissement. Les deux premiers services intègrent une forme de connexion entre l'expérience récréative et l'écosystème (i.e l'expérience récréative sous-tend un certain état de l'écosystème) et la demande directe pour ces services est associée à des demandes indirectes pour d'autres services (paysages marins, biens alimentaires retirés de la pêche, etc.). Le dernier considère le milieu marin comme « un espace récréatif ». Des usagers peuvent avoir une demande directe pour ce service sans émettre aucune demande indirecte pour d'autres SE (p.ex. : le cas des bateaux « boîte de nuit » où les visiteurs viennent échanger un moment convivial et festif, attirés par la réputation des Calanques plus que par ses ressources marines).
- par la réputation des Calanques plus que par ses ressources marines).

Tableau 17 - Services retenus pour l'évaluation

Biotique / abiotique	Catégorie de service	Services écosystémiques	Code
Biotiques	Approvisionnement (APPR)	Biens alimentaires retirés de la pêche	A1
		Réseau trophique	M1
	Maintien et régulation (REG)	Maintien des zones de frayères et nourriceries	M2
		Protection côtière	R1
		Supports d'activités récréatives immersives	C1
	Culturels (CULT)	Supports d'activités récréatives d'observation	C2
		Recherche	C3
		Éducation	C4
		Paysages sous-marins	C5
		Paysages marins (<i>service mixte biotique/abiotique</i>)	C6
Résonnance en termes de culture et d'héritage (<i>service mixte biotique/abiotique</i>)		C7	
Abiotiques	Régulation (REGAB)	Dilution des rejets par l'eau de mer	RA1
	Culturel (CULTAB)	Source de divertissement	CA1

c) Analyse des formes de demandes

Enfin, l'ensemble des formes de demandes (d'utilisation et de conservation) sont spécifiées selon la typologie des formes de demandes en mobilisant le cadre d'analyse des formes de demandes du GT-Mer de l'EFESE (Mongruel et al., 2019). Il s'agit de caractériser les formes de demandes et leurs évolutions pour a posteriori identifier leur contribution possible au basculement du socio-écosystème d'un état à un autre. Pour chaque service, on précise qui sont les acteurs de la demande, si la demande pour le service est directe ou indirecte, si elle relève de la conservation ou d'une utilisation qui peut être soustractive ou impactante. La dimension dynamique de l'analyse repose sur l'analyse de leur caractère latent, émergent ou installé. Les attributs « satisfaite ou non satisfaite » sont également renseignés.

L'évaluation est conduite en trois temps. D'abord on présente les évolutions générales des demandes et leur installation qui traduit l'évolution du rapport de la société aux SE sur la période d'étude. Ensuite on porte une attention particulière aux formes de demandes les plus évolutives et porteuses de changement dans l'état de l'écosystème ou des dispositifs de gestion : les demandes impactantes, de conservation, et non satisfaites. Elles sont examinées de façon à mettre en lumière de possibles déterminants sociaux dans l'évolution du socio-écosystème de la Baie de Marseille. Enfin, la dernière partie se concentre sur l'analyse des demandes actuellement latentes et émergentes en vue de fournir des éléments prospectifs. Il s'agit de comprendre l'origine de ces nouvelles formes demandes et leur implication avec les demandes pour des SE déjà installées. Il s'agit d'analyser quelles demandes ont été favorisées par les choix de gestion en fonction du contexte environnemental et social et en quoi ces compromis de gestion ont influencé l'état de la baie et le niveau des activités qui s'y déroulent.

6.2.3 Matériaux mobilisés

Pour identifier les services écosystémiques clefs de la Baie de Marseille, plusieurs sources de données ont été utilisées. L'analyse repose sur un important travail d'analyse bibliographique afin de comprendre les enjeux des activités récréatives et des mesures de conservation. Des entretiens avec des acteurs clef ont également été réalisés afin d'enrichir la discussion.

a) Analyse bibliographique

Le cadre d'analyse des formes de demande repose sur une analyse institutionnelle, aussi l'évaluation des demande s'appuie sur de la documentation qui permet d'asseoir l'existence d'une demande, dans cette optique plusieurs types de documents ont été utilisés (documents de gestion, littérature scientifique et littérature grise). De plus, la compréhension des demandes locales nécessite de s'intéresser à l'évolution des formes demandes à l'échelle locale et à une échelle plus large (nationale, interrégionale) (Figure 32). À chaque lecture, s ont été renseignés dans un tableau : (i) l'objectif du document de gestion ou de l'étude, (ii) l'échelle d'application ou d'étude, (iii) les usagers concernés, (iv) les pressions sur l'écosystème, (v) l'état écologique, (vi) les services écosystémiques mentionnés, (vii) les formes de demandes et (viii) des données quantitatives.

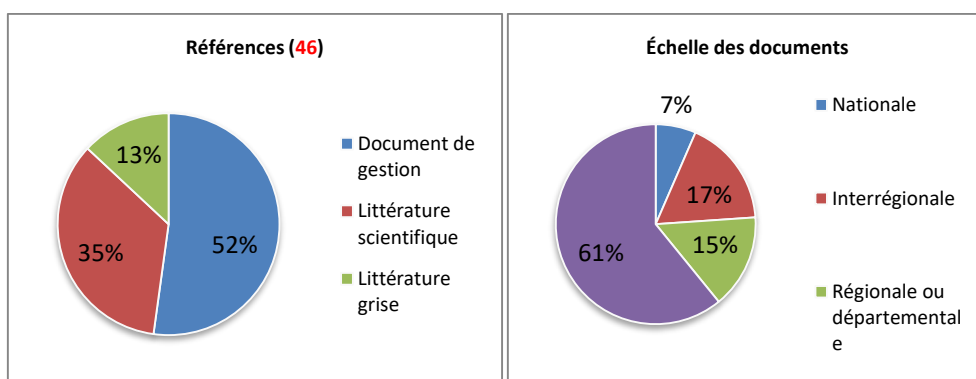


Figure 32 - Représentation des documents utilisés par type (à gauche) et par échelle (à droite)

- Documents de gestion

Les documents de gestion constituent une ressource importante puisqu'ils formalisent certaines demandes. Ils représentent 52% des documents étudiés et intègrent principalement des plans de gestion, des DOCOBs, des chartes, des stratégies, des plans d'actions ou schéma en lien avec l'organisation et/ou la conservation du milieu marin.

À l'échelle locale, on retrouve les DOCOBs des ZSC « Côte Bleue Marine » et « Calanques, Iles Marseillaises, Cap Canaille et Massif du Grand Caunet »¹⁹ qui intègrent un état des lieux de l'état écologique et des usages. Ils sont utiles pour identifier les différentes pratiques et les pressions qu'elles exercent sur les habitats. Beaucoup de services écosystémiques sont recensés dans ces documents (biens retirés de la pêche, patrimoine historique et biologique, paysages, maintien des zones de frayères et de nourriceries, qualité de l'eau, éducation, recherche, etc.). Les chartes N2000 associées fournissent une liste d'engagements volontaires et de recommandations correspondant aux pratiques de gestion et aux comportements favorables à la conservation des habitats et des espèces du site N2000 pour les différentes activités. Le plan de gestion du PMCB et la charte N200 recensent sensiblement les mêmes types d'information : ils formalisent des demandes de conservation tout en émettant des recommandations en termes de gestion des usages.

On retrouve également le Contrat de Baie (2015) de la Métropole dont l'objectif est la prévention et réduction des sources de pollution, la préservation et restauration de la biodiversité, la sensibilisation et l'éducation et son Livret Bleu (2018) qui a vocation à améliorer l'activité humaine littorale dans ce qui est usage, développement économique et tourisme. Ils fournissent des éléments sur l'état écologique (p.ex. : qualité des eaux de baignade insuffisante), traduisent des formes de demandes de conservation pour des SE (p.ex. : régulation de la qualité de l'eau) et des objectifs à atteindre. Ils renseignent également sur les volontés de développement des activités récréatives, qui dans ce cas correspondent soit à des demandes indirectes d'utilisation de certains services en tant qu'acteurs du tourisme (p.ex. : valorisation du patrimoine archéologique), soit à des facteurs socio-économiques déterminants (p.ex. : développement touristique comme objectif prioritaire pour la métropole qui peut être un facteur explicatif à la massification des activités récréatives et du tourisme).

À l'échelle nationale, on retrouve la Stratégie Nationale pour la Mer et le Littoral (2017) pour la Croissance Bleue qui vise la valorisation des ressources naturelles, le développement du tourisme côtier et maritime par le patrimoine côtier et marin, naturel et culturel, les loisirs nautiques, les établissements de plage, la croisière, les établissements d'activités physiques et sportives et les activités de loisirs en général. Les stratégies nationales peuvent être à l'origine de l'apparition locale de demandes (qui sont en fait des déclinaisons de stratégie nationales). Par exemple, bien que Natura 2000 soit géré localement, il répond à une demande communautaire de conservation (cas d'une demande directe), mais on va chercher à étudier l'apparition locale de cette demande et son articulation avec les autres formes de demandes. De même, le Plan d'Action pour le Milieu Marin (PAMM)(2016-2020) et les stratégies qui en découlent (gestion des mouillages, des sites de plongée et restauration écologiques) ou encore le Cadre d'intervention Mer et Littoral (2017) sont des documents importants à la compréhension de l'évolution dans les pratiques et la conservation en Baie de Marseille.

- La littérature scientifique propre à Marseille ou la Méditerranée

¹⁹ Ce DOCOB fait référence à l'ancien périmètre qui intégrait une bande marine de 500m identique au site classé. La partie correspondant à l'extension marine n'a pas encore été intégrée

La littérature scientifique sur Marseille et la Méditerranée représente 35%²⁰ de la documentation. Elle comporte des articles sur certains usages en Baie de Marseille (pêche récréative, plongée, pêche professionnelle) fournissant des éléments nécessaires à la compréhension des usages et leur interaction avec l'environnement. Dans le cadre de cette étude, il n'était pas possible d'aller interroger tous les usagers sur leurs pratiques et leurs perceptions, il a donc fallu mobiliser des enquêtes déjà réalisées dans le cadre de programmes scientifiques. Les données qui en sont issues permettent notamment de caractériser les SE mobilisés par les activités, de comprendre l'évolution de certaines activités, de recueillir les perceptions des usagers.

- La littérature grise

La littérature grise représente 13% de la littérature mobilisée. Il s'agit surtout d'études qui permettent de dresser un état des lieux des usages (p.ex. : le nautisme en PACA), de la gestion (p.ex. : état des lieux en matière de gestion des banquettes de Posidonies) et de l'état écologique à un moment donné. Elles fournissent généralement des données chiffrées (données de fréquentation, sur l'état d'une filière).

b) Entretiens

La littérature et les documents de gestion ne suffisent pas à eux seuls à caractériser la demande car il est parfois difficile d'en extraire les motivations et les perceptions des différents acteurs. Certaines mesures de gestion ne se traduisent pas par une demande explicite en faveur d'un service et les motivations sous-jacentes peuvent être difficiles à percevoir à la simple analyse de documents.

Douze entretiens semi-directifs d'une durée moyenne d'1h30 (et un échange complet par mail) ont été réalisés de juillet 2020 à novembre 2020²¹ avec des gestionnaires du milieu marin et des groupes d'usagers (Tableau 18). Le dialogue était amorcé par la question de la perception de la massification des activités récréatives mais les questions variaient ensuite selon les interlocuteurs. Il s'agissait de s'informer sur l'évolution des différentes activités, des variations de pratiques observées dans les activités, de leurs impacts possibles sur le milieu, des services mobilisés, des variations géographiques, de la réglementation, etc. Les questions étant ouvertes, on s'intéressait au discours de l'interlocuteur, à ce que ces questions lui évoquaient, aux éléments nouveaux qu'il pouvait apporter à la compréhension de l'évolution de la baie.

Pour les mesures de conservation, les questions visaient à comprendre les origines, les objectifs, les enjeux et les implications en termes de gestion (du milieu et des usages). Enfin, la question des changements induits par l'arrivée de Natura 2000 en mer était posée. Pour les gestionnaires de parcs, il y avait un enjeu de compréhension des usages et des mesures de conservation sur leur périmètre d'action, ce que cela impliquait sur la gestion, leur perception sur l'évolution des activités récréatives (quels facteurs peuvent l'expliquer), l'existence de conflit d'usage (sur la ressource ou la

²⁰ Des articles scientifiques supplémentaires ont été étudiés comme éléments de comparaison ou source d'information sur des processus écologique hors périmètre Marseille/Méditerranée mais ils ne sont pas intégrés ici

²¹ Initialement il était prévu de réaliser les entretiens en face à face à Marseille. Suite aux difficultés liées au contexte sanitaire (Covid-19), la majorité des échanges s'est faite par téléphone.

fréquentation). Certaines questions s’inspiraient de ce qui se fait ailleurs pour comprendre également pourquoi des activités ne se développent pas, et si elles sont amenées à se développer dans le futur (p.ex. : pécaturisme, aquaculture).

Il s’agissait également d’obtenir de nouvelles pistes de réflexion, des contacts supplémentaires et des documents. Toutes les données récoltées au cours de ces entretiens ont été traités de manière qualitative et ajoutées à l’analyse de la littérature et des documents de gestion.

Tableau 18 - Liste des entretiens réalisés

Structure	Poste
Ma région sud	Chargée de projets Politiques maritimes euro-méditerranéennes et Gestion des territoires côtiers
	Chargé Ports et Nautisme
	Direction Service Mer et Littoral
DREAL PACA	Chargée de mission milieux marins et littoraux
Métropole Marseille Aix Provence	Chef Service Mer
Ville de Marseille	Chargée de mission Milieux Naturels
PNC	Chargé Mission Activités nautiques
	Coordnatrice Plan d'adaptation au changement climatique
PMCB	Suivi scientifique
CRPMEM/GALPA	Animatrice GALPA des îles aux Calanques
UPACA	Déléguée Générale
Septentrion Environnement	Chargée mission POLARIS - sciences participatives - animatrice de terrain
Office du Tourisme Marseille	Service accueil et service digital

6.3 Résultats

6.3.1 Gestion du DPM

Le paysage institutionnel du littoral marseillais est complexe et la compréhension du système actuel nécessite de s’intéresser aux différents événements apparus pouvant expliquer le développement survenu.

a) Développement des activités récréatives et du tourisme

Le développement des activités récréatives en mer sur le littoral marseillais a été le fruit d’une volonté locale. Entre 1994 et 1996, la Jeune Chambre Economique a initié un projet de tourisme subaquatique et de promotion de l’activité de plongée. C’est à cette époque qu’est créée l’Association Plongée Marseille dont l’objectif est de fédérer des professionnels et de promouvoir l’activité. Elle sera à

l'origine de la mise en place d'une charte « Plongez Marseille » signée par les professionnels, des hôtels proposant l'accueil des plongeurs et des magasins de plongée mais les professionnels de l'activité n'étaient culturellement pas prêts (Tribillac, 2006).

En 1999, dans le cadre du Plan Marseille Economie un projet de développement du tourisme subaquatique à Marseille voit le jour. Il définit le tourisme subaquatique comme l'une des priorités du développement touristique de Marseille, l'objectif étant de faire de Marseille la capitale de la plongée (Tribillac, 2006 ; Mabile, 2002). Ce projet n'a pas eu le rayonnement escompté mais aura permis d'initier un projet de mise en place d'ancrage sous-marin dont l'objectif est de préserver les fonds marins en limitant l'ancrage répété des bateaux. Tout comme celui de reconversion du porte-avion Clemenceau en récif artificiel et protégé pour la faune et la flore sous-marine au large de Marseille, ce projet n'aura pas lieu (Tribillac, 2006).

En 2001, la création de la LGV Méditerranée va permettre de relier Paris à Marseille en seulement 3h30 et favoriser l'ouverture au tourisme. Le Plan de Gestion de la Rade de Marseille (PGRM) initié en 2006 va être à l'origine de plusieurs initiatives (Contrat de Baie et Livret Bleu, opération récif Prado). Il remet en cause les politiques antérieures du tout aménagement/tout conservation en proposant une vision plus contractuelle et concertée (chartes négociées et révisables) dans un objectif de valorisation raisonnée des systèmes et ressources côtiers (Ville de Marseille, 2006). Du PGRM a découlé la définition d'une politique municipale de la mer et du littoral comprenant plusieurs plans :

- le Plan Plages et Littoral (2010-2020) : le dispositif plages de l'époque ayant atteint ses limites, victime de son succès, il y a une nécessité de se préparer aux afflux de fréquentation touristique que vont générer la création du PNC et l'évènement « Marseille Provence 2013 ²²». Ce plan prévoit notamment d'améliorer la qualité des eaux de baignade, de favoriser l'accès à la mer, d'accroître et de diversifier l'offre balnéaire (extension de plages) et d'assurer la défense contre la mer (Ville de Marseille, 2010) ;
- le Plan Nautisme et Plongée (2011) : Marseille Provence Métropole, en tant que premier pôle de plaisance français, affiche son ambition de faire de la Ville de Marseille une métropole emblématique du nautisme en Europe et dans le monde en conciliant le développement du nautisme et la préservation des sites naturels remarquables.

Ces plans préparent également « Marseille Capitale Européenne de la culture 2013 » en proposant une offre attractive de loisirs naturels, balnéaires et sportifs en complément des évènements culturels mis en place cette année-là à ses visiteurs et à sa population.

En 2015, le Contrat de Baie est initié par la Métropole. Il a pour objectif la prévention et la réduction des sources de pollution, la préservation et la restauration de la biodiversité, la sensibilisation et l'éducation. Il constitue le volet conservation (biodiversité et qualité de l'eau). Le Livret Bleu (2018) s'inscrit dans la continuité et a vocation à améliorer l'activité humaine littorale dans ce qui est usage, développement économique et tourisme avec 100 actions définies. Initialement, Marseille est une ville extrêmement littorale qui a pourtant longtemps tourné le dos à la mer. Aujourd'hui il y a une réelle

²² En 2013, le territoire Marseille-Provence a été soumis à une forte exposition médiatique avec une série d'évènements culturels à l'occasion du titre de Capitale européenne de la culture.

volonté de développement économique littoral du tourisme, de redonner de l'importance et de la dynamique économique à la mer. Il y a également une forte volonté d'améliorer les usages (modernisation et amélioration des ports, nouveau plan de mouillage) (E. Dalle, comm. pers.).

Le cadre d'intervention Mer et Littoral (2017) de la Région associe sa volonté de développement du nautisme à l'échelle régionale à travers la charte des ports, le dispositif « Ports propre²³» (environnement, dépollution) et le renforcement de la culture maritime du littoral (valorisation du patrimoine naturel et culturel). Le Plan Mer et littoral (2019) de la Région confirme sa stratégie touristique tournée vers la mer, avec l'objectif d'en faire la première destination de croisière avec une intégration de la préservation du milieu marin et de la sensibilisation.

Par ailleurs, il y a un désir de valorisation de la richesse patrimoniale subaquatique, en valorisant sur le terrestre la diffusion d'informations sur le milieu marin (G. Giorgetti et A. Ulrich, comm. pers.). Le projet INTERREG NEPTUNE ²⁴ en région PACA ambitionne d'ici à 2022 le déploiement d'un réseau de sites de découverte subaquatique sur le territoire (dont le Centre d'interprétation archéologique de la Grotte Cosquer²⁵ à Marseille) en s'appuyant sur des contenus audiovisuels originaux et des dispositifs innovants d'accessibilité virtuelle au milieu sous-marin. Avec la possibilité de prolonger la découverte sur des sites de randonnée palmée et de plongée avec scaphandre à proximité immédiate. Dans le cadre de Marseille Provence Capitale Européenne du Sport 2017, le Musée Subaquatique de Marseille (MSM) devait être le tout premier musée totalement immergé en Méditerranée et sera constitué à terme d'une dizaine de statues en ciment marin au PH neutre, formant ainsi selon ses créateurs "un récif artificiel artistique et sportif hors du commun".

Dans le cadre de la mise en œuvre de la DCSMM et de la définition du PAMM en Méditerranée, le programme de mesures, volet opérationnel du PAMM, a été validé en 2016. Deux stratégies ont été intégrées :

- La stratégie de gestion durable des sites de plongée dont l'objectif est d'améliorer les pratiques respectueuses de l'environnement des secteurs de la plongée subaquatique ; et
- La stratégie de gestion des mouillages qui vise à maîtriser la pression des mouillages sur le milieu marin, organiser les usages sur le plan d'eau à l'échelle globale, optimiser l'instruction administrative des projets de mouillage par les services.

²³ Ports Propres est une certification européenne d'excellence environnementale en matière de gestion des portes de plaisance créée en 2011

²⁴ NEPTUNE est un projet cofinancé par le Programme de coopération transfrontalière Italie-France Maritime 2014-2020. Il vise à promouvoir le développement durable des activités de plongée de loisir et professionnelles, en garantissant et en développant la protection des environnement marin et côtiers de grande valeur naturelle et culturelle

²⁵ Nouveau site culturel et touristique « Cosquer » de la réplique de la grotte Cosquer

b) Développement d'espaces protégés

Le développement touristique de Marseille s'est fait dans un contexte de développement des status de conservation. En 1999, des travaux préparatoires à la création du Parc National des Calanques ont été engagés par la création du GIP Calanques.

Dans le même temps, l'association « Parc Régional Marin de la Côte Bleue » a évolué vers le statut d'établissement public avec la création du Syndicat Mixte de la Côte Bleue le 10 juillet 2000 ce qui lui a permis de regrouper officiellement les collectivités concernées²⁶ tout en continuant d'associer les organisations professionnelles de la pêche (PMCB, 2008).

La création du Parc Naturel National des Calanques est initiée en 2007, il sera le premier parc de seconde génération. Initialement terrestre, la réflexion de l'État pour l'extension de Natura 2000 en mer a été initiée en 2007. L'émergence de Natura 2000 en mer se fait en 2008, avec la proposition de Site d'Intérêt Communautaire (pSIC) FR9301999 – Côte Bleue Marine (100% marin) sur le périmètre du PMCB. La même année, celui-ci engage un plan de gestion. Les premières propositions de Sites d'Intérêt Communautaire (SIC) pour le milieu marin en Baie de Marseille datent de 2008. En 2003, un premier site avait été proposé sur la Côte Bleue « Côte Bleue – chaîne de l'Estaque » (FR9301601). Majoritairement terrestre, il incluait pour seule partie marine les deux zones marines protégées du Cap-Couronne et de Carry-le-Rouet. C'est la réflexion portée par les services de l'État en 2007 pour l'extension en mer du réseau Natura 2000 qui a conduit à la désignation du nouveau site Natura 2000 « Côte Bleue Marine » exclusivement marin incluant l'intégralité du PMCB (PMCB, 2014). Il en a été de même pour le site du PNC, donc la pSIC s'est faite en 2003, et l'extension marine en 2008 (DOCOB Calanques tome 2).

En 2008, l'opération récifs Prado portée par la Ville de Marseille vise à immerger (nombre récifs) dans l'objectif de soutenir la pêche artisanale côtière avec pour objectif de soutenir la pêche artisanale professionnelle côtière (recrutement et installation d'espèces d'intérêt commercial).

En 2012, le PN des Calanques est créé et le PMCB est labellisé ASPIM, ce qui en fait une AMP au titre de la loi de 2006. Ce dernier rédige son DOCOB et élabore une charte des activités en 2013. Il sera classé sur la liste verte IUCN en 2018.

²⁶ Région PACA, Département des Bouches du Rhône, communes de Martigues, Sausset-les-Pins, Carry-le-Rouet, Ensues-la-Redonne, le Rove

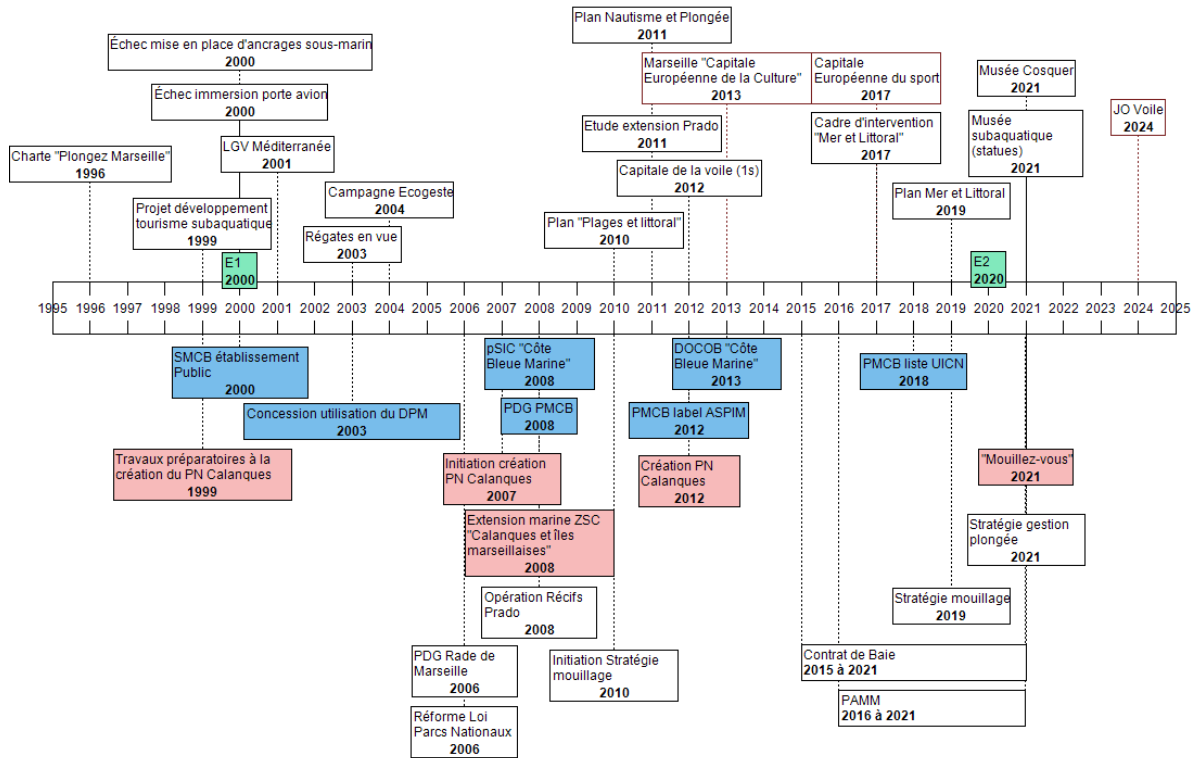


Figure 33 - Frise chronologique relatant les principaux évènements en lien avec le développement des activités récréatives et institutionnalisation de la conservation du milieu marin
(en bleu : PMCB, en rose : PNC, en vert : état initial E1 (2000) et état actuel E2 (2020))

6.3.2 Spécification des demandes d'utilisation et des pressions

a) Bouquet de service demandé par les activités récréatives

De manière générale, les pratiques récréatives reposent simultanément sur une dimension (i) environnementale liée aux services écosystémiques et (ii) sportive indépendante de la qualité des écosystèmes marins (Martin et al., 2015 ; Cf. Chapitre 3). L'analyse de la demande sociale nous conduit à identifier le bouquet de services demandé par les pratiquants des activités récréatives.

Excepté la pêche récréative, la majorité des activités de loisirs en mer sont non soustractives.

L'étude nous amène à définir une typologie des usagers définie selon les activités, puisque c'est à travers les différentes pratiques qu'on pourra définir le rapport à l'état des écosystèmes et donc la demande pour des SE.

Tableau 19 - Demandes d'utilisation associées aux activités récréatives (DIS : demande indirecte soustractive, DDNS : demande directe non soustractive, DINS : demande indirecte non soustractive, DDS : demande directe soustractive, DDNS : demande directe non soustractive)

Services écosystémiques		Activités récréatives							
		Pêche récréative	Chasse sous-marine	Plongée	Plaisance	Sports nautiques	Batellerie	Balnéaire	Observation cétacés
APPR	Biens alimentaires retirés de la pêche	DIS	DIS						

REG	Maintien du réseau trophique	DIS	DIS	DINS					DINS
	Maintien des frayères et zones de nurserie	DINS	DINS	DINS	DINS	DINS	DINS	DINS	
	Protection côtière								DINS
CULT	Support d'activités récréatives immersives	DDS	DDS	DDNS	DDNS	DDNS	DDNS	DDNS	
	Support d'activités récréatives d'observation								DDNS
	Recherche				DINS				
	Education				DINS				
	Paysages sous-marins			DDNS	DDNS				
	Paysages marins	DINS				DINS	DINS	DINS	DINS
	Culture et héritage	DINS	DINS	DINS					
REGAB	Dilution des rejets par l'eau de mer	DIS		DIS	DIS		DIS	DINS	DIS
CULTAB	Source de divertissement			DINS /DDNS	DINS /DDNS	DINS /DDNS	DINS /DDNS		

Toutes les activités récréatives sont porteuses d'une demande directe d'utilisation soit du service de support d'activités récréatives immersives, soit de support d'activités récréatives d'observation. L'expérience récréative va aussi dépendre de la capacité de l'écosystème à fournir d'autres services, traduisant des demandes indirectes d'utilisation de ces services par les usagers récréatifs. Certains usagers sont porteurs d'une demande d'utilisation directe non soustractive pour le service source de divertissement. Lorsque la demande pour ce service est directe, elle n'est associée à aucune demande indirecte puisque le bénéfice recherché est uniquement récréatif et indépendant du bon fonctionnement de l'écosystème, et donc des services écosystémiques biotiques. Le Tableau 19 résume les demandes d'utilisation des services par les usagers récréatifs selon leur activité. Cette façon d'aborder les liens entre demandes directes et indirectes nous conduira à une forte représentation des demandes indirectes dans l'analyse.

L'activité de pêche récréative exprime une demande directe d'utilisation soustractive du service de support d'activités récréatives immersives puisqu'elle soustrait du service de biens alimentaires retirés de la pêche à l'écosystème. Une étude menée sur la Côte Bleue d'avril à juillet 2007 (Vo Van, 2007) a révélé que pour la pêche récréative du bord le lieu de pêche est choisi en premier lieu pour la beauté du site par 25% des enquêtés, l'abondance des poissons par 23%, la proximité du site par 22% et 21% les conditions météo. Pour la pêche de loisir embarquée : le choix se fait pour la proximité du site (25%), la beauté du site (13%), l'abondance des poissons (12%), puis, viennent en dernier, la proximité d'une réserve et la fréquentation du site (1%). La beauté du site est donc un facteur mis en avant par les pratiquants, ce qui traduit une demande indirecte pour le service culturel de paysages marins. Cette demande est non soustractive (par définition une demande soustractive soustrait un flux ou de la capacité d'absorption de l'écosystème). Par ailleurs, l'abondance en poisson dépend de la capacité de l'écosystème à fournir le service de biens alimentaires retirés de la pêche, il y a donc une demande indirecte soustractive pour ce service (soustraction d'une ressource). Ce service dépend du bon fonctionnement des services de maintien du réseau trophique et des zones de frayères et de nurseries. Il y a donc une demande indirecte non soustractive pour le premier, soustractive pour le second. Il y a également une demande indirecte soustractive pour le service de dilution des rejets en mer puisque les émissions des bateaux soustraient de la capacité du milieu à réguler les rejets en mer.

Pour la chasse sous-marine, on retrouve les mêmes demandes, à la différence des expériences esthétiques qui révèlent une demande indirecte non soustractive sur les paysages sous-marins (et non marins comme pour la pêche). L'étude de Vo Van (2007) révélait que pour la chasse : pour le choix du site : 12% répondent la beauté du site, 35% l'abondance des poissons, 20% la proximité du site et 26% les conditions météo.

L'activité de plongée subaquatique est porteuse de demandes indirectes d'utilisation pour un large bouquet de services (i.e. l'activité est dépendant de beaucoup de services). Comme pour les activités de pêche récréative et de chasse sous-marine, elle émet une demande d'utilisation indirecte du service du maintien trophique, puisque son bon fonctionnement est nécessaire à la présence d'espèces emblématiques. Pour la plongée, cette demande est non soustractive puisqu'il n'y a pas de prélèvement. Elle a également une demande pour le maintien des zones de frayère et de nourricerie dont dépend le service culturel d'observation de paysages sous-marins. Comme toutes les activités motorisées, il y a une demande indirecte soustractive pour le service de dilution de rejets en mer. Une particularité de la plongée est la demande pour les services de recherche, via les sciences participatives, et d'éducation à l'environnement.

Les activités de plaisance, sports nautiques et batellerie ont sensiblement les mêmes demandes : elles dépendent de la fourniture du service de paysages marins. Une demande indirecte pour le service de maintien des zones de frayères et de nourriceries est ajoutée, puisque les habitats fournissant ce service sont à l'origine des variations de couleurs de l'eau, caractéristiques des eaux méditerranéennes. Les engins motorisés ont en plus une demande indirecte soustractive pour le service de dilution des rejets en mer.

L'activité balnéaire est dépendante d'une bonne qualité de l'eau, il y a donc une demande indirecte non soustractive pour les services associés (régulation de la qualité de l'eau par les écosystèmes, dilution des rejets en mer). Les baigneurs en Baie de Marseille viennent également pour les paysages marins (Calanques, etc..) et mobilisent donc les services de paysages marins (et donc d'habitats marins intervenant dans la couleur de l'eau). De plus, ils sont dépendent du bon fonctionnement du service de protection côtière pour le maintien des plages, puisque certains écosystèmes (dont l'herbier de posidonie) en freinant les effets du courant marin et de la houle, participent à la limitation de l'érosion (stabilisation des fonds et trait de côte) et protègent contre les événements extrêmes.

Enfin, l'observation de cétacés est l'unique activité à l'origine d'une demande directe non soustractive pour le service de support d'activité récréative d'observation par les touristes. Elle n'est pas formalisée en Baie de Marseille puisqu'il n'existe pas de structure commerciale proposant ce service (H. Hoblinsky, comm. pers.). Une telle activité dépendrait de la présence d'un nombre suffisant de cétacés et donc d'un bon fonctionnement du réseau trophique ce qui traduit une demande indirecte non soustractive pour le service de maintien du réseau trophique. L'observation de cétacés se faisant généralement sur des bateaux motorisés, il y a également une demande indirecte non soustractive pour la dilution de rejets en mer.

En résumé, les activités de loisirs tirent des bénéfices de l'écosystème en tant que support d'activités récréatives (demandes directes) mais utilisent une diversité d'autres services (demandes indirectes). Certains services participent à rendre l'activité récréative appréciable, attractive (p.ex. : présence d'espèces emblématiques pour la plongée) et si l'écosystème n'est plus en mesure de fournir ce service, une demande de conservation peut émaner de la part des usagers (p.ex. : plongeurs qui

demandent l’immersion de récifs artificiels dans l’objectif de restaurer le service de « paysages sous-marins »).

b) Pressions

Les activités récréatives, et les demandes d’utilisation pour des bouquets de service ne sont pas sans conséquences sur le milieu marin. Elles exercent des pressions sur des services qui peuvent altérer le bon fonctionnement de l’écosystème.

Les principales interactions entre les usages récréatifs et les **services biotiques** sont représentées sur la (Figure 34). On y retrouve les demandes indirectes (flèches discontinues noires) et les pressions (en rouge). Les flèches bleues montrent les relations entre services écosystémiques.

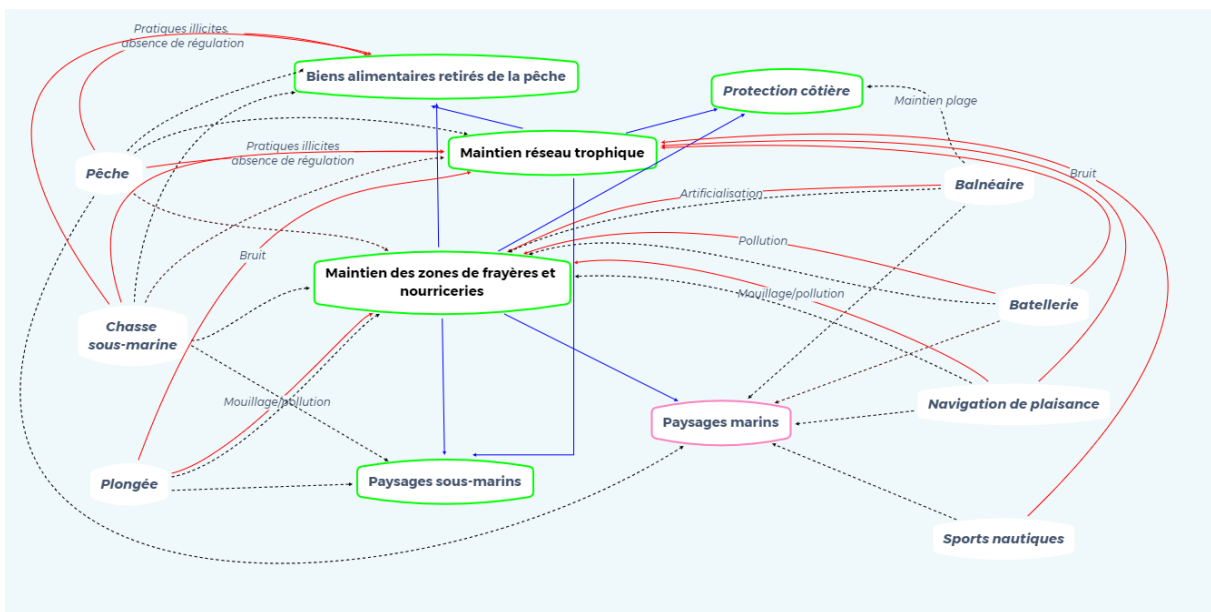


Figure 34 - Principales connexions entre les usages récréatifs et SE marins.

Bulles vertes : services biotiques, bleue : service abiotique, rose : mixte. Flèches bleues : liens entre services, rouges : pression d’une activité sur un service, noires discontinues : services indirectement mobilisé par l’activité

Le service de maintien du réseau trophique supporte de manière générale l’ensemble des SE. On peut néanmoins l’associer de manière directe à la production de biens alimentaires pour l’Homme et à la protection côtière (via le développement de macrophytes) (Mongruel et al., 2019). Le service culturel de fourniture de paysages sous-marins intègre la présence d’espèces emblématiques et dépend aussi du service de maintien du réseau trophique.

Les habitats les plus emblématiques de la baie sont le coralligène et les herbiers de Posidonie. Ces derniers fournissent une multitude de services : nourricerie, abri, reproduction, protection côtière, régulation du climat (Bourdouresque et al., 2012 ; Thierry de Ville d’Avray et al., 2019) et participent à la beauté des fonds marins. L’herbier de Posidonie améliore également la transparence des eaux par le piégeage des particules en suspension.

Les pressions exercées sur ces services de supports vont directement influencer la fourniture des services qu’ils supportent. Les mouillages répétés des bateaux de plongée sur les mêmes sites peuvent engendrer une dégradation des habitats qui dépend de la fréquentation, du type d’habitat et du type de navire. Le niveau des plongeurs (et leur sensibilisation aux enjeux) peut aussi jouer sur l’impact de

la pratique comme pour les impacts du palmage (PMCB, 2013). Le contact avec le substrat, la faune et la flore ainsi que le dérangement des espèces représentent également un impact potentiel. Cependant, il est généralement difficile de dissocier ces impacts des autres activités (autres usages, pollution, changements globaux, etc.) (Ize et al., 2019) La plaisance peut être source d'impact, notamment sur les herbiers, lors de l'ancrage. Ce n'est pas tant le nombre de bateau qui fait l'ampleur des impacts, mais la connaissance des usagers du milieu, de la réglementation, de la taille du bateau, etc... D'où l'importance de ne pas s'appuyer uniquement sur des données de fréquentation. *La grande plaisance est peu présente en Baie de Marseille (mais il existe des mesures préventives).*

L'étude se faisant à partir des activités récréatives et du tourisme, les services culturels sont les plus représentés. Pour certaines catégories, il est difficile d'identifier ce qui relève du biotique ou de l'abiotique. C'est le cas des expériences esthétiques (cf. plus haut) qui sont donc séparées entre expériences esthétiques du fond (paysages sous-marins) et expériences esthétiques de surface (paysages marins).

6.3.3 Analyse des formes de demandes

Les formes de demandes sont analysées dans un premier temps à travers leur évolution générale sur la période d'étude. Une analyse approfondie des demandes porteuses de changement (demandes impactantes, de conservation et non satisfaites) est ensuite menée.

a) Évolutions générales

Entre 2000 (E1) et 2020 (E2), le nombre total de demandes **a augmenté**, passant de 76 demandes à 86 demandes. Les nouvelles demandes sont des demandes d'utilisation non soustractives ou des demandes de conservation (Figure 35 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Les nouvelles demandes concernent des services culturels et de maintien/régulation (Figure 36). Il n'y a aucune nouvelle demande d'utilisation soustractive ni aucune nouvelle demande en service d'approvisionnement.

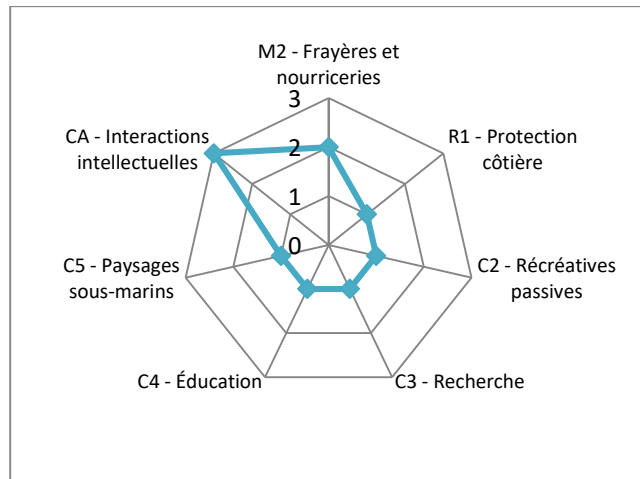
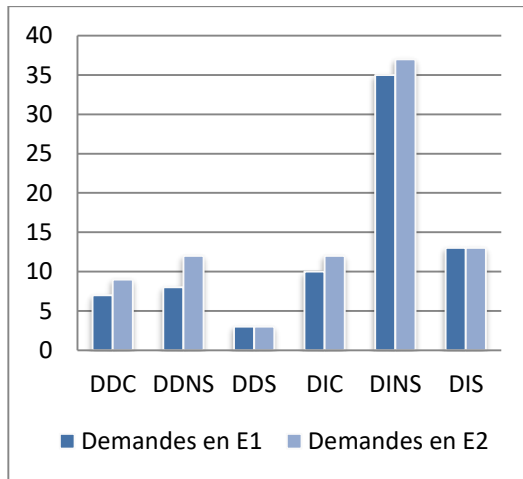


Figure 35 - Nombre de demandes en E1 et E2 selon leur type **Figure 36 - Services ciblés par les nouvelles demandes**

(DDC : directe de conservation, DDNS : directe non soustractive, DDS : directe soustractive, DIC : indirecte de conservation, DINS : indirecte non soustractive, DIS : indirecte soustractive)

Parmi les nouvelles demandes apparaît une demande directe d'utilisation non soustractive pour le service de support d'activités récréatives d'observation qui correspond à la demande des touristes pour l'observation de cétacés (Figure 36 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Celle-ci demeure l'attente et non satisfaite puisqu'aucune structure ne propose spécifiquement ce service en baie de Marseille (H. Koblinsky, comm. pers.) bien qu'il soit possible de croiser « par hasard » des cétacés lors d'une promenade en bateau (P. Vouriot, comm. pers.).

Une demande émerge également des plongeurs pour le service de « recherche ». L'accès aux récifs du Prado a récemment été ouvert aux plongeurs dans le cadre des sciences participatives. C'est un échange de bon procédé qui permet aux plongeurs d'accéder aux récifs qui sont normalement interdits à la plongée, tout en apportant des connaissances et un suivi aux gestionnaires (J. Guery, comm. pers.). Les plongeurs émettent également une demande pour le service d'éducation avec une intégration du volet éducation à l'environnement dans les missions de certains clubs²⁷. Ces demandes sont indirectes, puisque la recherche et l'éducation n'est pas une fin en soi dans la pratique de leur activité mais un facteur mobilisé améliorer l'expérience récréative.

Le service culturel de source de divertissement est concerné par 3 nouvelles demandes:

- La demande de certains bateliers via les bateaux « boîte de nuit » ;
- La demande de certains plaisanciers pour une plaisance sonore et festive ;
- La demande des plongeurs pour une plongée basée sur des éléments non vivants de l'écosystème (p.ex. : statues immergées, interaction à terre avec un plongeur immergé) ;

²⁷ L'association longitude 181 évalue l'éco-responsabilité des centres de plongée selon les critères suivants : la connaissance du milieu, la transmission de cette connaissance et la diminution de l'impact sur l'environnement et les actions pour la préservation à long terme. À Marseille, 6 clubs ont été évalués entre 2017 et 2020.

Ces demandes impliquent une interaction intellectuelle et représentative avec le milieu marin mais ont la particularité d’être déconnectées de l’écosystème puisqu’elles ne dépendent pas d’un état particulier de celui-ci. Néanmoins elles représentent une dynamique importante du territoire en rapport avec la problématique, ce qui justifie leur intégration dans l’étude.

Il y a également une nouvelle demande de conservation directe pour le service culturel de paysages sous-marins et des demandes indirectes de conservation pour les services de maintien et de régulation maintien des zones de frayères et de nourriceries (via Ports Propres actifs en biodiversité) et protection côtière. L’analyse des demandes de conservation sera approfondie plus loin.

En E1, 78% des demandes (tous types confondus) sont installées contre 88% en E2 (Figure 37). Ce faible écart s’explique en partie par la présence d’usages déjà bien présents dont les pratiques sont reconnues.

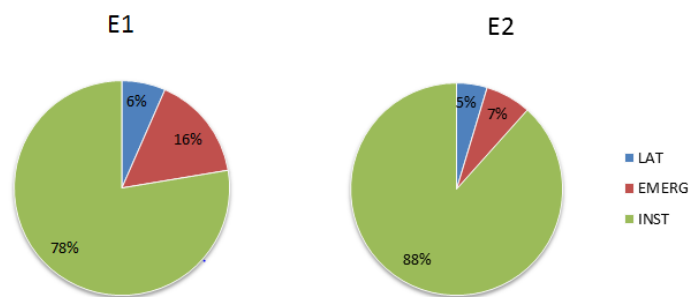


Figure 37 – Evolution du niveau d’installation des demandes entre E1 et E2

Nous verrons par l’étude des demandes susceptibles d’être porteuses de changement que ce n’est pas tant l’apparition de nouveaux usages, mais l’intensification et la diversification de certaines pratiques dans un contexte de développement des mesures de conservation qui va conduire à l’insatisfaction de certaines demandes.

b) Les demandes impactantes

Les demandes impactant un processus de l’écosystème ou sa structure peuvent générer des demandes de conservation des services dégradés mais également être source de conflits et donc de demandes non satisfaites. Entre 2000 et 2020, le nombre de demandes soustractives impactantes diminue (-1) alors que le nombre de demandes non soustractives impactantes augmente (+3) (Figure 38).

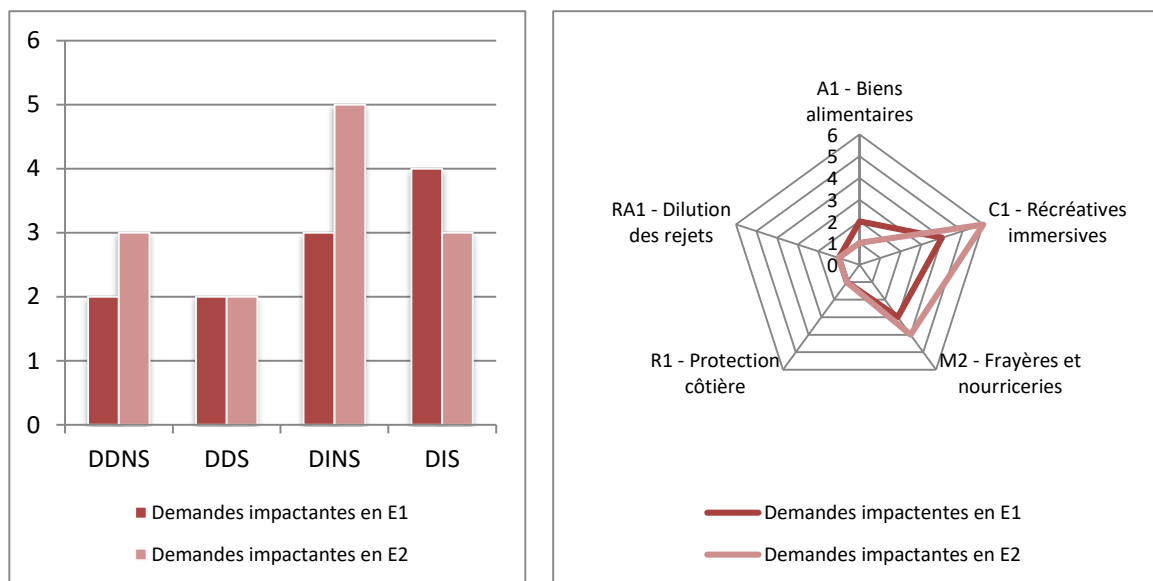


Figure 38 - Demandes impactantes en E1 et E2 selon leur type (directe non soustractive (DDNS), directe soustractive (DDS), indirecte non soustractive (DINS), indirecte soustractive (DIS))

Figure 39 - Demandes impactantes en E1 et E2 par services (biens alimentaires (A1), activités récréatives immersives (C1), source de divertissement (CA), maintien des zones de frayères (M2), protection côtière (R1), dilution des rejets (RA1))

L'analyse des demandes impactantes par services (Figure 39) montre une diminution des demandes impactantes pour le service biens alimentaires retirés de la pêche. Deux arrêtés pris par les Préfets de la région PACA et Corse en 2013, reconduits en 2018, ont interdit la pêche de loisir pour le mérou et le corb ciblés par la chasse sous-marine pour préserver la ressource (la pêche de loisir et à l'hameçon pour le mérou était déjà interdite depuis 1993). Avant ces arrêtés, la demande indirecte soustractive des chasseurs sous-marins de loisir est considérée comme impactante²⁸ pour le service biens alimentaires retirés de la pêche, puisqu'elle va nécessiter la mise en place de mesure de préservation. Par convention, lorsqu'une activité récréative est impactante sur un ou plusieurs services, la demande directe pour les services de support d'activités récréatives immersives ou support d'activités récréatives d'observation est également impactante. La demande des chasseurs sous-marins pour le service d'approvisionnement n'est plus impactante en E2 puisque les plongeurs observent le retour du mérou (Robert et Plouvier, 2017). Le retour du corb n'est pas encore effectif mais sa préservation est plus récente. Il reste en E2 une demande soustractive impactante pour le service biens alimentaires retirés de la pêche correspondant aux activités illicites avérées (chalutage illégal, braconnage dans les Calanques) et déjà présentes en E1.

La dégradation des herbiers de Posidonie ne pouvant pas être attribuée particulièrement à une activité plus qu'une autre (Ize, 2019), toutes les activités récréatives pratiquant le mouillage sont

²⁸ Il est important de nuancer le caractère impactant de la demande des chasseurs sous-marins avant cette réglementation puisque ces derniers ont exprimé des recours pointant le manque de données scientifiques de l'impact de leur activité sur ces deux espèces.

impactantes pour le service maintien des zones de frayères et de nourriceries : la batellerie (mouillage pour offrir aux visiteurs la possibilité de se baigner), la plaisance, la chasse sous-marine et la plongée. Les usagers de ces activités vont donc avoir une demande (directe non soustractive) impactante pour le service de support d'activités récréatives immersives.

Historiquement l'artificialisation des sols est également responsable des impacts : directement par la destruction et indirectement par la modification des conditions hydrosédimentaires (Campeon, comm. Pers.). C'est le développement de nombreuses stratégies relatives à la gestion des mouillages qui nous amène à considérer qu'on a atteint un seuil, et que ces activités en sont en partie responsables. Bien qu'au sein de ces activités, tous les usagers n'ont pas une pratique impactante : c'est l'activité dans son ensemble. Ainsi pour la plaisance par exemple, ce n'est pas la surfréquentation à elle seule qui est responsable de la dégradation, puisque le mouillage sur les herbiers est normalement interdit. La dégradation serait plutôt à attribuer à un nouveau public, pas initié (facilité du permis bateau) ou concerné par la protection de ces habitats. Il en va de même pour la plongée, où un usager habitué et formé venant plonger seul n'aura pas nécessairement d'impact, en comparaison à des structures qui viennent en nombre, et de manière répétée (multiplication des aller-retours).

Les demandes impactantes restent minoritaires sur nos deux périodes (16% en E1 et 17% en E2) parmi toutes les demandes d'utilisation (Figure 40). Les demandes indirectes d'utilisation non soustractives sont les plus représentées, et elles ciblent pour beaucoup les services culturels. Or, les demandes pour les services de recherche et d'éducation sont généralement non impactantes²⁹. De même, bien que la dégradation des habitats marins se traduise par une demande impactante pour le service de maintien des zones de frayères et de nourriceries de la part des usagers qui pratiquent le mouillage, elle ne l'est pas pour les services de paysages sous-marins et de paysages marins qui dépendent des habitats marins.

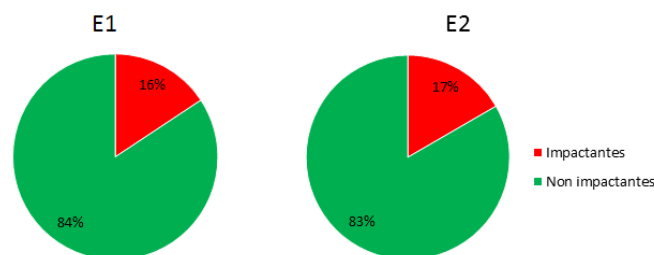


Figure 40 - Part des demandes impactantes parmi les demandes d'utilisation (les demandes de conservation ont été exclues) en E1 (à gauche) et E2 (à droite)

Plusieurs récifs artificiels ont été immergés en rade de Marseille dans l'objectif de soutenir la pêche artisanale (Côte Bleue, Prado) et à titre expérimental (Calanques) par la restauration du service de zones de frayères et de nourricerie. Pour l'instant, aucun récif n'a été immergé dans l'objectif de

²⁹ Une demande d'utilisation impactante pour le service de recherche et/ou d'éducation consisterait à dégrader volontairement un processus ou une structure de l'écosystème dans le but de servir à la recherche et/ou à l'éducation.

fournir des paysages sous-marins (les récifs de la Côte Bleue et du Prado sont d'ailleurs interdits à la plongée). Les mesures de conservation des paysages sous-marins ne sont pas le résultat de demandes impactantes mais visent surtout à anticiper d'éventuelles atteintes futures (ZNIEFF).

c) Les demandes de conservation

Généralement, les demandes de conservation se manifestent lorsqu'un processus de l'écosystème a été impacté. Elles peuvent avoir une origine locale et s'exprimer alors pour la conservation d'enjeux locaux ou avoir une origine plus large par transposition locale de dispositifs nationaux ou internationaux. L'étude a révélé qu'une majorité des demandes de conservation en Baie de Marseille est issue des structures gestionnaires (collectivités) ou de l'État. Les demandes de conservation peuvent être porteuses de changement :

- Elles peuvent amener des pratiques associées à des demandes impactantes à ne plus l'être (p.ex. : organisation de mouillage, réduction d'émission polluantes, sensibilisation des usagers...)
- Elles peuvent changer le niveau de satisfaction de certaines demandes (p.ex. en changeant les règles d'accès). Il faut noter que la satisfaction n'est pas forcément impactée négativement. En effet, contraindre certaines activités peut avoir un impact positif sur la satisfaction de demandes avec lesquelles il existe des conflits d'usage.

Le nombre de demandes de conservation est assez stable entre E1 et E2, puisqu'on observe seulement quatre nouvelles demandes. Comme le montre la Figure 41, il s'agit surtout d'une évolution du niveau d'installation des demandes entre ces deux états (latentes, émergentes, installées). En E1, 47% des demandes (directes et indirectes) sont installées (sur 17 demandes de conservation) contre 81% en E2 (sur 21 demandes de conservation). Les demandes latentes en E1 sont presque toutes des demandes de conservation *top-down* via la création du PNC (demande de l'Etat) et la réflexion initiée autour de Ports Propres (demande de la collectivité régionale). En E2, les demandes latentes sont associées à Ports Propres actifs en biodiversité (il n'y en a aucun de certifié à Marseille) et à la conservation des paysages sous-marins par le PNC.

Les demandes de conservation indirectes, tous niveaux confondus, représentent 59% des demandes de conservation en E1 et 58% en E2. Il y a donc une majorité de demandes indirectes. Une demande directe de conservation, peut générer des demandes de conservation indirectes (p.ex. : la demande directe de conservation de la petite pêche artisanale en tant que service de culture et héritage va générer des demandes indirectes de conservation des services de maintien des zones de frayères et de nourriceries, maintien du réseau trophiques et biens alimentaires retirés de la pêche dont dépend l'activité) ce qui peut expliquer leur forte représentation.

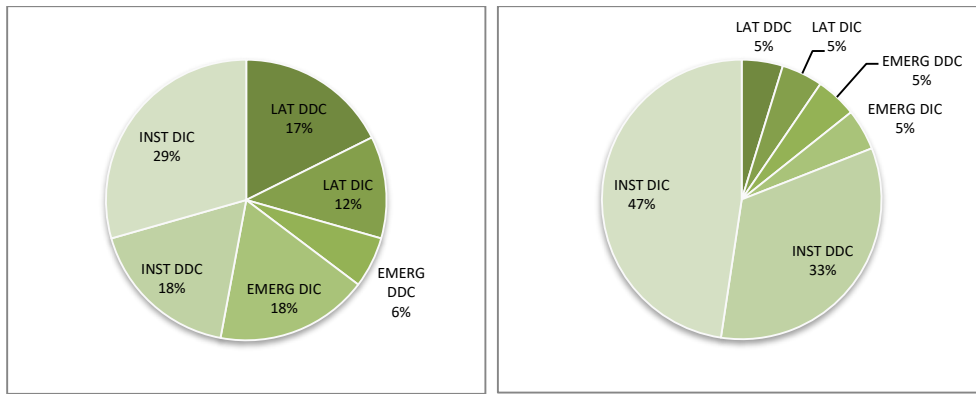


Figure 41 - Part des demandes de conservation

(DDC : demandes directes de conservation ; DIC : demandes indirectes de conservation ; LAT : latentes, EMERG : émergentes ; INST : installées en E1 à gauche et E2 à droite)

Le bouquet de services ciblé par les demandes de conservation (directes et indirectes) varie peu entre E1 et E2 (Figure 42). La demande indirecte de conservation du service de biens alimentaires retirés de la pêche des pêcheurs professionnels (associé à la demande directe de conservation de la pêche artisanale, service culture et héritage) avait émergé à la création du PMCB en 1983 en tant qu'association. La mise en place de mesures comme la création de réserves marines a installé cette demande. En 2000, le changement de statut en établissement public (Syndicat mixte) fait émerger cette demande par les collectivités (le PMCB). L'immersion de récifs artificiels et la création de ZNP génère également des demandes indirectes pour les services de zones de frayères et de nourriceries et maintien de la production primaire et secondaire. Les récifs étant interdits à la plongée dans le PMCB et au Prado, il n'y a pas de demande indirecte de conservation associée pour le service de « paysages sous-marins » comme c'est parfois le cas dans les immersions de récifs. Il y a également une demande directe de conservation des biens alimentaires retirés par la pêche par l'État (via la Politique Commune de la Pêche (PCP) de 1983) : l'interdiction de chalutage dans la bande des 3 miles.

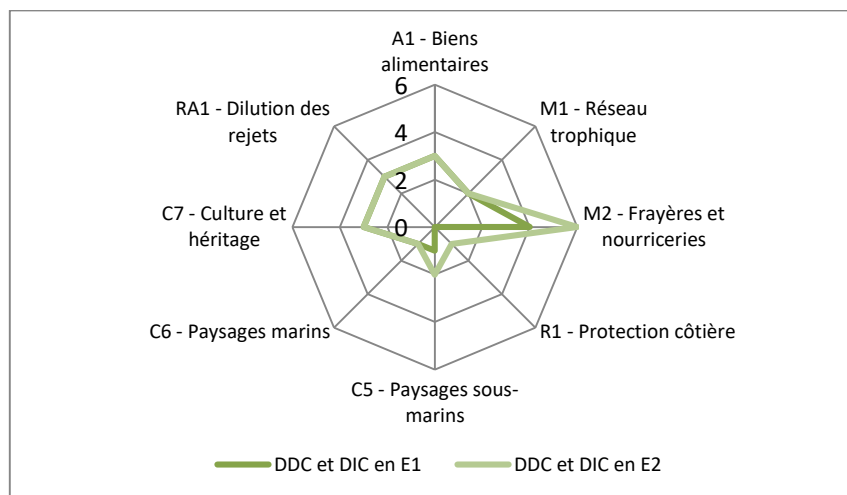


Figure 42 - Total des demandes de conservation (directes et indirectes) par services en E1 et E2

En E1, la demande pour le service paysages sous-marins est indirecte et issue des plongeurs. Les plongeurs sont favorables à l'installation de bouées d'ancrage dans l'objectif premier de limiter la dégradation des fonds : il y a donc une demande indirecte de conservation du service de maintien des zones de frayères et de nourriceries assuré par les habitats marins et l'immersion de récifs. Il y a déjà

une prise de conscience de la pression que peut exercer l'activité par les plongeurs eux-même qui s'accompagne de demandes de conservation en E1. En E2, une nouvelle demande directe de conservation apparait pour les paysages sous-marins qui correspond à l'initiation d'un plan de paysages sous-marins par le PNC, qui figure parmi les opérations financées par le Contrat de Baie. Cette demande est encore latente puisque le plan est en cours de finalisation.

La demande directe de conservation pour le service de paysages marins de la part de l'État est déjà installée en E1, avec la ZNIEFF du Frioul classée en 1975 qui intègre déjà le DPM. En 2013, celle du massif de la Nerthe sur la Côte Bleue intègre également le littoral. Or, tous les projets en sites classés sont soumis à autorisation, ils doivent prendre en compte les aspects paysagers. Une ZMEL dans un site classé représente un risque paysager (C. Campeon, comm. pers.). Le processus de réglementation étant fort, la conservation des habitats marins par la mise en place de ZMEL peut se confronter à des demandes de conservation pour les paysages marins.

Le service de culture et héritage est ciblé par trois demandes de conservation, dont deux sont déjà installées en E1 : celles des pêcheurs et des collectivités, en relation avec la conservation de la pêche artisanale côtière. La troisième est celle de conservation du patrimoine culturel affichée dans la réflexion de création du parc. En effet, la charte du parc affiche explicitement la conservation du patrimoine culturel dans ses principales missions. La loi de réforme des Parc Nationaux de 2006 intègre cette dimension patrimoine culturel, ne limitant plus le rôle des parcs à la conservation de la biodiversité : « Un Parc National peut être créé à partir d'espaces terrestres ou maritimes, lorsque le milieu naturel, particulièrement la faune, la flore, (...) les paysages et, le cas échéant, le **patrimoine culturel** qu'ils comportent présentent un intérêt spécial et qu'il importe d'en assurer la protection...»³⁰.

Les 3 demandes de conservation du service biens alimentaires retirés de la pêche s'accompagnent de demandes indirectes de conservation de service de maintien des zones de frayères et de nourriceries (immersion de récifs, interdiction de chalutage). La demande de l'État est renforcée par les multiples conventions protégeant les habitats (p.ex. : au niveau national par la loi du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature, l'arrêté du 19 juillet 1988 et le décret du 20 septembre 1989 pour E1 puis Natura 2000 en E2). La demande supplémentaire en E2 est liée à la demande émergente des gestionnaires de ports pour être certifiés Ports Propres actifs en biodiversité qui s'engagent à restaurer le rôle de nurserie (seuls les ports certifiés « Ports Propres » peuvent prétendre à cette certification). À Marseille, seul le port de la Pointe Rouge est engagé dans la démarche. Parallèlement se développe la demande des plaisanciers en tant que destinataires finaux : il y a une volonté de la part des plaisanciers, qui sont « fiers », en tant qu'usagers d'être certifiés (V. Clément-Tourrel, comm. pers.). Par ailleurs, les gestionnaires de ports et les plaisanciers ont une demande indirecte de conservation pour le service de régulation de la qualité de l'eau latentes en E1 avec la réflexion autour de Ports Propres et installée en E2 avec la certification Ports Propres des ports de l'Estaque, la Pointe Rouge, Cassis et la Ciotat.

Il y a en E2 une apparition de demande directe de conservation du service de protection côtière par la Région PACA. Bien que la GEMAPI date de 2012, rien n'a vraiment été fait avant 2018 en Méditerranée (S. Oudin, comm. pers.). Le rechargement des plages annuels et le ramassage de banquettes de

³⁰ Article L331-1 du Code de l'Environnement - Loi n°2006 - 463 du 14 avril 2006 art. 1

Posidonie dégrade la capacité de l'écosystème à fournir ce service (DREAL PACA, 2019). Actuellement, il y a une approche de « lutte contre la mer ». Les élus favorisent la construction de digues sous-marines en dur ou en géotextiles (géotubes) considérés plus doux, mais qui perturbent le fonctionnement sédimentaire. La région PACA est engagée dans le projet POSBEMED2 (Governance and management of posidonia beach-dune systems across the Mediterranean) qui élabore des stratégies de planification valorisant l'environnement plage-dune de Posidonie³¹, et les intègre dans la stratégie côtière globale. Il y a l'objectif d'accompagner les gestionnaires de plages dans la mise en place de moyen de lutte contre l'érosion. Le plan Posidonie datant de juin 2020, nous pouvons considérer que la demande est émergente. Pour le moment les élus ne semblent pas partager cette demande, d'où le besoin d'accompagnement et de sensibilisation.

La part de demandes de conservation non satisfaites augmente sur la période, passant de 24% à 35% (Figure 43 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Les demandes de conservation satisfaites concernent principalement les demandes pour les services associés à la pêche professionnelle.

d) Demandes non satisfaites

L'analyse des demandes non satisfaites peut permettre d'identifier des conflits sur les ressources mais également sur l'expérience récréative en elle-même. Les demandes latentes sont par définition non satisfaites (l'usage ne se fait pas dans le cas des demandes d'utilisation, ou aucune mesure n'est encore mise en place dans le cas des demandes de conservation).

Il y a sur la période une augmentation des demandes non satisfaites pour tous les types (Figure 43) : conservation (+4), soustractives (+3) et non soustractives (+2).

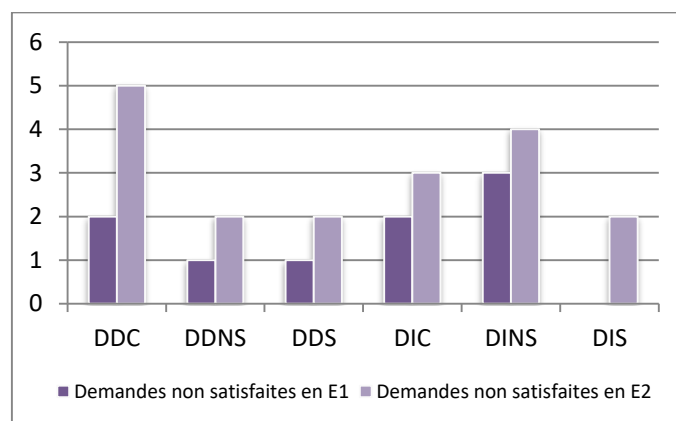


Figure 43 - Nombre de demandes non satisfaites par types de demandes en E1 et E2

Le nombre de demandes non satisfaites (Figure 44) augmente pour toutes les catégories de services (approvisionnement, maintien et régulation, culturel). La demande indirecte des chasseurs sous-marins pour le service des « biens alimentaires retirés de la pêche » (A1) devient non satisfaite en E1 suite aux arrêtés interdisant la pêche de loisir pour le mérrou et le corb qui va conduire certains

³¹ « Les banquettes qui se forment sur les plages à partir de feuilles mortes de posidonie déposées par la mer sont un support de biodiversité et jouent un rôle majeur pour limiter l'érosion. Le cycle d'accumulation et de reprise par la mer de ces banquettes fait partie du fonctionnement naturel de la plage ». (DREAL PACA, 2019)

représentants des chasseurs sous-marins à émettre des recours. Par convention, la demande associée des chasseurs pour le service de support d'activités récréatives immersives est également non satisfaite.

La demande des pêcheurs professionnels pour ce service est également non satisfaite en E1 et E2. Les contraintes administratives et réglementaires de plus en plus lourdes contribuent à la diminution de la pêche artisanale. La création du PN des Calanques n'a pas été bien vue par tous les pêcheurs, en effet, la création de ZNP à la pêche professionnelle et de loisir amène les pêcheurs professionnels et récréatifs à se concentrer sur les mêmes zones (L. Barth, comm. pers.). Il y a également eu un report de la pêche au large de la Côte Bleue avec la création des ZNP des Calanques. Leur demande de conservation indirecte pour le service d'approvisionnement est satisfaite puisque les perceptions des pêcheurs quant aux réserves (Côte Bleue) et récifs artificiels (Prado) sont soit positifs, soit neutres, ce qui traduit un problème dans la gestion de l'activité et non dans la disponibilité de la ressource.

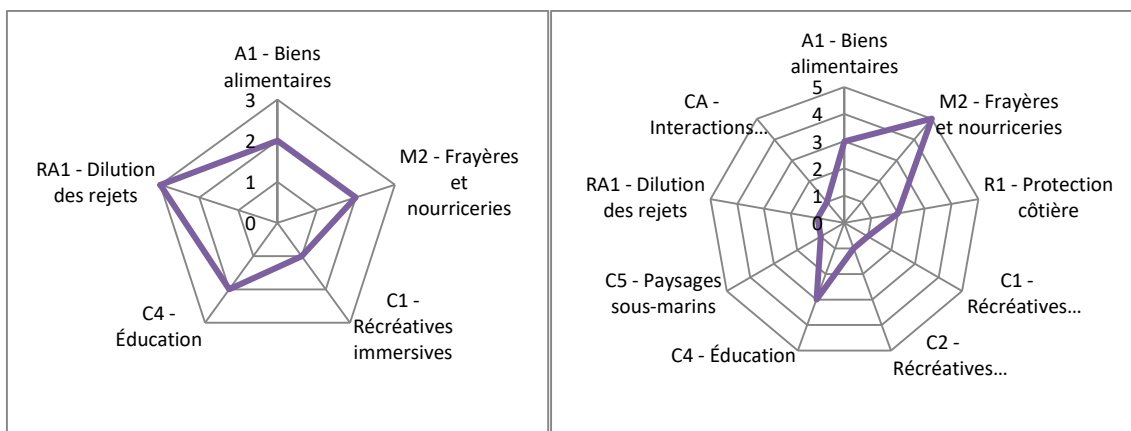


Figure 44 - Nombre de demandes non satisfaites par services en E1 (à gauche) et E2 (à droite)

La demande directe d'utilisation du service de support d'activités récréatives immersives des usagers balnéaires est non satisfaite, du fait d'une qualité des eaux de baignade insuffisante jusqu'en 2012-2013, c'est-à-dire que la demande indirecte pour le service de dilution des rejets en mer n'est pas satisfaite. Avec les efforts consentis par la ville, la qualité des eaux de baignade est satisfaisante en Baie de Marseille (excepté dans le périmètre du GPMM). On peut donc considérer cette demande satisfaite en E2. Les demandes de conservation du service de dilution des rejets en mer de l'État et des gestionnaires de ports qui sont encore latentes en E1 (et non satisfaites), s'installeront notamment avec le Contrat de Baie et la mise en œuvre du label Ports Propres actifs en biodiversité. Celle de l'État demeure insatisfaite en E2 mais le Contrat de Baie n'est pas encore en phase opérationnelle.

En E1, deux demandes d'utilisation non soustractive des collectivités et de l'Etat pour le service éducation sont non satisfaites. En E2, celle des plongeurs vient s'y ajouter. Les infractions relevées (mouillage sur l'herbier, prise d'espèces hors taille, pêche dans les zones réglementées, ramasses des banquettes à Posidonie) sont généralement associées à un manque de connaissance du milieu et de la réglementation. Une enquête menée par le PMCB, révèle que seulement 31% des pêcheurs professionnels pensent que la réglementation est bien respectée et 75% que la surveillance est insuffisante. La présence de nouveaux publics venant spécialement pour l'expérience récréative rend encore plus important le travail de sensibilisation. Il y a donc un réel enjeu sur ce service, bien que de

nombreux moyens soient mis en œuvre (patrouilles, campagne écogestes, etc.) sachant que la sensibilisation en milieu marin est plus complexe qu'en milieu terrestre car les barrières sont souvent invisibles et les réglementations très diverses selon les secteurs du littoral marseillais. Sur la Côte Bleue, 69% des pêcheurs interrogés dans le cadre d'une enquête menée par le PMCB considèrent que le balisage des réserves doit être amélioré pour une meilleure pratique de leur métier (p.ex. éclairage de bouées) (Charbonnel et al., 2015).

Les demandes non satisfaites de conservation du service paysages sous-marins et d'utilisation du service de source de divertissement correspondent à des demandes latentes. De même, la demande non satisfaite pour le service support d'activités récréatives d'observation en E2 correspond à la demande latente des touristes pour l'observation des cétacés.

En E1, deux demandes de conservation sont non satisfaites pour le service de « maintien des zones de frayères et de nourriceries » :

- Celle indirecte des plongeurs qui demandent déjà la mise en place d'ancrages écologiques (échec des projets)
- Celle directe de l'État pour la conservation de l'herbier de Posidonie

En E2, ces demandes restent insatisfaites. Néanmoins, le schéma d'organisation des mouillages, la création de ZMEL pourraient participer à la satisfaction de ces demandes dans un avenir proche. À ces demandes s'ajoutent celles des plaisanciers et des gestionnaires via Ports Propres actifs en biodiversité.

Le service de protection côtière fait l'objet de deux nouvelles demandes non satisfaites : une demande d'utilisation indirecte par les acteurs du tourisme (rechargement des plages nécessaire tous les ans car l'écosystème n'est plus en mesure d'assurer ce service) et une demande de conservation directe de l'État (notamment par la sensibilisation à l'importance des herbiers dans la fourniture de ce service). La gestion des plages est une thématique récente et peu de fonctionnement est alloué pour la valorisation des écosystèmes (G. Giorgetti et A. Ulrich, comm. pers.). Souvent, les gestionnaires de plages observent une régression des plages, émettent des plaintes aux élus qui sollicitent leurs techniciens des plages qui proposent les solutions lourdes habituelles d'ingénierie littorale. De plus, bien que Marseille soit pour l'instant épargnée, on observe déjà des phénomènes submersions à Nice et les plages en poches (entre deux pointes rocheuses) typiques à Marseille sont particulièrement sensibles à ces phénomènes (S. Oudin, comm. pers.).

La part de demandes non satisfaites reste minoritaire en E1 (13%) et en E2 (17%) (Figure 45 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). La majorité des demandes pour les services de supports d'activités récréatives immersives sont satisfaites. Les mesures de conservation semblent s'être peu interposées au développement des usages. On observe néanmoins à des plus petites échelles des effets de « reports ». Les ZNP mise en œuvre dans les Calanques, ont par exemple eu pour effet un report de la pêche récréative et professionnelle sur des zones plus restreintes, qui peut être source de conflits. Elles ont également eu un effet attractif pour la plongée. Il existe sur certains secteurs des conflits (p.ex. : avec les jet-ski, surfréquentation de certaines Calanques). Néanmoins, pour qu'une demande soit considérée insatisfaite, il faut que cela ait été clairement exprimé (p.ex. : riverains qui demandent une interdiction d'accès aux touristes) sans quoi il est difficile de se rendre compte des perceptions des différents acteurs.

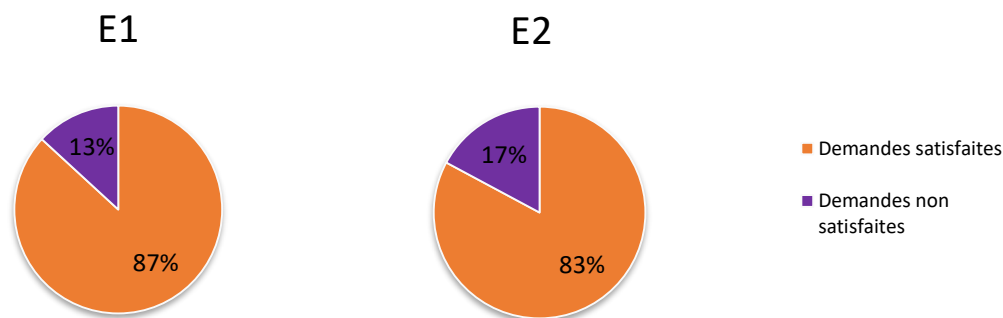


Figure 45 –Part des demandes satisfaites et non satisfaites en E1 et E2

e) Demandes actuellement latentes et émergentes

En E2, les demandes latentes et émergentes sont des demandes non soustractives et des demandes de conservation (Figure 46). Il n’y a donc aucune nouvelle demande soustractive (directe ou indirecte).

Une demande est latente pour l’utilisation directe non soustractive du service culturel de « support d’activités récréatives d’observation ». Il s’agit de la demande des touristes pour l’observation de cétacés qui n’existe pas en Baie de Marseille. Lien sanctuaire Pélagos. Une autre demande correspond à celle des plongeurs pour le service « d’interactions intellectuelles et représentatives ». Cela intègre les activités de plongée déconnectées de l’écosystème (plongeur interactif immergé pour des visiteurs terrestres, futurs visiteurs du musée subaquatique). Elles sont amenées à émerger ces prochaines années. On retrouve également en demandes latentes : la demande de conservation du service de « paysages sous-marins » (amenée à émerger avec le plan de paysages sous-marins du PNC dans le cadre du Contrat de Baie) et la demande de conservation des plaisanciers pour le « maintien des zones de frayères et de nourriceries » via des Ports Propres actifs en biodiversité (un port étant déjà engagé, elle est amenée à émerger également).

Dans les demandes actuellement émergentes, on retrouve les demandes de conservation directes pour le service de « protection côtière » par l’État. Il serait intéressant que les acteurs du tourisme soient amenés à émettre une demande indirecte pour ce service, ce qui renforcerait les moyens d’actions. On retrouve également la demande des gestionnaires de port pour le service de « maintien des zones de frayères et de nourriceries » avec un port engagé (non certifié).

Quatre demandes d’utilisation indirectes et non soustractives émergent pour des services culturels en E2 : recherche, éducation et source de divertissement. La recherche et l’éducation sont des demandes indirectes des plongeurs. Il y a également l’émergence des bateaux « boîte de nuit » au large du Frioul (interdit en cœur de parc, inexistant sur la Côte Bleue) qui correspond à une demande des bateliers pour un nouveau service « interactions intellectuelles et représentatives ». Il y a une demande pour passer un moment convivial et festif dans les Calanques, sans pour autant porté une attention particulière sur l’écosystème. Un nouveau type de plaisance se développe en baie de Marseille et traduit une demande émergente pour ce même service, il s’agit des usagers ayant tendance à sonoriser leurs sorties au niveau du Frioul et dans le PNC. Cela ne semble pas se développer sur la Côte Bleue. Le risque est surtout lié au bruit qui peut à termes déranger l’avifaune et les animaux marins mais également altérer le caractère du parc qui se veut lieu de ressourcement.

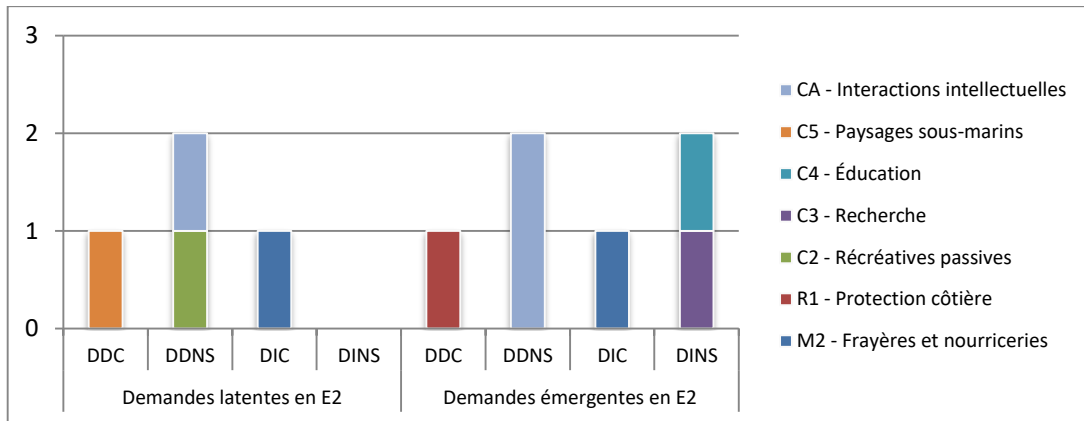


Figure 46 - Demandes latentes et émergentes en E2 par types de demandes et par services

La question du développement du pécaturisme a été posée aux différents acteurs, mais les normes et les contraintes sur les bateaux qu'impose ce type de tourisme ne sont pas forcément adaptées pour la pêche artisanale. C'est difficile pour les pêcheurs à mettre en œuvre en complément d'activité. Marche à Port Cros (P. Vouriot, comm. pers.).

Il est intéressant de noter qu'aucunes nouvelles demandes ne s'expriment pour le service de « raisonnement en termes de culture et d'héritage ». Les mesures en faveur de la protection de la pêche artisanale répondaient à des demandes de conservation de ce service, qui est par ailleurs mobilisé par beaucoup d'utilisateurs : cabanoniers, pêcheurs professionnels et récréatifs, plongeurs (la plongée est née à Marseille), etc. Ces demandes ont la particularité d'être installées déjà en E1.

6.4 Discussion

L'analyse par le cadre des formes de demandes a permis de mieux comprendre le phénomène de massification des activités récréatives et son lien avec l'écosystème.

Le développement du tourisme par les activités marines a été initié dès le milieu des années 1990's. La ville de Marseille affichait déjà sa volonté de faire de Marseille la capitale de la plongée, et les plans plages et nautisme qui ont suivi, d'améliorer l'offre balnéaire et la capacité d'accueil des ports de plaisance ce qui explique que notre période d'étude ne soit pas marquée par de nouvelles demandes en lien avec de nouveaux usages.

Le développement du tourisme s'est accompagné de l'apparition de demandes de conservation pour certains services :

- D'abord d'une demande de conservation de la qualité des eaux de baignade dont la ville en a fait un des enjeux majeurs (notamment dans l'optique de garantir une bonne qualité des eaux de baignade). Grâce aux efforts mis en œuvre, les objectifs ont été atteints et cette demande semble aujourd'hui satisfaite. Le développement du tourisme a en cela été un support à une demande de conservation.
- Ensuite d'une demande de conservation pour le service de protection côtière. Cependant cette nouvelle demande de conservation n'est pas compatible avec le mode actuel de gestion des banquettes de Posidonie, ramassée pour ne pas déplaire aux touristes, alors que ce sont ces dernières qui jouent un rôle majeur dans la stabilisation des plages. Il y a un énorme travail de dialogue et de sensibilisation à faire auprès des acteurs pour évoluer

vers des solutions plus naturelles qui ne s'accordent généralement pas avec l'urgence à laquelle font face les acteurs. Là encore, il faudrait que la demande de conservation soit portée par les acteurs du tourisme et non seulement par l'État comme c'est le cas actuellement.

Sur notre période d'étude, on observe surtout une diversification des pratiques qui fait émerger des demandes pour de nouveaux services, notamment celui du service abiotique de support de divertissement. Le milieu marin devient un espace récréatif, une source de loisir et de divertissement sans pour autant avoir un lien avec des éléments de l'écosystème. Si elles se développent, ces pratiques déconnectées de l'écosystème représentent un risque pour celui-ci (p.ex. plaisance festive, bateaux boîte de nuit, engins motorisés, etc.). Il existe de ce fait une incompatibilité entre les objectifs de développement du tourisme bleu à Marseille (fortement axée sur une communication concentrée sur les paysages du Parc des Calanques) et les objectifs de conservation de la biodiversité.

Cependant, la démocratisation des usages, peut aussi permettre à un public plus large de découvrir le milieu marin (p.ex. musée, plongeur immergé et retransmis à terre) et ainsi offrir un vecteur de sensibilisation aux enjeux du milieu marin pour un public large. Cette approche semble être la seule permettant de faire apparaître une trajectoire durable pour le développement du tourisme et des activités récréatives.

6.5 Bibliographie

Boudouresque, C.-F., Bernard, G., Bonhomme, P., Charbonnel, E., Diviacco, G., Meinesz, A., Pergent, G., PergentMartini, C., Ruitton, S., Tunesi, L., 2012. Protection and conservation of *Posidonia oceanica* meadow. Ramoge and RAC/SPA publisher, Tunis.

Burkhard B., Kandziora M., Hou Y. et Muller F., 2014. Ecosystem Service Potentials, Flows and Demands: Concepts for Spatial Localisation, Indication and Quantification. *Landscape Online*, Vol 34 : Pages 1-32. Disponible à : DOI:10.3097/LO.201434.

Charbonnel E., Alban F., Le Direach L., Leleu K., Pelletier D., Bachet F., 2015. Les perceptions des usagers comme indicateurs de performance et d'acceptation des AMP : résultats des enquêtes socio-économiques du PMCB en quelques chiffres. Conférence MedPAN sur les bénéfices socio-économiques des AMP, juin 2015, Marseille. Rapport Parc Marin de la Côte Bleue, Fr. : 1-11.

CICES, 2018

Délégation Mer et Littoral, 2011. Parc balnéaire Prado sud : proposition de parc nouvelle génération

Derolez Valerie (2020). Approche dynamique et intégrée de l'évaluation d'un socioécosystème côtier / Application à la lagune de Thau, son état écologique et ses bouquets de services écosystémiques sur la période 1970-2018. PhD Thesis, Université de Montpellier

DREAL PACA, 2019. Améliorer la gestion de la Posidonie sur les plages [en ligne]

GIP Calanques, 2009. Enquêtes de fréquentation

Holon, 2015.

Ize S., Bricchet M., Monbrison D., Rouanet E. 2019. Stratégie de gestion durable des sites de plongée en Méditerranée. PAMM Méditerranée Occidentale. 68 pages.

Mabille S., 2002. Mise en œuvre contractuelle de Natura 2000 sur deux sites marins de la région PACA : Les calanques de Marseille à Cassis et la Côte Bleue. DIREN PACA, Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse. 62 pages + Annexes.

Martin, J. C., Mongruel, R., & Levrel, H. (2018). Integrating cultural ecosystem services in an ecosystem satellite account: a case study in the Gulf of Saint-Malo (France). *Ecological Economics*, 143, 141-152.

Métropole Aix-Marseille-Provence. Contrat de Baie. Présentation de la phase 2 du Contrat de Baie (2019-2021). 44 pages

Mongruel R., Kermagoret C., Carlier A., Scemama P., Le Mao P., Levain A., Ballé-Béganton J., Vaschalde D. & Bailly D., 2019. Milieux marins et littoraux : évaluation des écosystèmes et des services rendus. Rapport de l'étude réalisée pour le compte du programme EFES, IFREMER – UBO – AFB, 354 pages + Annexes

Nelson, G. C., Bennett, E., Berhe, A. A., Cassman, K., DeFries, R., Dietz, T., ... & Marco, D. (2006). Anthropogenic drivers of ecosystem change: an overview. *Ecology and Society*, 11(2).

Observatoire local du tourisme, 2019. Brochure chiffres clefs 2019 [en ligne]. Disponible à : <https://www.marseille-tourisme.com/app/uploads/marseille-tourisme/2020/07/brochure-chiffres-cls-du-tourisme-2019-otcm.pdf>. [consulté le 22 décembre 2020]. 88 pages

Parc Marin de la Côte Bleue (PMCB), 2008. Synthèse du Plan de Gestion du Parc Marin de la Côte Bleue - 2008/2015

Parc Marin de la Côte Bleue (PMCB), 2010. Caractérisation de la pêche récréative dans le PMCB

Parc Marin de la Côte Bleue (PMCB), 2013. Document d'Objectifs du site Natura 2000 FR 9301999 « Côte Bleue Marine ». Note de synthèse des Tomes 1 et 2. Convention cadre Etat/Parc Marin de la Côte Bleue. Parc Marin de la Côte Bleue publ. , Fr. : 1-88.

Parc Marin de la Côte Bleue (PMCB), 2015. Les perceptions des usagers comme indicateurs de performance et d'acceptation des AMP : résultats des enquêtes socio-économiques du PMCB en quelques chiffres. 11 pages.

Parc Marin de la Côte Bleue (PMCB), 2015b. Les activités subaquatiques dans le Parc Marin de la Côte Bleue. 20 pages

Parc national des Calanques (PNC), 2012. Charte du Parc national des Calanques. Volume 1, [en ligne], disponible à : <http://www.calanques-parcnational.fr/fr/mediatheque/documents-decreation-du-parc>. [consulté le 22 décembre 2020]. 142 pages.

Parc National des Calanques (PNC), 2020. Mouillez-vous : synthèse des ateliers « diagnostic » [en ligne]. Disponible à : <http://mouillez-vous.fr/storage/results/1551083214.pdf>. [consulté le 22 décembre 2020]. 57 pages

Région PACA, 2017. Cadres d'intervention Mer et Littoral : Ambitions écologique et économique pour Provence-Alpes-Côte d'Azur. Annexe de la délibération n° 17-520. 24 pages.

Robert S. et Plouvier T., Lieux et pratiques de la plongée sous-marine sur la côte marseillaise : pour une approche géographique intégrée de l'espace marin littoral », *Vertigo* - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], Volume 17 Numéro 1 | mai 2017, mis en ligne le 25 mai 2017, consulté le 03 mai 2019. URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/18529> ; DOI : 10.4000/vertigo.18529

Thierry de Ville d'Avraya L., Amib D., Chenuila A., Davida R., Férala J-p., 2019. Application of the ecosystem service concept at a small scale : the cases of coralligenous habitats in the north-western Mediterranean sea.

Tribillac N., 2006. La plongée sous-marine dans l'aire maritime marseillaise : état des lieux et perspectives pour un développement durable. 69 pages.

Villamagna A.M, Angermeier P.L et Bennett E.M., 2013. Capacity, pressure, demand, and flow: A conceptual framework for analyzing ecosystem service provision and delivery. *Ecological Complexity*, Vol 15, Pages 114-121. Disponible à : <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2013.07.004>. [consulté le 22 décembre 2020].

Ville de Marseille, 2006. Plan de gestion de la rade de Marseille.

Ville de Marseille, 2010. Extrait des registres de délibération du Conseil Municipal, séance du 6 décembre 2010.

Vo Van M., 2007. La pêche de loisirs sur la Côte Bleue au printemps. Pêche à la ligne du bord, pêche embarquée, chasse sous-marine : pratiques et captures. Parc Marin de la Côte Bleue & GIS Posidonie publ., Fr. : 34 pp + annexes.

Wolff, S., C.J.E. Schulp, et P.H. Verburg (2015). «Mapping ecosystem services demand: a review of current research and future perspectives.» *Ecological indicators* 55:159-171.

IV

CHAUSEY

7 Evaluation de la capacité de la mosaïque d’habitats de l’archipel de Chausey à rendre des services

7.1 Objectif

L’objectif de ce travail est de construire des indicateurs permettant de caractériser les liens entre la mosaïque d’habitats et les services écosystémiques puis de qualifier, au regard d’indicateurs, les services écosystémiques clés (tels que définis et identifiés lors du triage) fournis par la mosaïque d’habitats de l’archipel de Chausey.

7.2 Démarche scientifique

Ce projet vise à intégrer des connaissances déjà existantes à l’échelle de l’archipel de Chausey (projets de recherche en écologie, réseaux de suivis chimiques et biologiques, programmes de sciences participatives...) sans production de nouvelles données. Le cadre des services écosystémiques permet d’articuler des données variées, obtenues dans des cadres différents, dans une démarche de gestion intégrée. En effet, ce projet d’évaluation des services écosystémiques présente l’avantage de répondre à la volonté d’intégration des connaissances telle que formulée par les experts du site lors de l’atelier de travail. Les données produites à l’échelle de l’archipel de Chausey sont nombreuses et obtenues dans des cadres différents. Il est intéressant de créer des liens entre ces données via le cadre des services écosystémiques.

Les liens entre la mosaïque d’habitats et les services écosystémiques puis les services écosystémiques clés seront donc évalués au regard d’indicateurs renseignés sur la base des données disponibles. Afin de prendre en compte la dynamique temporelle du site, l’évolution passée de ces indicateurs sera analysée sur la base de données historiques, si elles existent.

Les catégories d’indicateurs utilisées dans ce travail sont adaptées des conclusions d’un groupe de travail du Programme de Nations-Unies sur l’Environnement (PNUE, 2009), repris dans différents travaux plus récents parmi lesquels le rapport du groupe de travail mer et littoral de l’EFESE (Mongruel et al., 2019). Ces catégories comprennent les indicateurs d’état de l’écosystème qui fournit le service écosystémique considéré, les indicateurs de capacité de l’écosystème à fournir le service écosystémique et l’utilisation effective du service écosystémique. Une quatrième catégorie relative à la demande sociale pour le service écosystémique, ne sera pas analysée ici car elle nécessite un travail approfondi de terrain pour identifier les bénéficiaires et acteurs en jeu dans l’utilisation et la conservation le service écosystémique.

7.3 Résultats

7.3.1 Liens Habitats - Fonctions – services écosystémiques clés

Le projet HEIMa (Habitats, Espèces et Interactions Marines) a produit une cartographie de la mosaïque d’habitats de Chausey sur la base des principaux assemblages morpho-sédimentaires et des unités de peuplements benthiques associées dépendant de ces biotopes (Figure 47) (Fournier et al., 2014). Cette mosaïque est ainsi composée de 13 classes d’habitats EUNIS de niveau 4 qui peuvent être mis en correspondance avec la typologie Natura 2000 (Tableau 20).

Tableau 20 - Habitats EUNIS de niveau 4 recensés à Chausey et correspondances avec la typologie N2000

Code EUNIS	Intitulé EUNIS	Code N2000	Intitulé Natura 2000
A2.211	Habitat des sables secs à <i>Talitrus saltator</i>	1140	Replats boueux ou sableux exondés à marée basse
A2.221	Bancs de sables grossiers de niveau moyen oligospécifique		
A2.223	Habitat des horizons de rétention et de résurgence à <i>Scolecopsis squamata</i> et <i>convoluta roscoffensis</i>		
A2.242	Habitat des sables de niveau moyen à bas à <i>Cerastoderma edule</i> et habitat des sables de bas niveaux à faibles densités de <i>Lanice conchilega</i>		
A2.245	Habitat des banquettes à <i>Lanice conchilega</i>		
A2.411	Habitat des sédiments envasés et haut niveau à <i>Hediste diversicolor</i>		
A2.421	Habitat à <i>Arenicola marina</i>		
A2.554	Habitats du schorre	1110	Bancs de sable à faible couverture d'eau permanente
A5.13E	Habitats des sables moyens à <i>Capsella variegata</i> et des sables grossiers de niveau bas à <i>Glycymeris glycymeris</i>		
A5.135	<i>Glycera lapidum</i> dans du gravier et sable mobiles infralittoraux à biocénose appauvrie		
A5.136	Cumacées et <i>Chaetozone setosa</i> dans du sable graveleux infralittoral		
A5.5334	Habitat à <i>Ensis ensis</i>		
A5.431	<i>Crepidula fornicata</i> , ascidies et anémones sur sédiment grossier hétérogène infralittoral		

Le travail réalisé par Schoenn et al. (2013) dans le cadre du projet VALMER à l'échelle du Golfe Normand Breton permet de recenser les travaux qui attestent du lien entre habitats EUNIS de niveau 3 et fonctions écologiques. Une correspondance des habitats considérés dans ce cadre avec les habitats EUNIS de niveau 4 recensés à Chausey a été établie et permet ainsi de bénéficier du travail réalisé dans le cadre du projet VALMER (Tableau 21).

Le travail réalisé par Godet (2008) dans le cadre de sa thèse de doctorat permet d'établir des liens entre les habitats de Chausey et les services écosystémiques clés : support de pêche à pied récréative et d'espèces emblématiques (Tableau 22).

ARCHIPEL DE CHAUSEY CARTE DES HABITATS BENTHIQUES - Typologie EUNIS

Jérôme FOURNIER^(1,2), Elodie AUTRET⁽³⁾, Céline CORDIER⁽³⁾, Nicolas DESROY⁽⁴⁾, Axel EHRHOLD⁽³⁾, Laurent GODET⁽⁵⁾, Anne-Laure JANSON^(1,2), Patrick LE MAO⁽⁴⁾, Frédéric OLIVIER^(5,6) et Nicolas TOUPOINT⁽⁶⁾

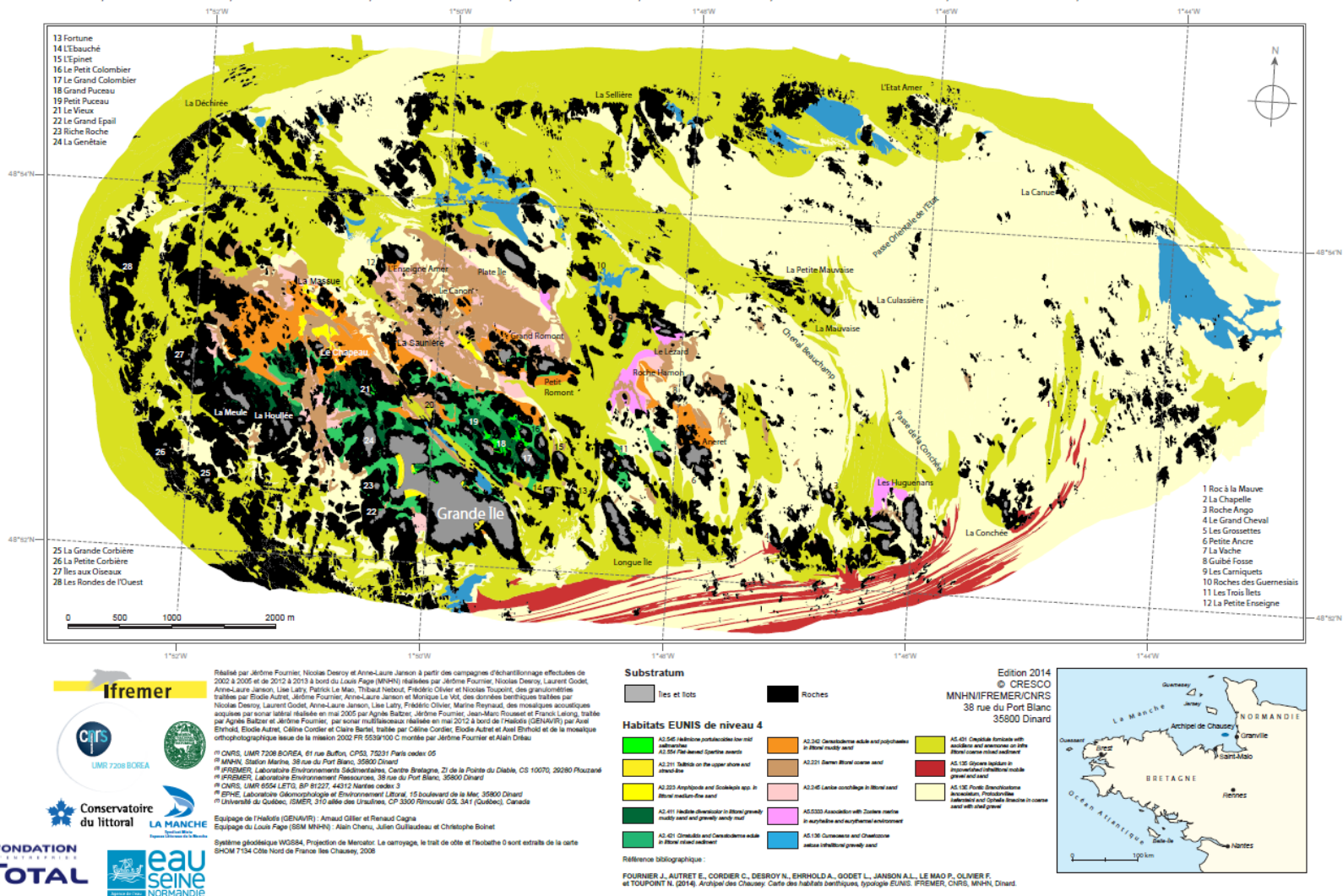


Figure 47 - Carte de la mosaïque d'habitat de l'archipel de Chausey (Source : Fournier et al., 2014)

Tableau 21 - Matrice recensant les références qui attestent du lien fonctions écologiques / habitats

(échelle du cas d'étude issu de la référence : bleu foncé = GNB ; bleu moyen = Manche ; bleu clair = ailleurs dans le monde) (adapté de Schoenn et al., 2013)

Habitats EUNIS de niveau 4 (identifiés à l'échelle de Chausey)	Habitats EUNIS de niveau 3 (identifiés à l'échelle du GNB)	Production primaire	Production secondaire	Contrôles biologiques	Relations trophiques / Rétroactions trophiques	Formation d'habitats biogènes	Nourricerie/ frayère	Diversité spécifique/ ressources génétiques	Stockage et traitement des polluants	Cycles biogéochimiques	Régulations climatiques	Dynamique et stabilité sédimentaire	Barrière physique	Formation de paysages plaisants
Bancs de sables grossiers de niveau moyen oligospécifique (A2.221) Habitat des horizons de rétention et de résurgence à <i>Scolelepis squamata</i> et <i>convoluta</i> (A2.223) Habitat des sables secs à <i>Talitrus saltator</i> (A2.211)	Rivages sableux mobiles, stériles ou dominés par des amphipodes A2.22	[14]			[14]									
Habitat des sables de niveau moyen à bas à <i>Cerastoderma edule</i> et habitat des sables de bas niveaux à faibles densités de <i>Lanice conchilega</i> (A2.242) Habitat des banquettes à <i>Lanice conchilega</i> (A2.242) Habitats du schorre (A2.245)	Rivages de sable vaseux dominés par des Polychètes ou des Bivalves A2.24	[1][5] [6]	[1][5]		[11] [18]		[15]	[16] [17]			[1]	[13]		
Habitat du schorre (A2.554)	Marais maritimes et prés salés A2.5	[3]	[7]		[3][4] [19] [11]	[7]	[3] [7]	[3]	[7]	[3]	[7]	[3] [7]	[7] [20] [21]	
Habitat à <i>Ensis ensis</i> (A5.5334)	Herbiers	[22] [8]	[23] [8] [12]			[9]		[9]			[8] [23]	[9] [13]	[9]	
Habitats des sables moyens à <i>Capsella variegata</i> et des sables grossiers de niveau bas à <i>Glycymeris glycymeris</i> (A5.13E) Cumacées et <i>Chaetozone setosa</i> dans du sable graveleux infralittoral (A5.136) <i>Glycera lapidum</i> dans du gravier et sable mobiles infralittoraux à biocénose appauvrie (A5.135)	Sédiment grossier dans la zone circalittorale A5.13		[2] [10]		[10]									
<i>Crepidula fornicata</i> , ascidies et anémones sur sédiment grossier hétérogène infralittoral (A5.431)	Sédiment hétérogène dans la zone infralittorale A5.43						[15]							

Liste des références du tableau : [1] Migné et al., 2009 ; [2] Améziane et al., 1996 ; [3] Lefeuvre et al., 2000 ; [4] Méziane et al., 1997 ; [5] Davoult et al., 2009 ; [7] Chmura, 2011 ; [8] Duarte et al., 2010 ; [9] Duarte et al., 2011 ; [10] Garcia et al., 2011 ; [11] Riera, 2007 ; [13] Thiébaud, 2007 ; [14] Adin et Riera, 2003 ; [15] Kostecki et al., 2011 ; [16] Thorin et al., 2001 ; [17] Trigui, 2009 ; [18] Godet et al., 2008 ; [19] Lagfaille et al., 2000 ; [20] Barbier et al., 2008 ; [21] Morgan et al., 2009 ; [22] Ouisse, 2010 ; [23] Gattuso et al., 2008

Tableau 22 - Matrice du lien habitats / services écosystémiques à Chausey

(réalisé à partir de Godet, 2008)

	Support de pêche à pied récréative (principales espèces ciblées identifiées)	Support d'espèces emblématiques (principales espèces amirales identifiées)
Habitat des sables de niveau moyen à bas à <i>Cerastoderma edule</i> (A2.242)	Coque (<i>Cerastoderma edule</i>)	Limicoles dont Huitrier pie
Habitat des banquettes à <i>Lanice conchilega</i> (A2.245)	Coque (<i>Cerastoderma edule</i>)	Limicoles dont Huitrier pie
Habitat des sédiments envasés et haut niveau à <i>Hediste diversicolor</i> (A2.411)		Tadorne de Belon ; Limicoles dont Huitrier pie
Habitat à <i>Arenicola marina</i> (A2.421)		Limicoles dont Huitrier pie
Habitats des sables moyens à <i>Capsella variegata</i> et des sables grossiers de niveau bas à <i>Glycymeris glycymeris</i> (A5.13E)	Amande (<i>Glycymeris glycymeris</i>)	
Habitat à <i>Ensis ensis</i> (A5.5334)	<i>Venus verrucosa</i> (praire)	<i>Venus verrucosa</i> (praire)

7.3.2 Indicateurs de services écosystémiques « pêche récréative »

L'activité de pêche récréative désigne une activité de pêche dont le produit est soit relâché directement soit destiné à la consommation exclusive du pêcheur et de sa famille. En milieu marin, elle se compose de la pêche à pied, la pêche du bord et la pêche à bord d'un bateau. Un manque de données significatif sur cette activité est rapporté à l'échelle nationale (Mongruel et al., 2019) et lié en partie au fait qu'il n'existe pas de registres permettant de connaître le nombre d'utilisateurs (il existe des fédérations de pêcheurs mais sans obligation d'y adhérer et donc non représentatives de l'activité). Une enquête nationale réalisée en 2006 par Ifremer a permis d'estimer le nombre de pêcheurs à pied à 2,45 millions (+/- 0,15 million) en France, la pêche à pied dominant les types de pêche récréative (Levrel et al., 2009).

a) Conditions / état du service écosystémique

La capacité biophysique des écosystèmes à constituer un support pour la pêche récréative résulte principalement de l'état des stocks ciblés par les pêcheurs récréatifs, de la qualité sanitaire des zones de pêche et d'une composante plus immatérielle associée au plaisir que cette activité récréative peut procurer (Mongruel et al., 2019).

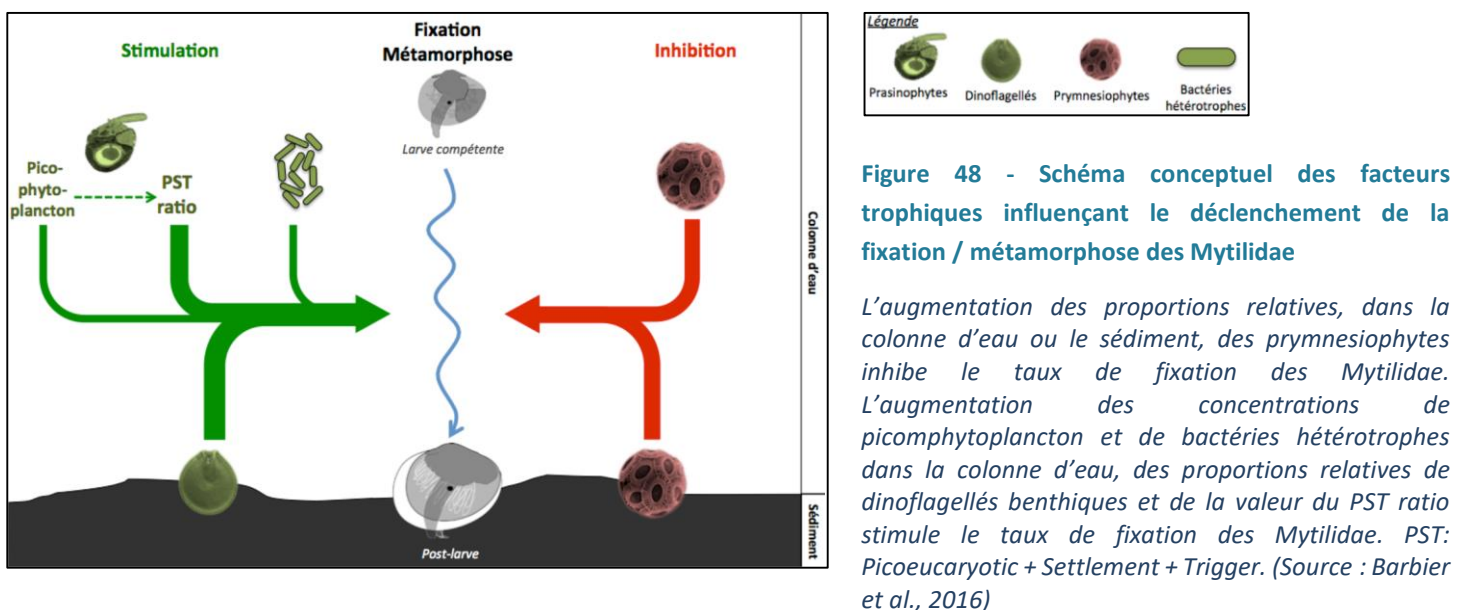
- Etat des stocks ciblés

Les espèces principalement ciblées par les pêcheurs à pied à Chausey sont la praire (*Venus verrucosa*), la crevette bouquet (*Palaemon serratus*), la palourde et la coque (*Cerastoderma edule*). Aucune de ces 4 espèces ne fait l'objet d'évaluation de stocks. Cependant, plusieurs projets se sont attachés à caractériser leur fonctionnement écologique et/ou la dynamique de leur population et nous renseignent ainsi en partie sur l'état des stocks ou, a minima, sur les facteurs pouvant influencer leur état.

Le projet MAIA (2010-2012) a produit un certain nombre d'éléments scientifiques sur les populations de praires et sur les usages de pêche dont elle fait l'objet à l'échelle de l'archipel de Chausey (Perez et al., 2012). Ses résultats montrent qu'il existe, à Chausey, une très forte variabilité des abondances et des performances de croissance des populations de praires que la texture sédimentaire n'explique que partiellement. Le niveau d'exposition aux vagues serait un facteur primordial dans la compréhension

des différences de croissance dans la mesure où les vagues créent une instabilité du substrat et donc un stress pour la praire qui va augmenter ses fermetures et ainsi diminuer sa filtration. Ainsi, les populations les plus exposées aux houles dominantes et dont les densités sont souvent faibles devraient être considérées comme les plus vulnérables aux pressions de pêche en raison de leurs faibles performances de croissance. Les résultats du projet soulignent par ailleurs l'importance trophique des communautés macroalgales de l'archipel pour les bivalves filtreurs tels que les praires. En effet, les praires de l'archipel s'alimentent principalement sur les microalgues de la colonne d'eau enrichie par des substances dissoutes, issues des macroalgues brunes.

Le projet DRIVER (2012-2016, sous-projet de HEIMa) a consisté à étudier le déterminisme du recrutement de bivalves sous contraintes environnementales et anthropiques. Ses résultats mettent en évidence un impact de l'environnement trophique sur la variabilité interannuelle du succès de recrutement. La quantité de la ressource trophique influence le patron de recrutement global et sa qualité influencent le déclenchement de la fixation larvaire primaire des bivalves (Figure 48). Ce projet montre par ailleurs que le rôle de nurserie des habitats benthiques pour les bivalves varie en fonction de la nature de ces habitats : à Chausey, ce rôle est maximal pour certains fonds complexes tels que les fonds à crépidules. Enfin, le projet met en évidence l'influence complexe à court-terme des activités anthropiques sur le recrutement des bivalves tantôt positive (mytiliculture) tantôt négative (ratissages réguliers) mais à plus long terme, ces activités aboutissent toutes deux à des redistributions majeures au stade post-larvaire.



- **Qualité sanitaire des zones de pêche**

Bien que Chausey soit un site important pour la pêche à pied récréative, aucun **suivi bactériologique** des zones de pêche à pied n'y est réalisé. Le profil de vulnérabilité des zones de production de Chausey est donc exempt de cette donnée. En revanche, des **suivis de la qualité microbiologique et chimique** du site sont réalisés dans le cadre du Réseau de surveillance microbiologique des zones de production (REMI) et du Réseau d'Observation de la Contamination Chimique du littoral (ROCCH). L'estimation de la qualité est déterminée pour chaque zone classée selon les résultats du ou des points REMI et ROCCH représentatifs. Les zones de production qui présentent un dépassement des teneurs maximales des contaminants chimiques (Règlement (CE) n° 1881/2006) ou qui présentent une qualité microbiologique plus dégradée que les critères réglementaires de la qualité C (Règlement CE

n°854/2004), sont estimées de « très mauvaise qualité ». Dans le cas contraire, l'estimation de la qualité A, B ou C est déterminée d'après la distribution de fréquence (en %) des résultats du réseau REMI en fonction des seuils définis dans le règlement (CE) n°854/2004.

Le classement est défini par groupes de coquillages et repose ainsi sur la surveillance d'une espèce représentative du groupe. A Chausey (zone 50-25), la palourde grise ou japonaise est suivie dans le cadre du groupe des bivalves fouisseurs (groupe 2) ; la moule est suivie dans le cadre du groupe des bivalves non fouisseurs (groupe 3). La pêche à pied récréative ciblant principalement les bivalves fouisseurs à Chausey (praire, palourde et coque) nous nous intéresserons uniquement aux indicateurs générés dans le cadre du suivi du groupe 2 et ce, sur la période 2015-2019 (estimés à partir des données mensuelles récoltées sur la période 2012-2018, Figure 49).

En 2015, 2016 et 2017, la qualité sanitaire (microbiologique et chimique) de la zone 50-25 Chausey a été classée de très mauvaise qualité (Debray, 2015 ; Ropert et al., 2016 ; Mary et al., 2017). Cependant, ces classements sont dus à un unique résultat supérieur à 46 000 *E.coli*/100g CLI en 2014 qui reste inexplicable³². En 2018 et 2019, la qualité sanitaire (microbiologique et chimique) de la zone 50-25 Chausey a été classée B (Lamort et al., 2018 et 2019). Ce classement est lié au seul fait de résultats au-dessus du seuil de « 700 *E.coli* »³³ obtenus les 02/07/2015 et 27/06/2017. L'ensemble des rapports, établit par IFREMER, faisant état de ces classements (sur la période 2015-2019) font mention d'une non concordance de ces classements avec les arrêtés préfectoraux. En effet, compte tenu du peu de résultats dépassant les seuils critiques de concentration en *E. coli*, de l'éloignement de Chausey par rapport aux sources de pollution connues sur le continent et des enjeux économiques liés à l'utilisation des eaux marines à Chausey (conchyliculture et pêche à pied), la zone 50-25 Chausey est classé A par Arrêté préfectoral sur l'ensemble de la période 2015-2019³⁴.

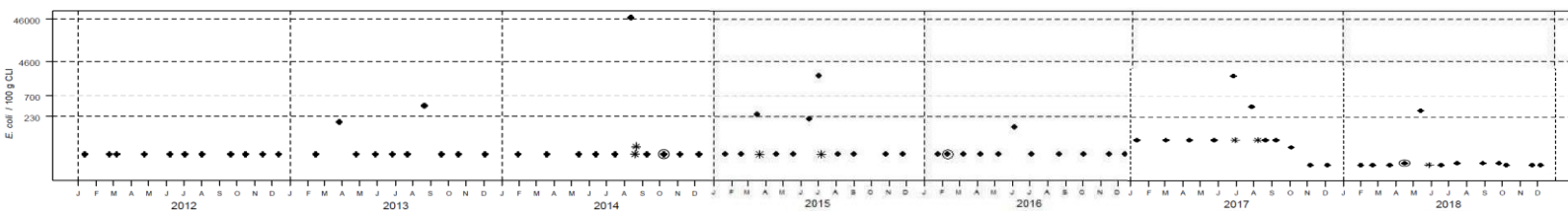


Figure 49 - Concentrations en *E. coli* / 100g CLI sur la période 2012-2018 obtenues dans le cadre du REMI
(Source : Debray, 2015 ; Ropert et al., 2016 ; Mary et al., 2017 ; Lamort et al., 2018 et 2019)

- Éléments contribuant au plaisir procuré par la pêche récréative

La capacité d'un écosystème à fournir un support pour la pêche récréative ne dépend pas uniquement de la quantité et de la qualité des espèces ciblées. En effet, Martin et al. (2015) montrent que la dimension paysagère du site a également toute son importance dans la réalisation de cette activité.

³² Les classements sont réalisés à partir des résultats obtenus lors des trois années précédentes ce qui explique qu'un « mauvais » résultat obtenu en 2014 impacte le classement pour les années 2015, 2016 et 2017.

³³ 700 *Escherichia coli*/100 g Chair et Liquide Intervalaire (CLI)

³⁴ Arrêté du 21 janvier 2015 ; Arrêté n°CM-S-2016-008 du 8 novembre 2016 ; Arrêté n°CM-S-2017-007 du 21 décembre 2017 ; Arrêté n°CM-S- 2019-001 du 04/02/2019 portant classement de salubrité des zones de production des coquillages vivants pour la consommation humaine dans le département de la Manche.

Aucun indicateur ne nous permet néanmoins de quantifier/qualifier la contribution du paysage offert par la mosaïque d'habitats de l'archipel de Chausey dans l'activité de pêche récréative.

b) Utilisation / flux

Le flux de services écosystémiques représente, dans le cas de la pêche récréative, la capture de la ressource pêchée combinée à la « consommation » de la mosaïque d'habitat comme élément paysager. Ce flux résulte donc de la capacité biophysique que nous venons de caractériser, combinée aux moyens mis en œuvre par les pêcheurs récréatifs pour pratiquer leur activité (Mongruel et al., 2019).

- Les pêcheurs récréatifs de l'archipel de Chausey

Encore peu documentée à l'échelle de la France, l'activité de pêche récréative réalisée sur l'archipel de Chausey bénéficie des travaux réalisés dans le cadre des projets Bount'Îles (Le Berre, 2009), MAIA (Le Berre et Peuziat, 2012) et Life Pêche à Pied de Loisir (PAPL, 2013-2017). Le projet Life PAPL s'appuie sur les développements méthodologiques réalisés dans le cadre des deux précédents projets. La majorité des pêcheurs rencontrés sur l'estran sont des pêcheurs réguliers (58%), 38% sont des pêcheurs occasionnels et 4% sont des résidents de Chausey (Pinel et al., 2016). Les pêcheurs réguliers sont principalement des locaux qui connaissent bien l'archipel, venus depuis le continent par leur propre embarcation ce qui leur permet en outre d'accéder à un plus grand nombre de sites de pêche. Arrivés à Chausey par les navettes collectives, les pêcheurs occasionnels se cantonnent davantage aux sites de pêche accessibles à pied depuis Grande-Île (Figure 50).

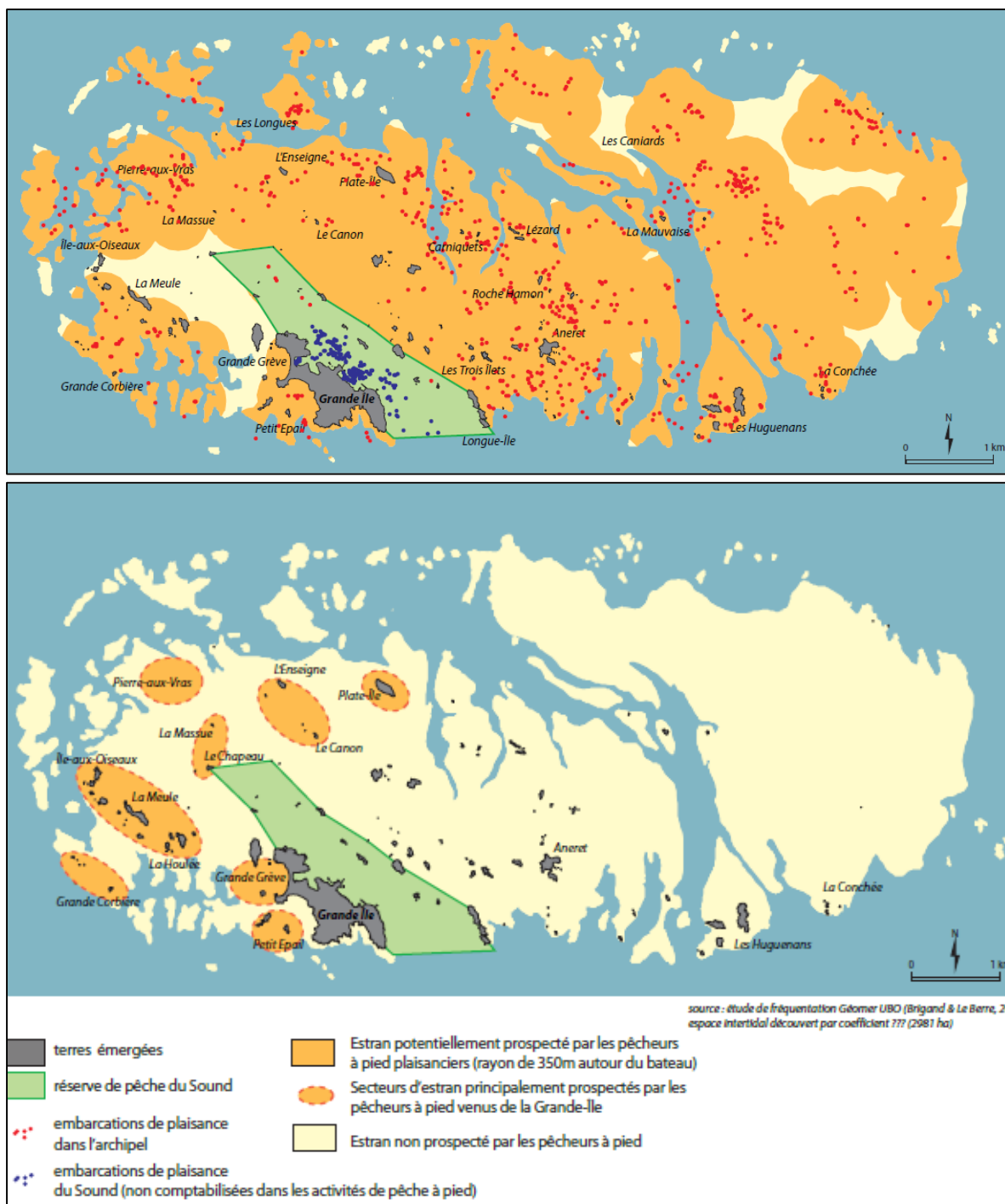


Figure 50 - Répartition des plaisanciers et pêcheurs à pied

En haut : Répartition des plaisanciers sur les estrans le 11 aout 2010 (coef. 111, beau temps) : 2286 pêcheurs à pied plaisanciers, 85% des estrans potentiellement prospectés ; En bas : Principaux secteurs prospectés par les pêcheurs à pied venus de la Grande-Île (Source : Le Berre et Peuziat, 2012)

La fréquentation par les pêcheurs à pied récréatifs dépend de la saison, des coefficients de marée, de la météo et du type de pêche (Le Berre et Peuziat, 2012). A Chausey, les activités de pêche à pied sont observées en marées de vives eaux à partir du coefficient 90 et sont accrues lorsque les coefficients dépassent 100. Entre 2014 et 2016, c'est au mois de septembre et sa marée d'équinoxe que l'affluence était la plus forte (Pinel et al., 2016). 2600 pêcheurs à pied ont ainsi été recensés le 10 septembre 2014

(Figure 51). Le mois de septembre correspond à l'ouverture de la pêche à la praire et à la première grande marée suivant l'ouverture de la pêche du bouquet (ouverture en août).

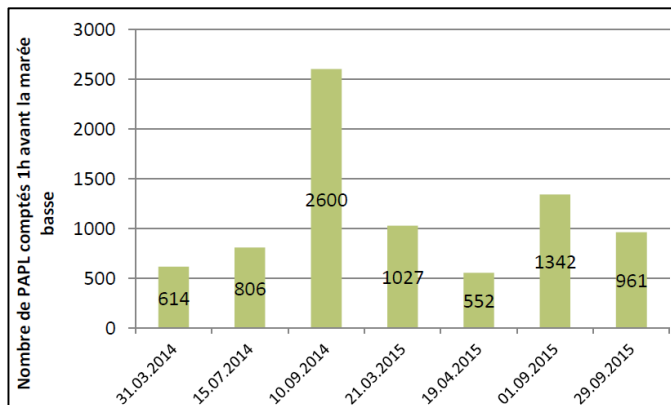
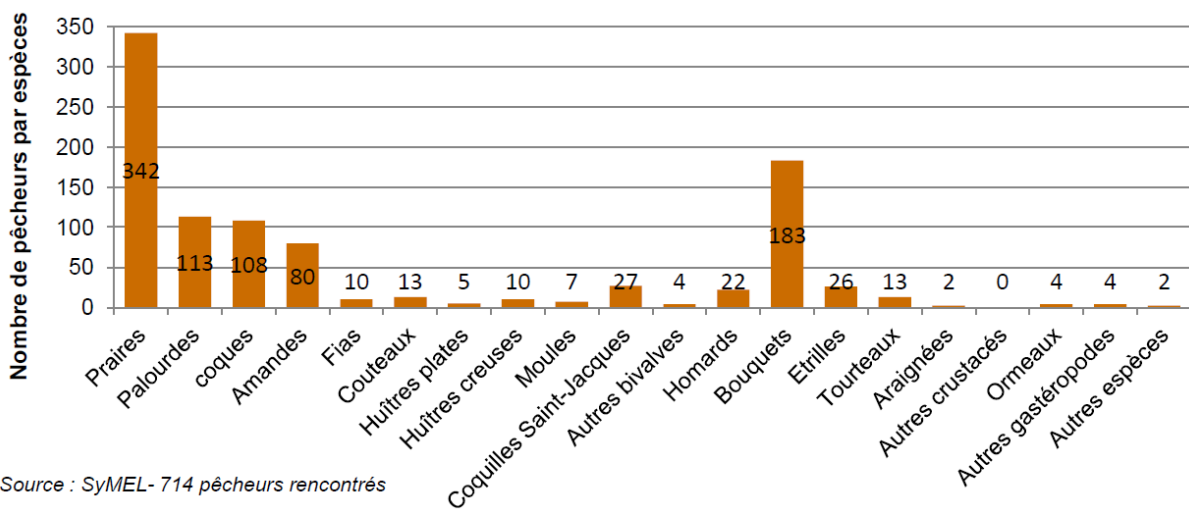


Figure 51 - Estimation de la fréquentation des pêcheurs à pied de loisir par survol à Chausey entre 2014 et 2016

(Source : Pinel et al., 2016 à partir des données du SyMEL)

- **Prélèvement de la ressource**

Il n'existe pas de données permettant d'estimer précisément les espèces et les volumes extraits par les pêcheurs à pied à Chausey. Les projets MAIA et Life PAPL permettent néanmoins de hiérarchiser les espèces ciblées. Ainsi, en 2015, près de 50% des personnes enquêtées ont pêché des praires, 25% le bouquet, 15% les palourdes et coques et 11% les amandes. Les autres mollusques et crustacés sont pêchés dans une bien moindre mesure (Figure 52).



Source : SyMEL- 714 pêcheurs rencontrés

Figure 52 - Espèces ramassées par les pêcheurs à pied de Chausey en 2015

(Source : Pinel et al., 2016)

- **Consommation de paysage**

Il est conceptuellement difficile de définir un indicateur capable de rendre compte de la consommation de paysage, qui plus est de sa dimension biotique, dans la pratique de la pêche récréative. Nous pouvons simplement illustrer l'importance de la dimension paysagère dans cette pratique par deux résultats : le premier issu du projet MAIA dans lequel il est montré que pour 65% des pêcheurs à pied enquêtés à Chausey, les motivations associées à la pratique de la pêche récréative incluent la promenade (Le Berre et Peuziat, 2012) ; le second issu du projet VALMER dans lequel il est montré que le paysage contribuerait à 41% à la consommation de services culturels par les pêcheurs à pied

récréatifs du golfe de Saint-Malo, le paysage sous-marin à 2% et le reste (57%) pour l'extraction de la ressource (Martin et al., 2012).³⁵

c) Impacts de l'activité de pêche à pied sur la mosaïque d'habitats

La pêche à pied de bivalves au râteau, autorisée notamment pour la pêche aux coques et aux palourdes, peut fortement impacter la faune benthique endogée (diminution des abondances, de la richesse et de la diversité spécifique) (Kaiser et al. 2001). La force de l'impact et la capacité de résilience de l'habitat dépendent de la surface ratissée et de sa composition faunique (les petites espèces mobiles sont plus résistantes). Les banquettes à *L. conchilega* seraient particulièrement vulnérables à ce type de pêche.

Le mouillage des bateaux de pêcheurs à pied venus jusqu'à Chausey avec leur propre embarcation peut également constituer une source d'impact importante. Les cartes de fréquentation produites par Brigand et Le Berre (2006) analysées par Godet (2008) montrent que les habitats intertidaux bas sont les plus sollicités pour le mouillage et cette pêche à pied et concernent principalement les sables grossiers de niveaux bas à *G. glycymeris* et les herbiers à *Zostera marina*.

Pour les pêcheurs à pied arrivés par la navette, les cartes de fréquentation produites par Brigand et Le Berre (2006) analysées par Godet (2008) montrent que les habitats les plus fréquentés sont ceux des sables grossiers de niveau bas à *G. glycymeris*, les banquettes à *L. conchilega* et l'habitat des sables de niveau moyen à bas à *C. edule*.

d) Connaissance de la réglementation

Selon l'enquête réalisée par le SyMEL dans le cadre du Life PAPL, près des trois quarts des pêcheurs à pied enquêtés connaissent l'existence d'une réglementation (Pinel et al., 2016). Cette connaissance est beaucoup plus faible pour les pêcheurs occasionnels : selon les données 2016 cette connaissance est considérée bonne pour 17% d'entre eux et moyenne pour 37% d'entre eux. La conformité du panier, également réalisée dans le cadre du Life PAPL, va dans le même sens et montre un taux de conformité beaucoup plus bas pour les pêcheurs occasionnels (35% des pêcheurs ont une conformité de leur panier de pêche supérieure à 90%) que pour les pêcheurs réguliers et les résidents (respectivement 67% à 82% des pêcheurs ont une conformité de leur panier de pêche supérieure à 90%).

e) Capacité pour un usage durable

Conceptuellement, la capacité pour une pêche à pied durable pourrait être définie par un niveau maximal de fréquentation, une quantité de ressource maximale à prélever et un seuil d'intensité de certaines pratiques impactantes (ratissage, mouillage sur site...) qui permettraient tous trois : la capacité (i) de renouvellement des stocks exploités, (ii) de maintien d'une bonne qualité sanitaire des sites de pêche à pied et (iii) de maintien d'un paysage plaisant. Le manque de données pour ces différents éléments ne nous permet pas de se prononcer sur cette capacité pour un usage durable et nécessiterait un suivi approfondi de la fréquentation, des prélèvements et du type de pratique ET de

³⁵ Une étude similaire menée sur le périmètre de la zone Natura 2000 « Côte de Granit Rose » a montré que les pêcheurs récréatifs répartissent leur pratique entre la consommation du paysage (64%), l'extraction de ressource (34%) et l'activité sportive (2%) (Patiès, 2018).

ses impacts sur l'état des stocks, la qualité des sites et le paysage. Le respect de la réglementation existante et des mesures de gestion définies sur la base de l'étude des impacts de l'activité de pêche à pied sur la mosaïque d'habitats peuvent néanmoins plaider en faveur du maintien de la capacité pour une pêche durable.

7.3.3 Indicateurs de services écosystémiques « espèces emblématiques »

La notion d'espèce emblématique, ou patrimoniale, recouvre les espèces protégées, rares, menacées, ayant un intérêt scientifique ou symbolique et ayant fait l'objet d'un processus de patrimonialisation (Mongruel et al., 2019). La patrimonialisation peut être vue comme une construction sociale résultant d'activités d'individus qui produisent et diffusent des discours et des représentations sur l'espèce ou l'écosystème en jeu, et qui mobilisent leurs ressources pour les faire reconnaître. Cette patrimonialisation n'est pas un processus linéaire et n'est pas forcément synonyme de l'acquisition d'un statut juridique de protection (Mongruel et al., 2019).

Les experts scientifiques et gestionnaires de l'archipel de Chausey consultés lors du triage des services écosystémiques clés ont identifiés trois espèces ou groupes d'espèces patrimoniaux : les oiseaux marins, la praire (*Venus verrucosa*) et le homard (*Homarus gammarus*).

a) Les oiseaux marins

L'archipel de Chausey est régulièrement et de manière importante, fréquenté par des oiseaux marins dont certains sont d'importance communautaire, migrants pour l'essentiel ou visés dans l'annexe 1 de la Directive Oiseaux. Ainsi, l'archipel de Chausey a été désigné en juin 1988 comme site Natura 2000, classé au titre de la Directive "Oiseaux" (Site FR2510037 – Chausey). Ce classement témoigne de l'importance du site pour les populations d'oiseaux marins et sa nécessité de gestion. Parmi les oiseaux marins qui fréquentent l'archipel, on peut citer :

- Le Grand Cormoran (parmi lesquels la race continentale)
- L'Aigrette garzette (présence toute l'année)
- La Sterne caugek (présence occasionnelle)
- Le Plongeon (trois espèces en passage).

Chausey est identifié comme le premier site français pour la nidification de plusieurs espèces :

- Le Cormoran huppé (1% des effectifs mondiaux qui nichent à Chausey - ~2000 couples)
- Le Goéland marin (~750 couples)
- L'Huitrier-pie
- Le Tadorne de belon
- Le Harle huppé (seul site de nidification régulière, 1 couple)

Chausey est également un site de nidification régulière pour le Grand Cormoran et un lieu de reproduction pour le Tadorne de Belon (~50 couples), le Goéland argenté (en fort déclin), le Goéland brun (en petit nombre) et la Sterne pierregarin. Des Fous de Bassan y sont également parfois présents, provenant de la colonie de reproduction des Sept Iles.

Enfin, Chausey est le lieu de passage d'espèces en migration, en estivage ou en hivernage :

- Stationnement de Macreuses noires hivernantes et migratrices, en complément des 6000 à 15000 individus régulièrement recensés en Baie du Mont Saint-Michel
- Stationnement du Puffin des Baléares au large de Carolles (jusqu'à 2000 individus)
- Hivernage de l'Eider à duvet, du Harle huppé (~100 individus), des Plongeurs catmarin, arctique et imbrin, des Grèbes huppé et esclavon, de la Bernache cravant (~200 individus), du Guillemot de Troïl et du Pingouin torda.

- Migration observée du Puffin des anglais, des Sternes caugek et pierregarin, de la Guifette noire. Présence des Mouettes mélanocéphale et pygmée en période inter-nuptiale



Sterne pierregarin
© Patrimoine Normand



Tadorne du Belon
© Patrimoine Normand



Huîtrier-pie
© Patrimoine Normand



Grand Cormoran
© Patrimoine Normand

Conditions / état du service écosystémique

La capacité biophysique de la mosaïque d'habitat à constituer un support pour les oiseaux marins résulte principalement de l'état des populations fréquentant l'archipel de Chausey et de l'état écologique des habitats utilisés par ces populations.

- **Etat des populations d'oiseaux marins**

Les espèces d'intérêt communautaires qui fréquentent Chausey sont listées dans le Tableau 23. Ce tableau établit également le statut national et européen de l'espèce et évalue l'intérêt de la ZPS Chausey du point de vue de la conservation. Cette évaluation fait l'objet d'un protocole élaboré par le MNHN. Cette note évalue un site au regard des effectifs qu'il accueille comparativement aux effectifs recensés en France. Le ratio obtenu permet de déduire une catégorie pour l'espèce sur la ZPS considérée selon la typologie suivante : A pour $15\% < x \leq 100\%$; B pour $2\% < x \leq 15\%$; C pour $0,1\% < x \leq 2\%$; D pour population non significative.

Ainsi, l'archipel de Chausey est un site d'intérêt particulièrement fort pour : la population hivernante de Plongeon imbrin dont le statut national est vulnérable ; la population nicheuse de Harle huppé dont le statut national est également vulnérable ; la population nicheuse de Cormoran huppé ; la population nicheuse d'Huîtrier-pie dont le statut national est rare.

- **Etat des habitats utilisés par les oiseaux marins**

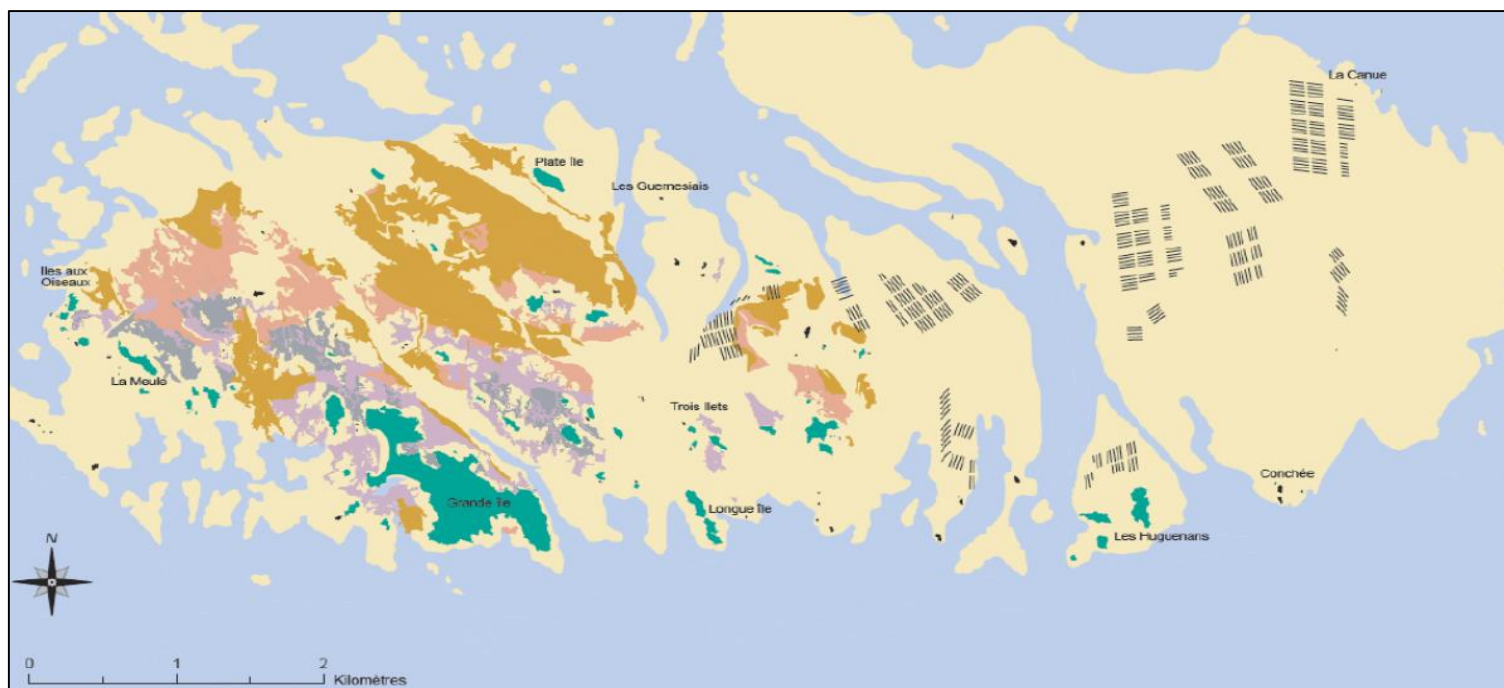
La Figure 53 permet une cartographie des habitats fonctionnels pour les oiseaux marins à Chausey. La grande majorité de ces oiseaux utilisent les îles et îlots pour la nidification et le repos, les estrans et vasières pour l'alimentation et le milieu marin pour l'alimentation et le repos. Le Tadorne du Belon, l'Huîtrier-pie, le Courlis cendré et le Chevalier gambette utilisent plus spécifiquement certains habitats intertidaux pour leur alimentation (sédiments envasés et haut niveau à *Hediste diversicolor* (A2.411) ; sédiments envasés de mi-marée à *Arenicola marina* (A2.421) ; sables de niveau moyen à bas à *Cerastoderma edule* (A2.242) ; sables de niveau bas à fortes densités de *Lanice conchilega* (A2.245).

Il n'existe pas, à notre connaissance d'évaluation de l'état écologique de ces différents habitats. Les travaux de Godet (2008) permettent néanmoins de juger du degré de fragmentation des habitats intertidaux. *La fragmentation des habitats, induite par les activités humaines, est aujourd'hui reconnue comme étant une des causes principales de disparition des espèces* (Godet, 2008 ; p.23). A Chausey, le degré de fragmentation des habitats intertidaux est ainsi évalué : Moyen pour les sédiments envasés et haut niveau à *Hediste diversicolor* (A2.411) ; Important pour les sédiments envasés de mi-marée à *Arenicola marina* (A2.421) ; Plutôt faible pour les sables de niveau moyen à bas à *Cerastoderma edule* (A2.242) ; Faible pour les sables de niveau bas à fortes densités de *Lanice conchilega* (A2.245).

Tableau 23 - Statuts des espèces d'intérêt communautaire et effectifs dans la ZPS Chausey (adapté de Vial, 2010)

Ordre / Famille	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Réglementation					Statut national		Statut européen	Statut à Chausey	Effectif nicheur (en nombre de couples) et effectif hivernant (en nombre d'individus) de 1998 à 2008	% de la population nationale	Evolution des populations	Évaluation de la ZPS
			NAT	DO	BER	BON	WASH	Nicheur	Hivernant						
Graviiformes	Plongeon arctique	<i>Gavia arctica</i>	I	I	II	II			V	SPEC 3	H	1-10	0,1-12	stable	B
	Plongeon catmarin	<i>Gavia stellata</i>	I	I	II	II			V	SPEC 3	H	1-10	0,1-13	stable	B
	Plongeon imbrin	<i>Gavia immer</i>		I		II			V	Non SPEC	H	1-7	0,6-23,3	stable	A
	Grèbe esclavon	<i>Podiceps auritus</i>		I		II			V	Non SPEC	H	2-22	0,4-5,5	stable	B
Anatidés	Bernache cravant	<i>Branta bernicla</i>	I	EMR		II			AS	SPEC 3	H	90-260	0,08-0,3	stable	C
	Harle huppé	<i>Mergus serrator</i>	I	EMR	III	II		V	R	Non SPEC	N	1-2	50-100	stable	A
	Tadorne de Belon	<i>Tadorna tadorna</i>	I	EMR	II	II		ND	ND	Non SPEC	H	60-170	1,5-4,6	+	B
	Macreuse noire	<i>Melanitta nigra</i>		EMR		II			ND	Non SPEC	H	40-50	1,3-2	stable	C
Procellariidae	Océanite tempête	<i>Hydrobates pelagicus</i>	I	I	II			V	Ne	SPEC 2	N?	?	?	?	?
											M	1-66	?	?	?
Phalacrocoracidae	Grand cormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i>	I	EMR				ND	ND	Non SPEC	N	184-295	3,0-4,8	-	B
											H				
	Cormoran huppé	<i>Phalacrocorax sinensis</i>	I	EMR				ND	Ne	Non SPEC	N	459-1086	7,4-18,1	+	A
Ardeidae	Aigrette garzette	<i>Egretta garzetta</i>	I	I	II		III	AS	Ne	Non SPEC	N	9-26	0,06-0,17	+	C
											H				
Charadriidae	Huîtrier-pie	<i>Haematopus ostralegus</i>		EMR	III			R	ND	Non SPEC	N	160-245	13,3-22,2	stable	A
											H	370-900	0,6-1,8	stable	C
											M				
Scolopacidae	Courlis cendré	<i>Numenius arquata</i>		EMR	III	II		AS	D	SPEC 1	H	80-120	0,3-0,7	stable	C
											M				
	Chevalier gambette	<i>Tringa totanus</i>		EMR	III	II		R	R	SPEC 2	H	50-70	0,8-1,4	Stable	C
Laridae	Goéland marin	<i>Larus marinus</i>	I	EMR				ND	ND	Non SPEC	N	339-808	7,5-18,7	+	A
	Goéland argenté	<i>Larus argentatus</i>	I	EMR				ND	Ne	Non SPEC	N	557-1646	0,7-2,1	-	B
	Goéland brun	<i>Larus fuscus</i>	I	EMR				ND	Ne	Non SPEC	N	23-181	0,1-0,9	stable	C
Sternidae	Sterne pierregarin	<i>Sterna hirundo</i>	I	I	II	II		AS	Ne	Non SPEC	N	29-70	0,4-1,4	stable	C
											M				

Légende : Réglementation : Nat = Réglementation nationale française; DO I = espèce inscrite à l'annexe I de la Directive Oiseaux, DO EMR = Espèce migratrice régulière de la Directive Oiseaux ; BER II = Annexe II de la Convention de Berne, BER III = Annexe III de la convention de Berne, WASH II = Annexe II de la convention de Washington, WASH III = Annexe III de la convention de Washington ; Statut national : ND = Non défavorable ; AS = A Surveiller ; L = localisé ; D = En déclin ; R = Rare ; V = Vulnérable ; E = en danger, Ne = Non évalué ; Statut européen : Non SPEC = espèce à statut européen non défavorable dont la majorité de la population mondiale se trouve hors d'Europe ; SPEC 3 = espèce à statut européen défavorable dont la majorité de la population mondiale se trouve hors d'Europe ; SPEC 2 = Espèce à statut européen défavorable dont la majorité de la population mondiale se trouve en Europe ; SPEC 1 = Espèce menacée à l'échelle planétaire ; Statut à Chausey : N = Nicheur ; H = Hivernant ; M = Migrateur



Habitats (la couleur en trame de fond correspond à la légende de la carte)	Grand cormoran	Cormoran huppé	Aigrette garzette	Harle huppé	Goéland brun	Goéland marin	Bernache cravant	Sterne pierregarin	Océanite tempête	Plongeon arctique	Plongeon catmarin	Plongeon imbrin	Grèbe esclavon	Tadorne de Belon	Huîtrier-pie	Courlis cendré	Chevalier gambette	Goéland argenté	Macreuse noire
Iles et îlots rocheux	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	-	N/R	N(?)	-	-	-	-	N/R	N/R	R	R	N/R	-
Iles et îlots végétalisés avec récifs																			
Estran et vasières	A(h)	A(h)	A	A	A	A	A	A(h)	-	A(h)	A(h)	A(h)	A(h)	A	A	A/R	A/R	A	A(h)
Sédiments envasés et haut niveau à <i>Hediste diversicolor</i> (A2.411)														A+	A	A	A+		
Sédiments envasés de mi-marée à <i>Arenicola marina</i> (A2.421)														A	A	A	A		
Sables de niveau moyen à bas à <i>Cerastoderma edule</i> (A2.242)														A	A	A	A		
Sables de niveau bas à fortes densités de <i>Lanice conchilega</i> (A2.245)														A	A+	A+	A		
Bouchots à moules //////////////																		A	A
Milieu marin	A/R	A/R	-	A/R	A/R	A/R	R	A(h)	A/R	A/R	A/R	A/R	A/R	-	-	-	-	A/R	A/R

Figure 53 - Habitats fonctionnels pour les oiseaux et utilisation par espèce (adapté de Vial, 2010)

(A : Alimentation, A+ : Habitat préférentiel, A(h) : à marée haute ; N : Nidification ; R: Repos)

Utilisation / flux

Le flux de services écosystémiques représente, dans le cas des espèces patrimoniales, peut être définie par l'utilisation de la représentation d'espèces patrimoniales pour des événements, œuvres artistiques ou bien par la « consommation » visuelle de ces espèces par les usagers de l'archipel. Nous n'avons pas recensé de données permettant de renseigner ces indicateurs à travers les travaux existants à Chausey. A noter que la toponymie de l'archipel fait référence à l'avifaune avec l'île aux Oiseaux, îlot de 0,62 Ha situé au Nord-Ouest de Grande Île, témoin de l'ancre de ces espèces dans le patrimoine de l'archipel.

b) *La praire, Venus verrucosa et le homard, Homarus gammarus*



Plusieurs sites internet, notamment culinaires, font référence à Granville comme la capitale mondiale de la praire³⁶. Bien que cette référence ne semble pas tout à fait « institutionnalisée », elle témoigne d'une certaine revendication d'un patrimoine local. Cette référence tient probablement au fait que 70% à 80% de la production nationale soit débarquée à Granville.

Le « homard bleu de Chausey », qui ne fait pas référence à une espèce spécifique mais à une dimension davantage patrimoniale est utilisé comme outil de communication du patrimoine de Chausey³⁷.



La dimension patrimoniale de la praire et du homard à Chausey sont liées à leur pêche réalisée par les pêcheurs récréatifs et les pêcheurs professionnels.

La capacité biophysique de la mosaïque d'habitat à constituer un support pour la praire et le homard est lié à l'état de leur stock qui ne sont pas précisément évalués. Les populations de praires à Chausey bénéficient néanmoins de différents travaux développés précédemment dans ce rapport (cf. Fiche pêche récréative).

L'utilisation de la praire et du homard comme espèces patrimoniales peut être approchée par le nombre d'évènements, œuvres... en lien avec ces espèces dans la région de Chausey mais nous ne disposons malheureusement pas d'informations de ce type. Quelques informations glanées nous permettent néanmoins de recenser deux faits :

- La toponymie de l'archipel fait référence à l'espèce avec Port Homard situé près du village des malouins sur Grande-Île, témoin de l'ancrage de cette espèce dans le patrimoine de l'archipel.
- Depuis 2003, le festival des coquillages et crustacés de Granville met à l'honneur ces espèces tous les ans à travers des expositions, films, ateliers, animations, démonstrations de cuisine, marché des produits marins et dégustation d'une assiette granvillaise (bulot, praire, homard).

³⁶ <https://www.laradiodugout.fr/produits/p-produits/2009/03/praire/>
<http://www.normandiefraicheurmer.fr/la-peche-en-normandie/entry-602-praire.html>
https://www.saveurs-de-normandie.fr/wp-content/uploads/2017/03/IRQUALivre_recettes_SIA2017.pdf

³⁷ <https://www.youtube.com/watch?v=G8u7IORWV4>
<https://www.tourisme-granville-terre-mer.com/decouvrir/une-destination-pour-les-gourmets/cuisinez-le-homard-de-chausey-avec-le-chef-cyril-doraphe>
<https://www.ouest-france.fr/normandie/granville-50400/granville-chausey-son-homard-bleu-ses-saisoniers-6587546>

7.4 Résumé des indicateurs de services écosystémiques mobilisés

Tableau 24 - Inventaire des indicateurs de services écosystémiques clés mobilisés à partir de la littérature existante

SE	Condition / état du SE		Utilisation / flux de SE	
	Indicateur	Données pour Chausey	Indicateur	Estimation pour Chausey
Pêche récréative	Etat des stocks ciblés	Eléments sur la vulnérabilité des populations de praires à Chausey dans le cadre du projet MAIA + éléments sur le déterminisme de recrutement des populations de bivalves à Chausey dans le cadre du projet DRIVER (sous-projet de HEIMa)	Nombre d'usagers	Suivis de fréquentations réalisés dans le cadre de l'observatoire Bount'Îles, du projet MAIA et du projet Life PAPL
	Qualité sanitaire des sites de pêche à pied	Evaluations annuelles de la qualité des zones de production conchylicole, Département de la Manche, par l'IFREMER à partir des suivis REMI et ROCCH	Individus / biomasse prélevé.e.s	Enquêtes réalisées dans le cadre du projet Life PAPL sur les espèces prélevées
	Présence de certains éléments paysagers	/	Part du paysage dans la consommation du SE	Estimations à l'échelle du Golfe de Saint-Malo par Martin et al. (2012)
Espèces emblématiques	Etat des populations d'espèces d'intérêt patrimonial		Nombre de visiteurs des sites classés ou protégés	
	Etat des habitats utilisés par les populations			



7.5 References

- Adin, A. and Riera P. (2003). "Preferential food source utilization among stranded macroalgae by *Talitrus saltator* (Amphipod, Talitridae): a stable isotopes study in the northern coast of Brittany (France)." *Estuarine, coastal and shelf science* 56: 91-98.
- Améziane, N., P. Chardy, et al. (1996). "Modelling carbon flows in soft-bottom communiti
- Barbier P., M. Forêt, N. Toupoint, T. Meziane, F. Olivier (2016) DRIVER - Déterminisme du recrutement des bivalves sous contraintes environnementales et anthropiques. Rapport final. Programme HEIMa. 428p.
- Barbier, E. B., E. W. Koch, et al. (2008). "Coastal ecosystem-based management with nonlinear ecological finctions and values " *Science* 319.5861: 321-323.
- Brigand, L. & Le Berre, S., 2006 - Etude de fréquentation de l'archipel des îles Chausey. Rapport Laboratoire Géomer - Université de Bretagne Occidentale, Conservatoire du littoral, 115 p.
- Chmura, G. L. (2011). "What do we need to assess the sustainability of the tidal salt marsh carbon sink?" *Ocean & Coastal Management*: 1-7.
- Davoult, D., A. Migné, et al. (2009). "Spatio-temporal variability of intertidal benthic primary production and respiration in the western part of the Mont Saint-Michel Bay (Western English Channel, France)." *Hydrobiologia* 620: 163-172.
- Debray Noëlie (2015). Evaluation de la qualité des zones de production conchylicole. Département de la Manche. Edition 2015. ODE/LERN/15-08
- Duarte, C. M., H. Kennedy, et al. (2011). "Assessing the capacity o seagrass meadows for carbon burial: Current limitations and future strategies." *Ocean & Coastal Management*: 1-7.
- Duarte, C. M., N. Marbà, et al. (2010). "Seagrass community metabolism: Assessing th carbon sink capacity of seagrass meadows." *Global Biogeochemical Cycles* 24: 1-8.
- Fournier J., Desroy N., Ehrhold A., Autret E., Cordier C., Janson A.-L. (2014). Cartographie bio-sédimentaire des fonds subtidiaux de l'archipel de Chausey. Programme HEIMa. Rapport final. 62 pages + Annexes.
- Garcia, C. et al. (2011). Assessment of benthic ecosystem functioning through trophic web modelling: the example of the eastern basin of the English Channel and the Southern of the North Sea. *Marine Ecology Suppl.*1: 72-86.
- Gattuso, J. P., M. Frankignoulle, et al. (1998). "Effect of calcium carbonate saturation of seawater on coral calcification." *Global Planet Change* 18: 37-46.
- Godet L. (2008) L'évaluation des besoins de conservation d'un patrimoine naturel littoral marin : l'exemple des estrans meubles de l'archipel de Chausey. Museum national d'histoire naturelle - MNHN PARIS. 368p
- Kaiser MJ, Broad G, Hall SJ (2001) Disturbance of intertidal soft-sediment benthic communities by cockle hand raking. *Journal of Sea Research* 45:119-130
- Kostecki, C., S. Rochette, et al. (2011). "Reduction of flatfish habitat as a consequence of the proliferation of an invasive mollusc." *Estuarine, coastal and shelf science* 92: 154-160.
- Lafaille, P., E. Feunteun, et al. (2000) Role of European eel (*Anguilla anguilla* L.) in the transfert of organic matter between marine and freshwater systems. *Verhandlungen Internationale Vereinigung fur Limnologie* 27: 616-619.
- Lamort Laure, Mary Charlotte, Lesaulnier Nadine, Cochard Marie-Laure (2018). Evaluation de la qualité des zones de production conchylicole en Normandie. Département du Calvados, de la Manche et de la Seine maritime. Edition 2018. ODE/UL/LERN/18-04 .
- Lamort Laure, Mary Charlotte, Lesaulnier Nadine, Cochard Marie-Laure (2019). Evaluation de la qualité des zones de production conchylicole en Normandie. Départements du Calvados, de la Manche et de la Seine-Maritime. Edition 2019. ODE/UL/LERN/19-03
- Le Berre S. et I. Peuziat (2012) Caractérisation des activités de pêche à pied récréatives dans l'archipel de Chausey. Rapport LETG Brest Géomer – UMR 6554 CNRS, Université de Bretagne Occidentale, SyMEL, 47p.
- Le Berre, S., 2009 - Bountîles Chausey (Base d'Observation des Usages Nautiques et Terrestres des Îles et des Littoraux). Recueil méthodologique. Recueil méthodologique Laboratoire Géomer - Université de Bretagne Occidentale, Syndicat Mixte des Espaces littoraux de la Manche, 45 p.



- Lefeuvre, J. C., V. Bouchard, et al. (2000). "European salt marshes diversity and functioning: The case study of the Mont Saint-Michel bay, France." *Wetlands Ecology Academic Publishers* 8: 147-161.
- Levrel H. et al. (2009) Enquête relative à la pêche de loisir (récréative et sportive) en mer en Métropole et dans les DOM. Synthèse des résultats finaux. Ifremer, Direction des pêches maritimes et de l'aquaculture, BVA, 13 p.
- Martin, J. C., Mongruel, R., Levrel, H. (2018). Integrating Cultural Ecosystem Services in an Ecosystem Satellite Account: A Case Study in the Gulf of Saint-Malo (France). *Ecological Economics*, 143, 141-152.
- Mary C., Lamort L., Lesaulnier N. (2017). Evaluation de la qualité des zones de production conchylicole en Normandie. Départements du Calvados, de la Manche et de la Seine-Maritime. Edition 2017. ODE/LERN/17-06
- Méziane, T. et al. (1997) The use of lipid markers to define of organic matter in sediment and food web of the intertidal salt-marsh-flat ecosystem of Mont-Saint-Michel Bay, France. *Journal of Sea Research* 38: 47-58.
- Migné, A., N. Spilmont, et al. (2009). "Annual budget of benthic production in Mont Saint-Michel Bay considering cloudiness, microphytobenthos migration, and variability of respiration rates with tidal conditions." *Continental shelf research* 29: 2280-2285.
- Mongruel R., Kermagoret C., Carlier A., Scemama P., Le Mao P., Levain A., Ballé-Béganton J., Vaschalde D. & Bailly D., 2019. Milieux marins et littoraux : évaluation des écosystèmes et des services rendus. Rapport de l'étude réalisée pour le compte du programme EFESE, IFREMER – UBO – AFB, 354 pages + Annexes.
- Morgan, P. A., D. M. Burdick, et al. (2009). "The functions and values of fringing salt marshes in the northern New England, USA." *Estuaries and Coasts* 32: 483-495.
- Ouisse, V. (2010). Production primaire et respiration des communautés d'herbiers à zostère : rôle dans le cycle du carbone en milieu côtier. ED sciences de l'environnement d'Ile de France. Ile de France, UPMC.
- Patiès E. (2018) Quel est le poids économique des services écosystémiques culturels marins et littoraux au sein du territoire Côte de Granit Rose – Sept-Iles ? Mémoire de recherche, Master EEET, AgroParisTech, Université Paris-Saclay. 110p.
- Perez V, Meziane T, Tremblay R, Neumeier U et Olivier F (2012) MAIA – Vers une gestion concertée des bivalves exploités, cas de la Praire Venus verrucosa (L. 1758) de l'archipel de Chausey. Rapport final. 14 pages.
- Pinel M., Perucaud A., Corbain F., Rogeau E., Scolas P. (2016) Programme life PAPL Golfe normand breton. Fiche de synthèse 2014-2015. Site pilote Archipel de Chausey. 7p.
- PNUE (Programme des Nations unies pour l'environnement) (2009) Report from the workshop on Ecosystem Service Indicators: Developing and main-streaming ecosystem service indicators for human wellbeing: Gaps, opportunities and next steps, UNEP World Conservation Monitoring Centre, Cambridge (UK), 33 p.
- Riera, P. (2007). "Trophic subsidies of *Crassostrea gigas*, *Mytilus edulis* and *Crepidula fornicata* in the Bay of Mont Saint Michel (France): A $\delta^{13}C$ et $\delta^{15}N$ investigation." *Estuarine, coastal and shelf science* 72: 33-41.
- Roport M., Lamort ., Debray N. (2016). Evaluation de la qualité des zones de production conchylicole en Normandie. Département du Calvados, de la Manche et de la Seine-Maritime. Edition 2016. ODE/LERN/16-08
- Schoenn J. (2013). Définition et quantification des fonctions écologiques dans le golfe Normano-Breton. Une étape dans l'évaluation des biens et des services écosystémiques d'une future Aire Marine Protégée. Mémoire de Master 2 Ecologie Spécialité Fonctionnement et Gestion des Ecosystèmes Marins (FOGEM) Co-habilité entre l'Université des Sciences et Technologies de Lille (Lille 1) et l'Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO). 44p
- Thiébaud, E. (2007). Influence des facteurs abiotiques et biotiques sur la dynamique des sédiments et des écosystèmes intertidaux. *Oceanis*, 32 : 145-161.
- Thorin, S., A. Radureau, et al. (2001). "Preliminary results on a high est-west gradient in the macrozoobenthic community structure of the Mont Saint-Michel Bay." *Continental shelf research* 21: 2167-2183.
- Trigui, R. J. (2009). "Influence des facteurs environnementaux et anthropiques sur la structure et le fonctionnement des peuplements benthiques du Golfe Normano-Breton." *ED* 227: 200.
- Vial R., 2010. Document d'Objectifs Natura 2000 – Iles Chausey – Zone de Protection Spéciale, Conservatoire du littoral, DREAL Basse-Normandie, 272 p.



8 Evaluation de l'acceptabilité de mesures de gestion de la fréquentation par les usagers de l'archipel de Chausey

8.1 Introduction

La mosaïque d'habitats composant l'estran de l'archipel de Chausey est jugée en état de conservation favorable par les experts mais pourrait, à terme, subir les effets de sa fréquentation par les usagers récréatifs de l'archipel. En effet, elle est intensément fréquentée par (i) les pêcheurs à pied lors des grandes marées ; (ii) les plaisanciers lors des grandes marées et de la belle saison ; (iii) les promeneurs, de plus en plus nombreux l'été à venir profiter du paysage de l'archipel (Brigand et Le Berre, 2006). Le Document d'Objectifs (DocOb) du site Natura 2000 « Chausey », dont l'élaboration devrait débuter en 2021, sera l'occasion de définir des actions visant à maintenir l'état de conservation favorable de la mosaïque d'habitats face aux enjeux de fréquentation du site.

L'objectif de ce travail est de mieux comprendre les préférences des usagers de l'archipel pour différents éléments constitutifs de leur environnement dans la pratique de leurs activités et mieux identifier la demande sociale pour les services écosystémiques fournis par l'archipel. Il s'agit d'un point de vue plus opérationnel, d'explorer les mesures de gestion de la fréquentation les plus adaptées aux enjeux écologiques et humains de l'archipel en vue d'apporter une aide aux gestionnaires dans leurs futures prises de décision.

8.2 Méthode

8.2.1 Enquête en ligne

L'étude repose sur un processus d'enquête réalisée auprès d'un échantillon d'usagers de l'archipel de Chausey. La construction de l'enquête s'est déroulée d'avril à juillet 2020. Un groupe d'experts constitué de scientifiques et des gestionnaires du site s'est réuni une fois et a échangé à maintes reprises par courriels pour délimiter le périmètre de l'étude et le format du questionnaire.

Le questionnaire se divisait en 4 parties. La première partie était composée de questions fermées et visait à caractériser la connaissance de l'archipel, les activités pratiquées, la perception du degré de fréquentation de l'archipel ou encore la sensibilité environnementale. La partie 2 du questionnaire variait selon l'activité principale du répondant : plaisance, pêche à pied ou promenade à Chausey. Cette seconde partie présentait différents scénarios d'évolution de l'environnement dans lequel est pratiquée l'activité récréative à Chausey. Elle s'appuie sur une méthode économique appelée méthode des choix multi-attributs (MCMA) qui constitue le cœur de l'enquête. La partie 3 du questionnaire cherchait à évaluer l'acceptabilité des répondants au regard d'un ensemble de mesures de gestion potentiellement applicables aux îles Chausey. Enfin, la quatrième partie visait à récolter les données sociodémographiques des répondants.

L'enquête était initialement envisagée sur site mais, du fait de la crise sanitaire empêchant quelconque déplacements sur site, elle a été réalisée sous forme de questionnaire en ligne, hébergée sur le serveur Sphinx version Declic. L'administration de l'enquête auprès des usagers de l'archipel de Chausey a été



réalisée par certaines organisations et via les réseaux sociaux³⁸. L'enquête a été diffusée entre le 26 juillet 2020 et le 25 août 2020. Au total, nous avons obtenu une base de données de réponses complètes composée de 74 individus.

L'analyse des données repose sur l'utilisation d'outils de statistiques descriptives et explicatives. Le cœur de l'analyse fait appel à l'utilisation d'outils économétriques de modélisation des choix dans le but d'expliquer la distribution des préférences (partie 2) au sein de la population au regard de variables sociodémographiques (partie 4) et de variables liées aux usages (partie 1). Cependant, en septembre 2020, le trop faible nombre de répondants ne nous permet pas de mener cette analyse économétrique.

8.2.2 La méthode des choix multi-attributs

La méthode des expériences de choix est une méthode quantitative issue des sciences économiques. Elle s'inscrit dans la catégorie des méthodes dites de « préférences déclarées » qui cherchent à identifier les consentements à payer/recevoir ou de simples préférences dichotomiques recueillies dans le cadre de protocoles et de traitements normalisés. La méthode des expériences de choix émerge de la volonté de disposer de méthodes d'évaluation ex-ante et multidimensionnelle par opposition à la méthode d'évaluation contingente qui ne prend en compte que la seule option soumise à évaluation (Dachary-Bernard et Rambonilaza, 2012). Dans ce travail, le bien évalué représente l'environnement dans lequel est pratiquée une activité récréative (plaisance, pêche à pied ou promenade) à Chausey. La MCMA repose sur différentes théories économiques parmi lesquelles la théorie de Lancaster (1966) selon laquelle l'utilité procurée par un bien est égale à la somme des utilités procurées par ses différentes caractéristiques, nommées attributs. Dans ce travail, les attributs représentent les caractéristiques environnementales qui agissent potentiellement sur l'activité récréative à Chausey.

L'objectif est ici d'inviter les répondants à se positionner en indiquant leurs préférences face à plusieurs scénarii. Les scénarii correspondent à une évolution de l'environnement dans lequel est pratiquée l'activité récréative à Chausey. Pour cela, les attributs sont associés à différents niveaux, c'est-à-dire que la quantité et/ou la qualité des caractéristiques environnementales varient selon les scénarii. Ces variations sont indirectement liées à une gestion plus ou moins forte de la fréquentation et ses impacts sur la mosaïque d'habitats à Chausey. En s'appuyant sur des enquêtes, les personnes interrogées sont confrontées à des descriptions alternatives du projet, construites par combinaison de ces différents attributs. Les descriptions des alternatives sont présentées dans un certain nombre d'ensembles de choix comprenant au moins une option alternative ainsi qu'un statu quo et/ou une option de non-choix. Dans chaque ensemble, les personnes interrogées sont invitées à choisir leur option préférée. Dès lors qu'un des attributs est de nature monétaire, il est possible d'inférer, à partir des réponses, le consentement à payer/recevoir pour le projet et ses divers attributs. Ce que nous souhaitons tester dans le cadre de cette étude ce ne sont pas directement les réactions des usagers face aux mesures de gestion susceptibles d'être mises en place à Chausey, mais plutôt leurs réactions

³⁸ Diffusion sur les réseaux sociaux (Facebook et LinkedIn) : 9 pages Facebook atteintes (publication repartagée plus de 10 fois) et une publication LinkedIn (repartagée 9 fois par les utilisateurs du site) ; Prise de contact (téléphone et mail) avec de nombreuses associations et autres organismes. Au total, ce sont 21 associations et autres types d'organismes qui ont été sollicités pour l'aide à la diffusion de ce questionnaire ; Diffusion via les gestionnaires de l'archipel.



concernant les impacts écologiques et socio-économiques que ces mesures pourraient avoir sur l'archipel.

8.2.3 Etape 1 : Sélection des attributs

C'est à la suite d'un travail de recherche bibliographique et, finalement, à l'issue des discussions menées avec les gestionnaires de l'archipel que les attributs à tester sur Chausey et leurs niveaux ont été identifiés. 4 attributs ont été définis pour chacune des activités récréatives ciblées : pêche à pied, plaisance et promenade. À ces 4 attributs s'ajoute un attribut monétaire, reflétant le consentement des usagers à contribuer au financement de ces mesures de gestion. Cet aspect monétaire a d'ailleurs fait l'objet d'interrogations majeures lors de la définition des attributs. Le risque en intégrant un attribut monétaire est de s'exposer au fait que l'enquête soit mal comprise par les usagers et que ces derniers l'interprètent comme une étude visant uniquement à mettre en place de nouvelles taxes à Chausey. Après réflexion, il nous a toutefois paru essentiel d'intégrer un attribut monétaire puisque, d'une part, trouver de nouveaux leviers pour financer les actions de gestion est une option réellement envisagée par les gestionnaires, d'autre part, son utilisation permettra, in fine, de prendre en compte la contrainte budgétaire du consommateur dans sa démarche de choix (Dachary-Bernard, 2007). Ici, seul l'attribut monétaire (faisant référence à des variations de taxes) est d'ordre quantitatif. Les autres, qui s'intéressent plus particulièrement à la qualité environnementale et esthétique de l'archipel, sont d'ordre qualitatif. Une fois l'ensemble des attributs identifiés, il est ensuite nécessaire de définir les différents niveaux (ou états) pouvant être pris par chaque attribut. Ces niveaux sont définis de sorte que les scénarios produits traduisent des situations réalistes de ce que pourrait devenir Chausey. Ainsi, nous avons pris le parti de décliner chaque attribut en trois niveaux, chaque niveau représentant un degré de gestion différent dans une vision où la fréquentation de l'archipel ne cesserait d'augmenter. Dans notre cas, le premier niveau équivaut à la situation du laisser-faire où aucune mesure de gestion supplémentaire n'est prise et/ou où certaines mesures de gestion existantes sont abandonnées. Les niveaux 2 et 3 correspondent respectivement aux situations où la gestion de la fréquentation est minimale et maximale (Tableau 25).

Tableau 25 - Présentation des attributs et de leurs niveaux pour les trois catégories d'utilisateurs concernées.

	Attributs	Niveau 1 (pas de gestion supplémentaire / abandon de certaines mesures de gestion)	Niveau 2 (gestion minimale)	Niveau 3 (gestion maximale)
Pêcheurs à pied	Accessibilité aux estrans	Totale sauf dans la réserve de pêche déjà existante	moitié des estrans de l'archipel	Limitée à un ou deux secteurs
	Fréquentation des estrans	Très fréquentés	moyennement fréquentés	Estrans très peu fréquentés
	État écologique des ressources marines	Rare	Moyen	Abondant
	Intervention sur le terrain	aucune	sensibilisation	contrôle
	Paiements via taxe	0 €	X € (à définir)	XX € (à définir)
Promeneurs	Accessibilité aux estrans	Totale	Moyenne	Limitée à 1 ou 2 secteurs
	Fréquentation de l'archipel	Très fréquenté	Moyennement fréquenté	Peu fréquenté
	État de la biodiversité marine	Mauvais	Moyen	Bon
	Intervention sur le terrain	Aucune	Sensibilisation	Contrôles
	Paiements via taxe	0 €	X € (à définir)	XX € (à définir)
Plaisanciers	Accessibilité pour le mouillage à l'ancre	Totale, sauf aux endroits où il est déjà interdit	Interdit sur tout habitat sensible	Interdit à l'échelle de l'archipel
	Fréquentation du plan d'eau	Très fréquenté	Moyennement fréquenté	Très peu fréquenté
	État de santé des herbiers de zostère	Critique	Moyen	Bon
	Intervention sur le terrain	Aucun	Sensibilisation	Contrôles
	Paiements via taxe	0 €	X € (à définir)	XX € (à définir)

8.2.4 Etape 2 : Construction des ensembles de choix

Il est essentiel, dans la construction des scénarios, de faire en sorte que les différents niveaux d'attributs soient combinés de façon totalement aléatoire entre eux, de sorte que chaque niveau ressorte autant de fois que les autres. Cela implique qu'au cours de l'exercice l'utilisateur peut être confronté à une situation mettant en avant une politique de gestion de la fréquentation particulièrement coûteuse à laquelle est pourtant associé le niveau monétaire le plus bas. Cette indépendance entre les attributs est fondamentale dans la construction des expériences puisqu'elle permet justement de tester le rôle de certaines contraintes (budgétaire, fréquentation, état de l'environnement) dans le choix des usagers.

Pour chacune des catégories d'utilisateurs, la combinaison de tous les niveaux de tous les attributs génère l'équivalent de 243 scénarios possibles ($=3^5$). Dans un souci de rationalité, il paraît tout bonnement impossible de présenter l'ensemble de ces scénarios aux enquêtés. Ainsi, un plan factoriel fractionnaire doit être construit afin de ne garder qu'un nombre restreint de scénarios parmi l'ensemble des scénarios possibles. Nous avons suivi la procédure de Kuhfeld (2005), réalisée sous le logiciel SAS, qui aboutit à un plan d'expérience constitué de 36 scénarios (sur les 243 initiaux) regroupés ensuite en 3 blocs de 6 ensembles (= 18 ensembles) de 2 scénarios, à chacun desquels on ajoute une option de statu quo. Ainsi, au cours de l'enquête, chaque usager devra effectuer 6 choix. Au sein des 18 ensembles de choix, seuls les scénarios 1 et 2 proposent des visions différentes de l'archipel. Le troisième scénario, « statu quo », est commun à l'ensemble des expériences proposées ;

faisant office de situation de référence dans une vision où, malgré une augmentation de la fréquentation de l'archipel, aucune mesure de gestion supplémentaire n'est mise en place et où, éventuellement, certaines mesures sont abandonnées.

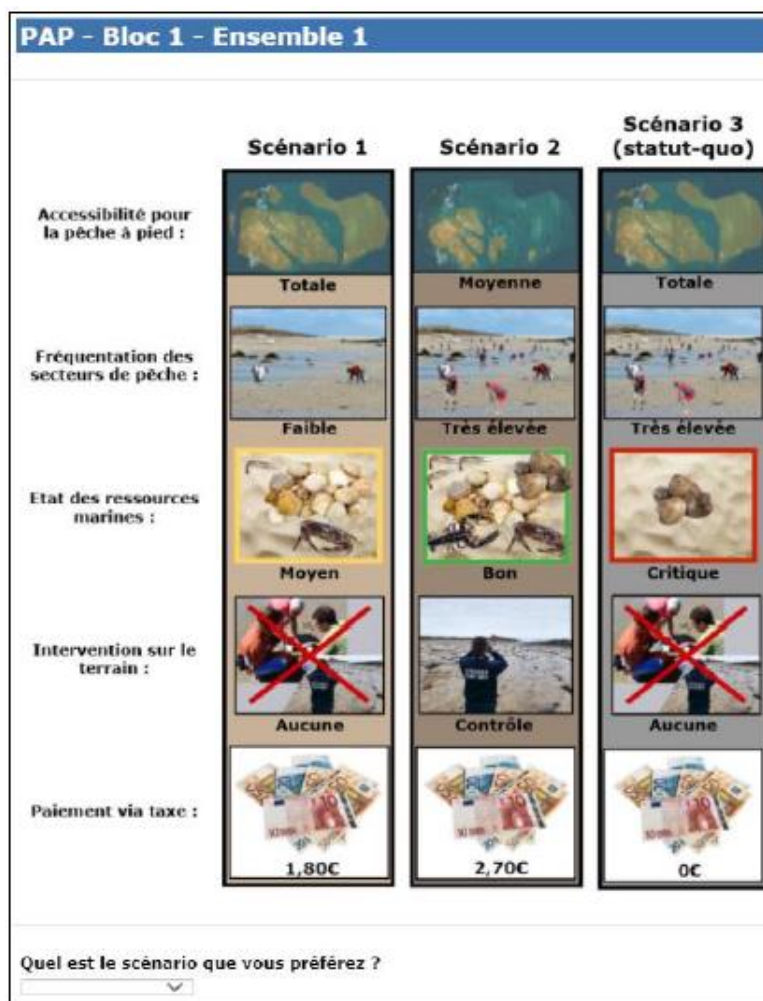


Figure 54 - Exemple d'une expériences de choix construites pour l'usage pêche à pied

8.3 Résultats

8.3.1 Présentation de l'échantillon

L'enquête comptabilise un total de 301 abandons dont la majeure partie (67,1%) s'est faite à la première page du questionnaire. De nombreuses personnes ont donc cliqué sur le lien menant à l'enquête mais ne se sont pas senties intéressées ou concernées par l'enquête. Au total, 74 retours complets ont été récoltés et seront analysés dans cette partie.

Le temps moyen de réponse était de 17min42 ; 55,4% de l'échantillon a répondu à l'enquête à partir d'un smartphone, 37,8% depuis un PC et 6,8% via tablette.

a) Origine des répondants

La majeure partie des répondants (82,4%) sont originaires de la région normande, 67,6% du département de la Manche (Figure 55). À une échelle plus locale, près d'un quart des personnes

interrogées (24,3%) sont des Granvillais. Six personnes déclarent posséder une résidence secondaire à Chausey.

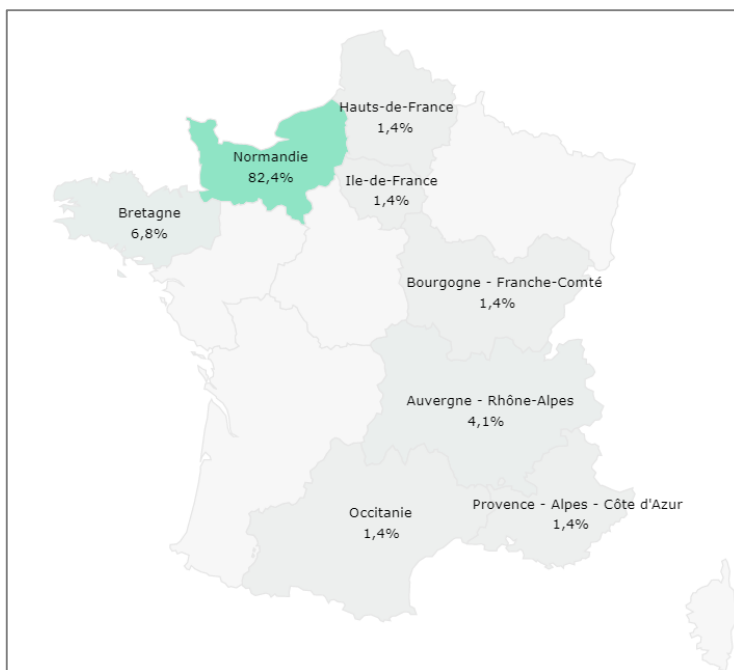


Figure 55 - Origine géographique des enquêtés

b) Âge et Catégories Socio Professionnelles (CSP) des usagers

Les retraités constituent une part non négligeable de l'échantillon (20,3%). En effet, plus de 20% des personnes interrogées ont plus de 60 ans (88,2% d'entre elles sont des retraités). Les CSP « Cadres et professions intellectuelles » et « Employés » représentent respectivement 35,1% et 27% des répondants. Elles sont principalement composées de personnes âgées de 35 à 60 ans. Les CSP Artisans/commerçants/chefs d'entreprise et Ouvriers concernent 10,8% et 2,7% des enquêtés. Près des trois quarts des personnes qui ont répondu à cette enquête sont âgés de 35 à 60 ans et plus (plus de la moitié des répondants ont entre 45 et plus de 60 ans).

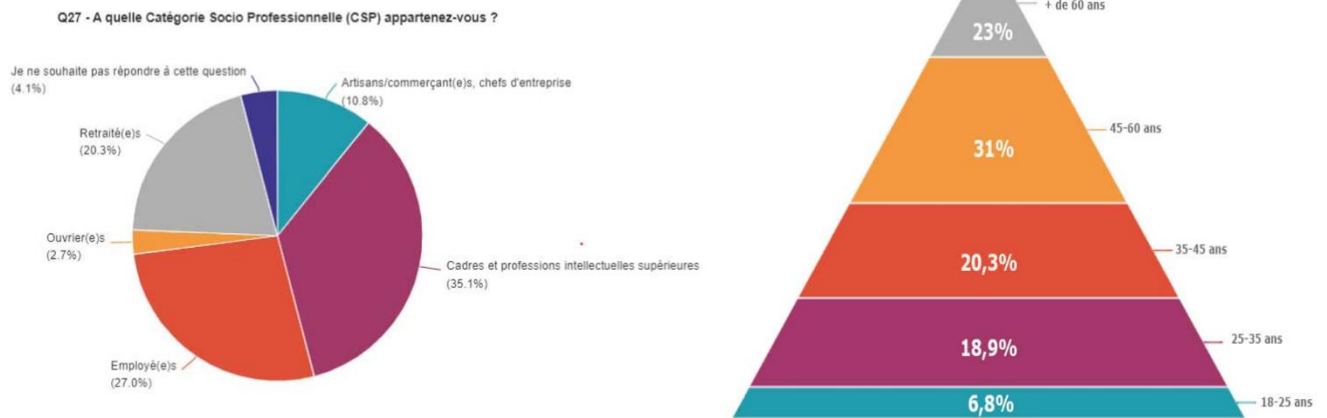


Figure 56 - Catégories socio-professionnelles (à gauche) et pyramide des âges (à droite)

c) Description des activités

La majorité des personnes interrogées sont des plaisanciers, 63,5% de l'échantillon déclare se rendre à Chausey à bord d'une embarcation personnelle. 76,1% d'entre eux déclarent naviguer à bord d'une embarcation à moteur (vedette, pneumatique, bateau de plongée) tandis que 31,9% déclarent naviguer en voilier. Nous constatons ici que certains plaisanciers s'adonnent aux deux types de navigation. Le type de mouillage principal à Chausey est le mouillage à l'ancre, il concerne 68,1% des répondants. À valeur égale, 23,4% des usagers déclarent mouiller sur équipement individuel (corps-mort ou mouillage écologique) et sur les équipements visiteurs mis à disposition dans le Sound. Peu de plaisanciers mouillent en eau profonde (8,5%), la grande majorité privilégie plutôt les zones d'échouage (48,9%).

Les résultats montrent largement que les individus se rendent à Chausey dans le but de profiter des paysages (Figure 57). 62,2% des enquêtés déclarent que la contemplation des paysages de l'archipel fait partie de leurs trois activités récréatives principales à Chausey. Les activités naturalistes s'adressant à un public plus averti, elles ne sont pratiquées que par 12,2% des individus interrogés. Les activités de type plage/baignade et promenade/détente concernent respectivement 43,2% et 45,9% des répondants. La pêche fait elle aussi partie des activités les plus réalisées dans l'archipel ; 41,9% des personnes interrogées pratiquent la pêche à pied tandis que 28,4% pratiquent la pêche en mer. Les activités de type restaurant, bar, épicerie, sieste et farniente ne concernent que 9,5% des enquêtés. Rares sont ceux qui se rendent à Chausey sans y poser un pied, seulement 6,8% de l'échantillon pratiquent uniquement une activité de plaisance. Enfin, 25,7% des personnes interrogées déclarent pratiquer d'autres types d'usages. Ces activités concernent principalement la plongée sous-marine (14,9% de l'échantillon total).

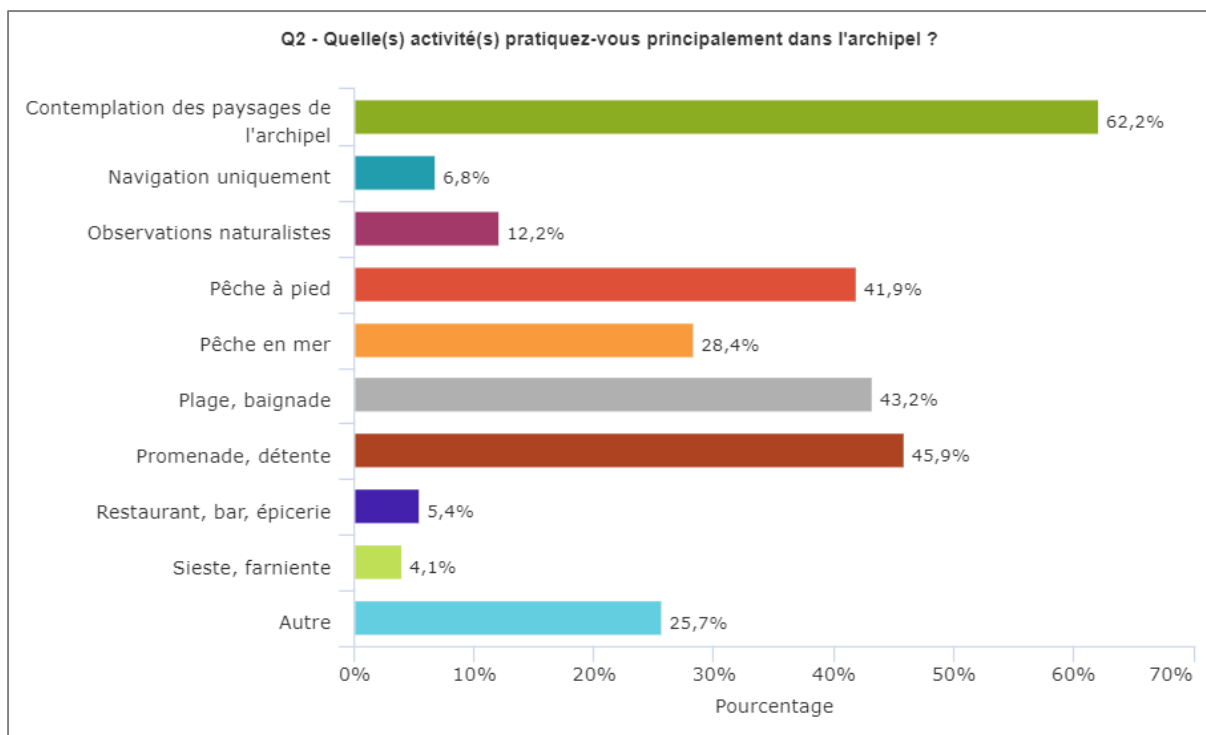


Figure 57 - Principales activités pratiquées par les répondants

d) Périodicité de l'activité

La Figure 58 montre que nous avons affaire à des habitués de l'archipel. Les enquêtés connaissent généralement l'archipel depuis longtemps (plus des trois quarts, des personnes interrogées fréquentent l'archipel depuis au moins 15 ans) et s'y rendent de façon régulière, voire très régulière (21,6% d'entre eux déclarent s'y rendre plusieurs fois par mois ; 45,9% s'y rendent plusieurs fois par an et 2,7% s'y rendent quotidiennement). Un peu plus d'un quart des interrogés s'y rendent de façon plus exceptionnelle, une à deux fois par an ou plus rarement. Les week-ends/vacances, les périodes situées en dehors des saisons de fortes affluences et les jours de grandes marées sont les principales occasions de visite mentionnées par les usagers. Ces réponses concernent respectivement 58,1%, 47,3% et 31,1% des répondants.

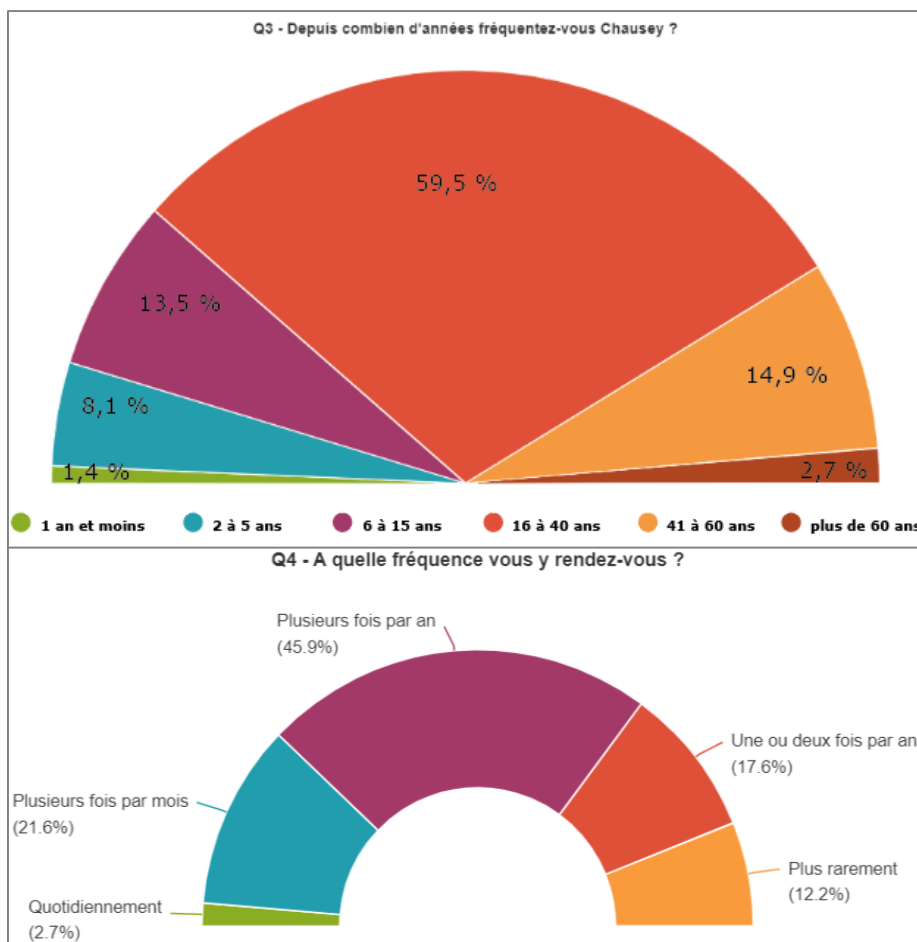


Figure 58 - Ancienneté (en haut) et fréquence des visites (en bas)

8.3.2 Fréquentation

La question n°6 « Lors de vos visites à Chausey, y a-t-il des critères pour lesquels vous accordez une importance particulière ? » ; à laquelle 54,1% de l'échantillon a répondu « oui », a permis d'identifier les principaux critères de satisfaction des usagers de l'archipel. Deux caractéristiques de satisfaction ressortent largement ; celles d'une faible fréquentation et de conditions météorologiques agréables. Elles sont respectivement mentionnées par 54,1% et 25% d'entre eux. Une plus faible partie de cet échantillon (12,5%) identifie la propreté de l'archipel ainsi que le respect de son environnement naturel comme des critères essentiels.

a) Importance et dérangement liés à la fréquentation

Globalement, la fréquentation de l'archipel est perçue comme importante par les usagers (Figure 59), plus des trois quarts des personnes interrogées qualifient la fréquentation d'importante (51,4%), voire très importante (25,7%). Les analyses révèlent que certains types d'usagers perçoivent plus l'intensité de cette fréquentation que d'autres. C'est notamment le cas des personnes déclarant pratiquer des activités de type « observations naturalistes ». 66,7% d'entre eux considèrent que la fréquentation générale de l'archipel est « très importante », les 33,3% restant estimant qu'elle est « importante ».

Les avis concernant l'impact de cette fréquentation sur la qualité des activités restent mitigés (Figure 59). 51,4% des répondants qualifient cette fréquentation de « peu » (41,9%) à « pas dérangeante du

tout » (9,5%) tandis que 47,3% estiment que celle-ci serait « dérangeante » (40,5%) à « très dérangeante » (6,8%). 1,4% des personnes interrogées n'ont pas témoigné d'avis sur la question.

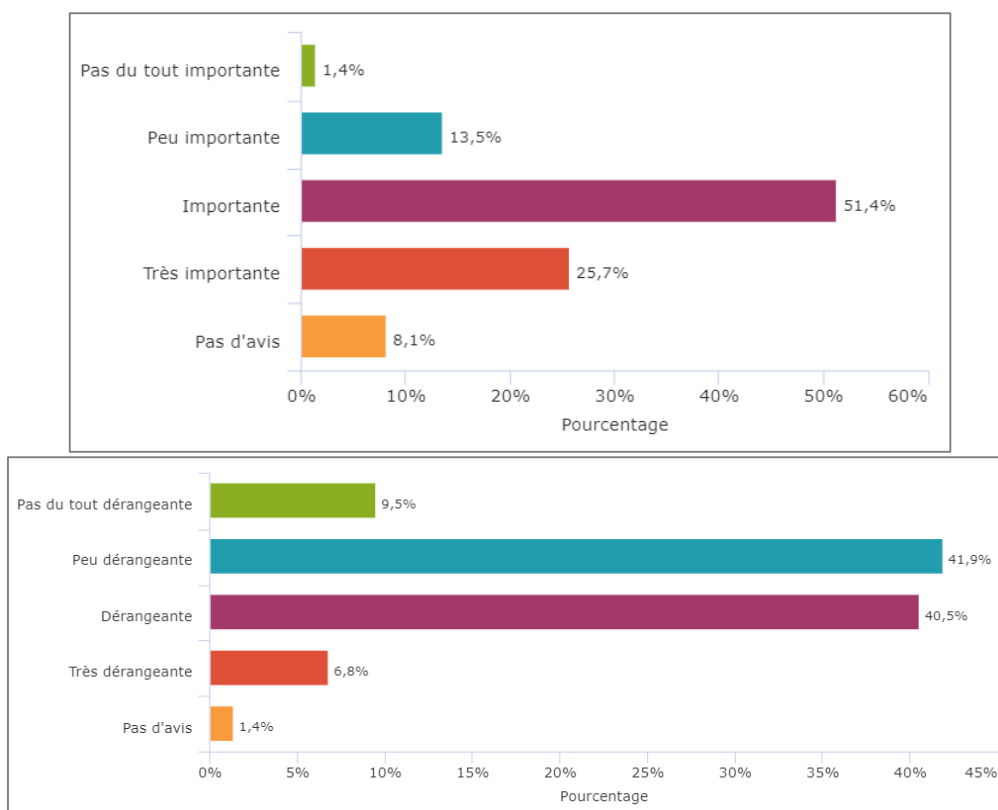


Figure 59 - Perception de l'importance de la fréquentation (en haut) et de son dérangement (en bas)

Des analyses croisées (Figure 60) permettent de constater que ce sont principalement les usagers pratiquant des activités de type « observations naturalistes » qui se trouvent être les plus dérangées par la fréquentation de l'archipel (66,7% d'entre eux la trouvent dérangeante et 11,1% la considèrent « très dérangeante »). Chez les pêcheurs à pied et les promeneurs, les avis sont partagés ; 54,9% des pêcheurs à pied déclarent être « peu » à « pas » dérangés par la fréquentation de l'archipel tandis que 45,2% avouent trouver cette fréquentation « dérangeante » à « très dérangeante ». Pour les promeneurs nous relevons sensiblement les mêmes tendances (53% contre 44,1%).

Croisement : Q2 - Quelle(s) activité(s) pratiquez-vous principalement dans l'archipel ? / De l'archipel de Chausey en général

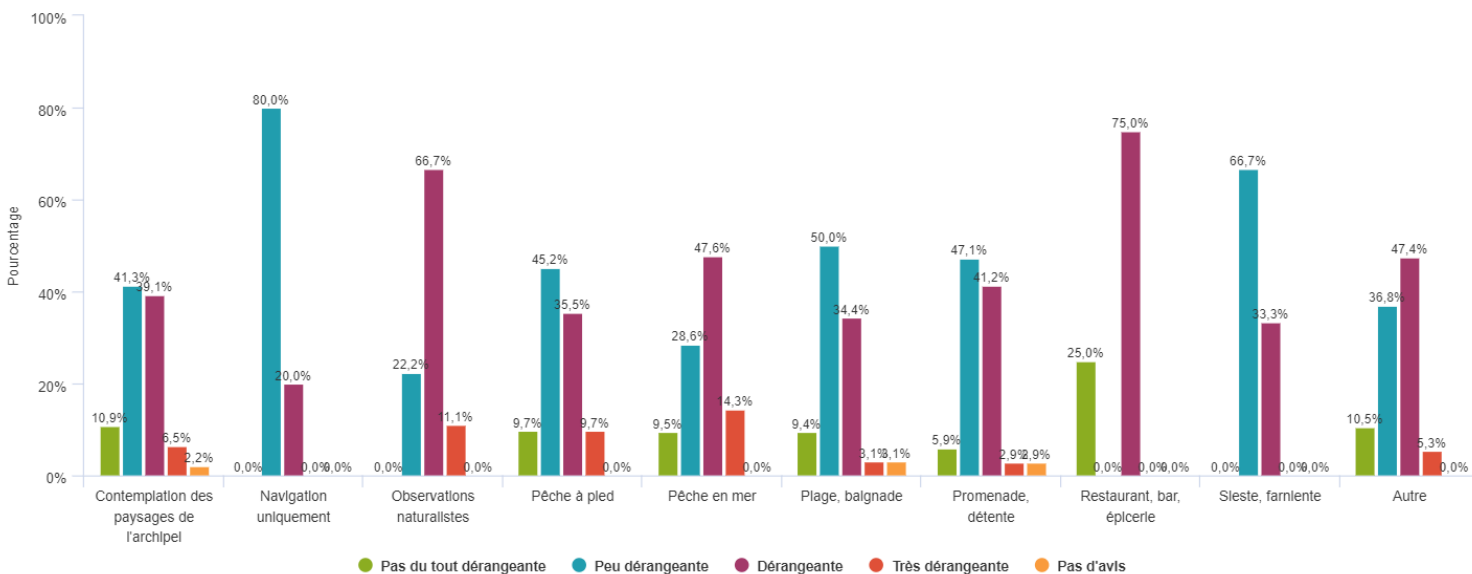

 La relation n'est pas significative. $p\text{-value} = 1,0$; $\text{Kht}^2 = 21,4$; $\text{ddl} = 36$.

Figure 60 - Mise en relation du degré de dérangement de la fréquentation de l'archipel avec les types d'activités pratiquées par les personnes interrogées

b) Impact de la fréquentation

La question 10 révèle une certaine opposition des personnes interrogées concernant la perception de l'impact environnemental de la fréquentation de l'archipel. 60,8% estiment que cette fréquentation a des impacts environnementaux négatifs tandis que 39,2 déclarent penser le contraire. Parmi les impacts identifiés, la question de la pollution de l'archipel ressort largement, elle est mentionnée par près de la moitié des usagers. Sont également mentionnés les enjeux de dégradation des habitats (12% des répondants), de dérangement des oiseaux et mammifères marins (10%) et de diminution des ressources de pêche (7%).

À la question « Pensez-vous que vos activités peuvent avoir un impact sur l'environnement de l'archipel ? », 60,8% des personnes interrogées estiment que non, un peu plus d'un quart (25,7%) pensent que oui et 13,5% déclarent ne pas savoir. Les impacts identifiés par les usagers sont sensiblement les mêmes que ceux évoqués plus tôt, à savoir : la pollution marine et terrestre, la dégradation des habitats, le dérangement des oiseaux et des mammifères marins et l'impact sur les ressources de pêche.

8.3.3 Dimension environnementale

c) Perception de l'état écologique

La grande majorité des personnes interrogées estiment que l'état général de l'environnement de l'archipel est resté stable depuis ces dernières années (60,8%). Environ un quart considère cependant qu'il aurait évolué : 17,6% déclarent qu'il se serait dégradé tandis que 8,1% voient plutôt une amélioration. Force est de constater une réelle hétérogénéité dans le discours des usagers : certains estiment que la propreté de l'archipel s'est améliorée au cours des dernières années tandis que d'autres mentionnent un réel problème de pollution du site (terrestre et marine). D'un côté, certains dénoncent une diminution de la biodiversité et de l'autre, une amélioration écologique est soulignée.



Ici, les dégradations de la nature pointées du doigt concernent la faune marine qui se raréfierait (dauphins, hippocampes, poissons). De l'autre côté, les améliorations identifiées concernent la végétation de l'archipel qui, selon certains, aurait « repris ses droits » dans quelques secteurs de la Grande île. La détérioration des sentiers de promenade et des dunes est aussi pointée du doigt ; « pierres qui ressortent partout dans les chemins alors qu'avant non », « affaissement de la dune ». Finalement, quelques répondants soulignent une certaine prise de conscience des enjeux environnementaux par les usagers de Chausey (recyclage ; respect des règles et de la nature).

d) Dispositif de protection existant

La question numéro 14 nous permet d'apprendre que la plupart des personnes interrogées ont conscience de Chausey comme d'un espace protégé (89,2% de l'échantillon). S'ils n'ont pas une connaissance très fine des mesures de protection et ne sont pas en mesure de citer leurs noms exacts, la majorité des usagers est toutefois capable d'évoquer un bon nombre d'actions mises en place par les gestionnaires du site. Plus d'un quart d'entre eux évoquent notamment le réseau Natura2000 et nombreux sont ceux qui mentionnent l'existence d'une réserve de pêche, d'une réserve ornithologique et d'autres réglementations concernant la pêche.

8.3.4 Acceptabilité des mesures de gestion de la fréquentation

Globalement, les répondants ne semblent pas s'opposer à la mise en place de mesures de gestion supplémentaires à Chausey. Pour cette question, nous avons tenté de voir s'il y avait une corrélation entre la perception des impacts environnementaux de la fréquentation et la volonté de mise en place de mesures de gestion supplémentaires dans l'archipel. Les résultats démontrent qu'il se trouve y avoir une relation très significative entre ces deux variables. Les personnes ayant conscience des impacts environnementaux négatifs de la fréquentation à Chausey se trouvent être généralement favorables à l'ensemble des types de mesures proposées dans la question 15. Rares sont les personnes ayant déclaré avoir conscience des enjeux environnementaux liés à la fréquentation de l'archipel et à s'être déclaré en opposition aux mesures proposées. À l'inverse, ce sont principalement les personnes estimant que la fréquentation de l'archipel ne peut pas entraîner d'impacts négatifs qui se positionnent contre ces mesures.

La Figure 61 permet de souligner que certaines mesures font cependant plus l'unanimité que d'autres. Notamment les actions de surveillance/contrôle et de sensibilisation qui semblent mettre la majorité des répondants d'accord.

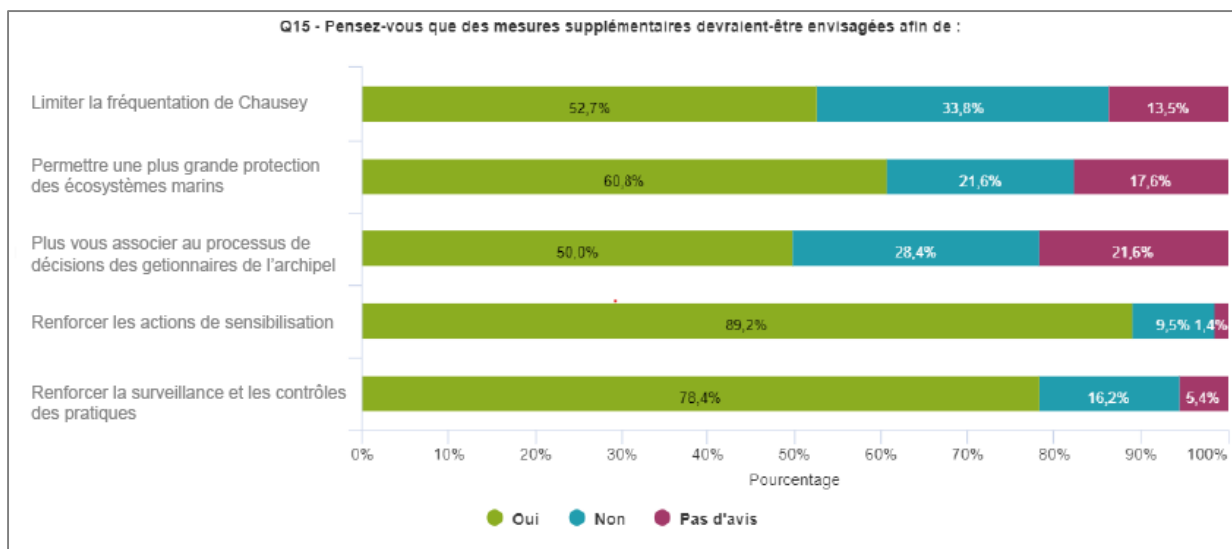


Figure 61 - Avis des usagers pour la mise en place de différentes mesures de gestion supplémentaires à Chausey

a) Pour la pêche à pied

L'acceptabilité des pêcheurs à pied est très variable selon le type de mesure proposée (Figure 62). Ils sont généralement en opposition face aux mesures visant à : fixer un seuil limite de pêcheurs ; obliger les usagers à se déclarer pour pêcher dans l'archipel ; mettre en place une licence de pêche payante. À l'inverse, ils se disent plutôt favorables à : une diminution des quotas ; la mise en place de messages de sensibilisation à bord des navettes de liaison ; le renforcement des actions de sensibilisation, de contrôle et de police.

Q24 - Voici des exemples de mesures de gestion potentiellement applicables à l'archipel de Chausey, nous souhaiterions avoir votre avis à ce sujet :

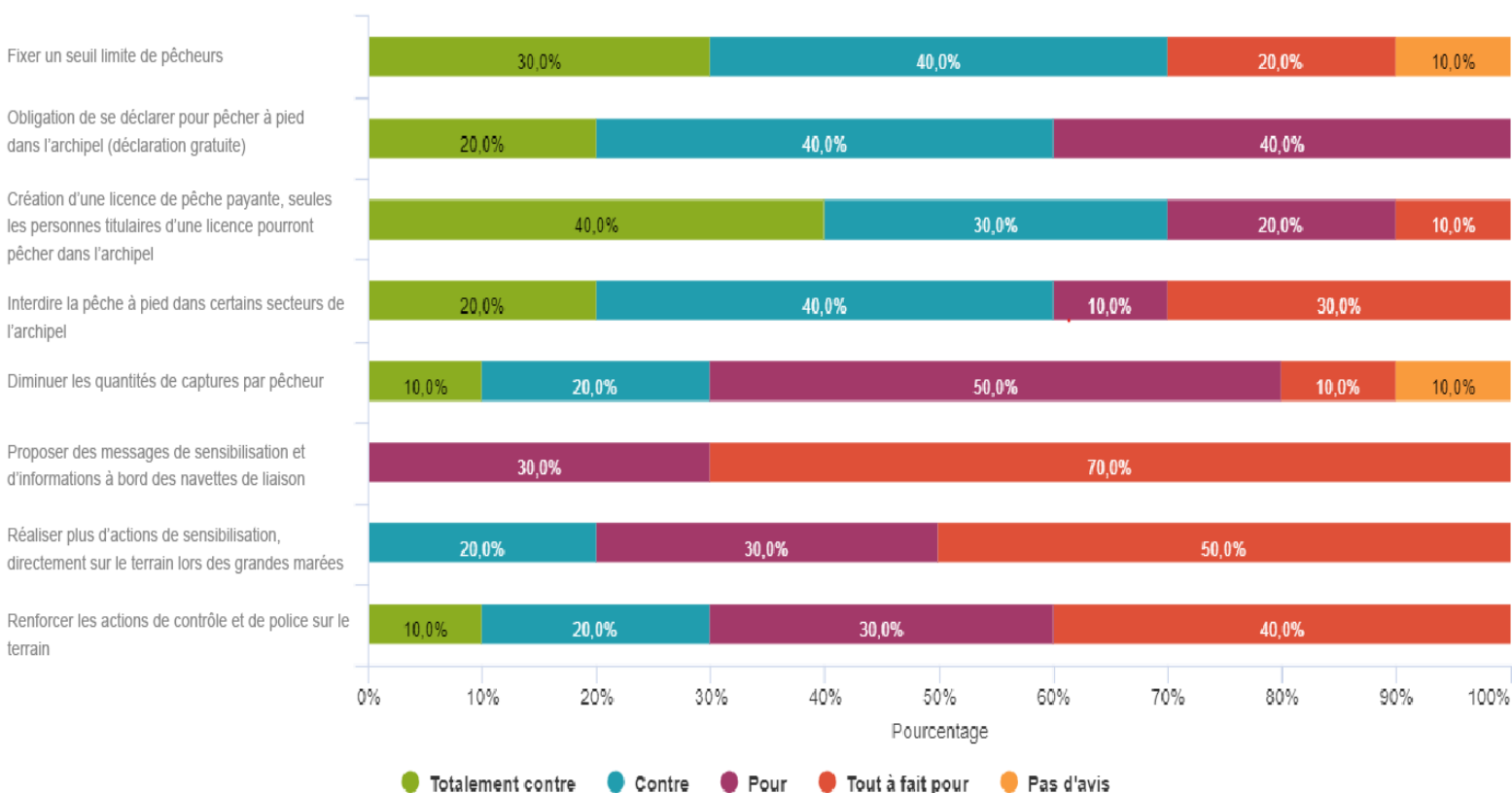


Figure 62 - Acceptabilité des mesures de gestion de la fréquentation par les pêcheurs à pied

b) Pour la plaisance

Globalement, les plaisanciers semblent plutôt en faveur de l'ensemble des mesures de gestion proposées (Figure 63). Certaines mesures telles que l'augmentation du prix du mouillage ; la mise en place d'un système de zonage des activités nautiques et l'interdiction de mouillage pour les bateaux non équipés de réceptacles à eaux noires soulèvent toutefois plus d'opposition. Les mesures concernant la gestion des pratiques de mouillage suscitent particulièrement l'intérêt des personnes interrogées. La grande majorité d'entre eux se positionne en faveur de mesures visant à protéger les habitats sensibles du mouillage à l'ancre. Les actions concernant la sensibilisation des usagers et le contrôle des pratiques semblent également être bien perçues par les répondants.

À la question 25, « Y a-t-il des mesures de gestion qui n'ont pas été mentionnées et qui vous semblent intéressantes afin de limiter l'impact de la fréquentation de loisir sur l'environnement marin de l'archipel ? », 14 usagers ont répondu oui. Parmi les suggestions, ce sont principalement des actions visant à limiter/réduire le nombre de visiteurs débarqués par les navettes (43%) qui sont demandées. La limitation de la vitesse et de la puissance des moteurs ainsi que des actions sur la pratique de la pêche à pied (contrôles / interdictions) sont aussi des idées mentionnées par les répondants.

Q24 - Voici des exemples de mesures de gestion potentiellement applicables à l'archipel de Chausey, nous souhaiterions avoir votre avis à ce sujet :

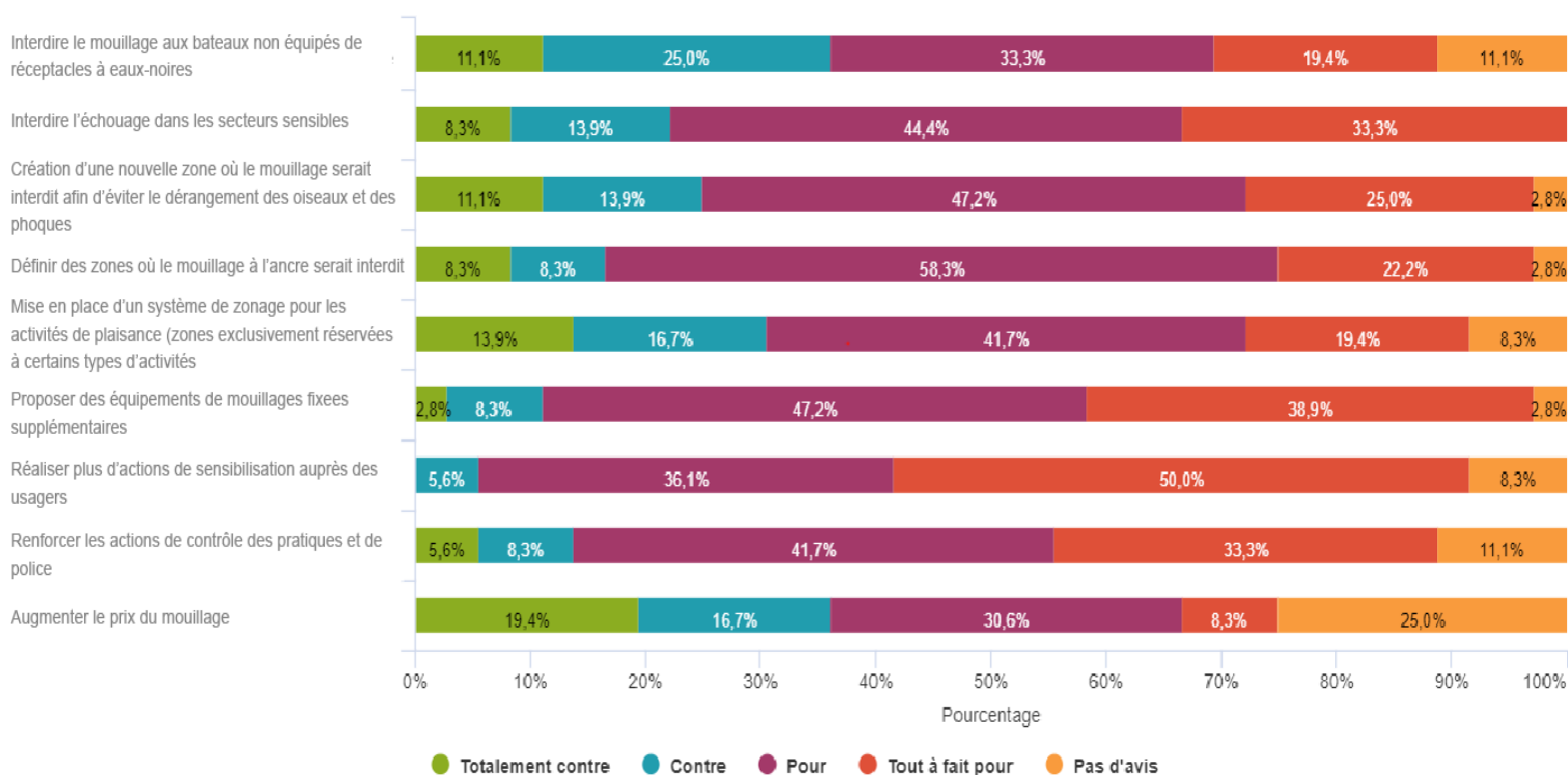


Figure 63 - Acceptabilité des mesures de gestion de la fréquentation par les plaisanciers

c) Pour la promenade

Comme pour le cas des plaisanciers, les promeneurs interrogés semblent globalement favorables à l'ensemble des mesures de gestion proposées, même si là aussi certaines actions semblent être mieux acceptées que d'autres (Figure 64). Certains usagers sont en désaccord avec la suggestion de disposer plus de panneaux informatifs à travers l'archipel, expliquant qu'il y en a déjà trop sur Grande île et qu'en rajouter contribuerait à ruiner la qualité paysagère de Chausey. Aussi, nombreuses sont les personnes s'opposant à la mise en place de nouveaux équipements de soutien tels que des sanitaires (près de 30% des promeneurs). L'un des répondants expliquant qu'accroître le nombre de sanitaires induirait inévitablement une intensification de la fréquentation.

Parmi les suggestions des promeneurs ; l'idée d'interdire l'accès aux îlots toute l'année, la mise en place de bouées de mouillages sur les principaux sites de plongée de l'archipel et la création de zones de protection forte (ZPF) sur les principaux sites de nidification sont mentionnées.

Q24 - Voici des exemples de mesures de gestion potentiellement applicables à l'archipel de Chausey, nous souhaiterions avoir votre avis à ce sujet :

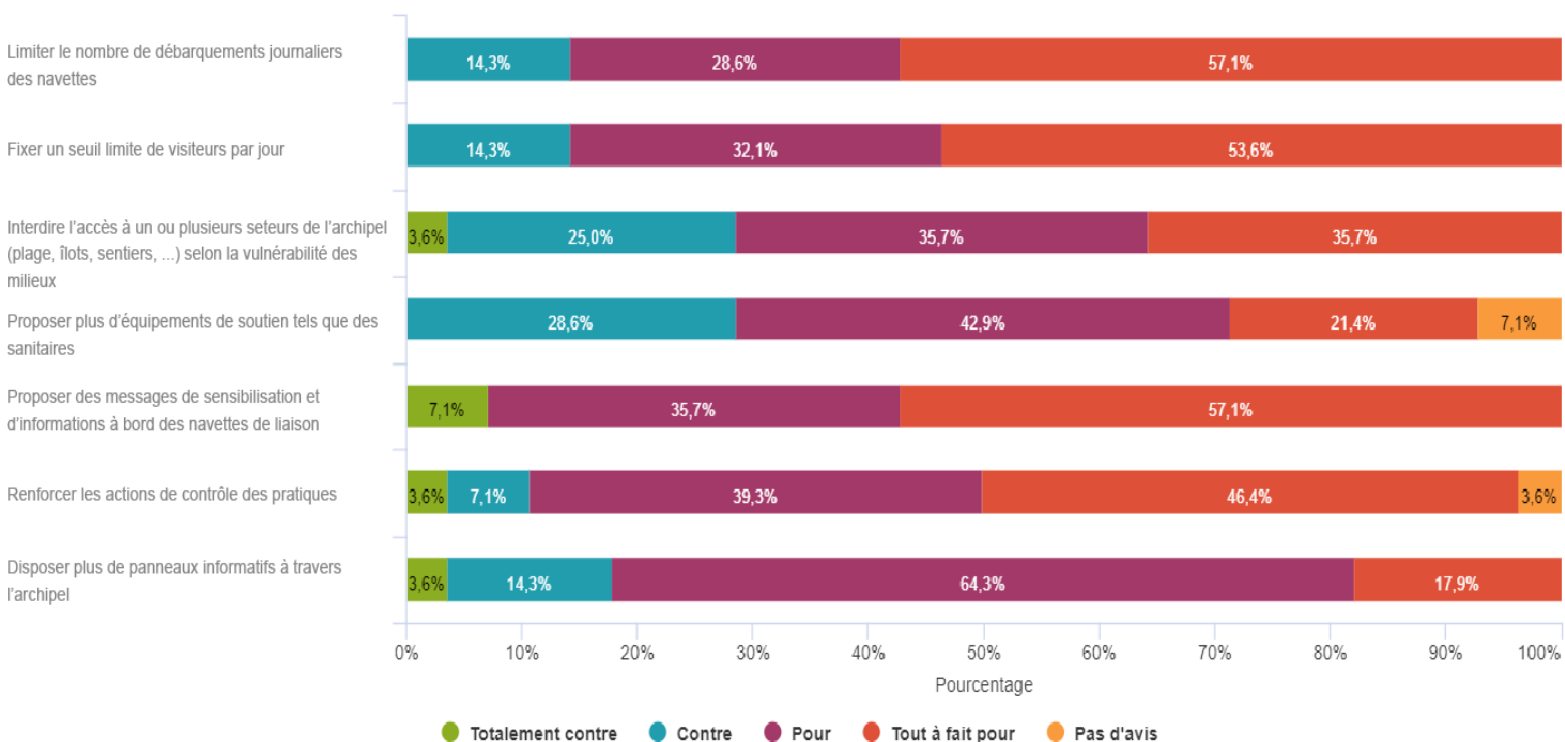


Figure 64 - Acceptabilité des mesures de gestion de la fréquentation par les promeneurs

8.3.5 Distribution des expériences de choix

De façon générale, la répartition des blocs 1, 2 et 3, pour chacune des catégories d'utilisateurs, s'est faite de façon assez homogène. Cela permettra, lorsque l'enquête aura récolté suffisamment de retours, de réaliser une analyse plus approfondie des données de la MCMA sans induire de biais trop importants. Si le nombre de retours enregistrés lors de la phase d'enquête ne permet pas, à l'heure actuelle, de réaliser une analyse économétrique des résultats, il est déjà possible d'affirmer que les répondants choisissent préférentiellement le scénario 1 ou 2 plutôt que le statu quo : sur les 444 observations de choix (74 répondants x 6 ensembles de choix présentés) 377 se sont portés vers le scénario 1 ou 2 et seulement 67 vers le scénario de statu quo. Ceci montre également une volonté à la mise en place de mesures de gestion de la fréquentation plutôt qu'un laisser-faire et à la contribution financière des répondants pour leur mise en œuvre.

8.4 Conclusion

- Des usagers globalement favorables à la mise en place de mesures de gestion de la fréquentation
- Proposer des messages de sensibilisation/information à bord des navettes de liaison
- Les mesures réglementaires, une méthode de gestion à éviter pour la catégorie d'utilisateurs « pêcheurs à pied »
- Le renforcement des actions de contrôle des pratiques et de police, une mesure généralement bien acceptée, mais complexe à appliquer



8.5 Références

Brigrand L., Le Berre S. (2006). Étude de la fréquentation de l'archipel des îles Chausey. Conservatoire du littoral, Délégation Normande. Géomer, UMR 6554 LETG – Université de Bretagne Occidentale, 121p

Dachary-Bernard J. (2007). La méthode des choix multi-attributs appliquée aux Monts d'Arrée. Cahiers d'Économie et de Sociologie Rurales, INRA Editions. 84-85, 133-166 pp.

Dachary-Bernard J. et T. Rambonilaza (2012) Choice experiment, multiples programmes contingent valuation and landscape preferences : How can we support the land use decision making process? Land Use Policy 29(4) pp.846-854

Lancaster K. (1966) A new approach to consumer theory. The Journal of Political Economy 74(2) pp.132-157



Projet LIFE016 IPE FR001 - MarHa



V

GOLFE DU MORBIHAN



9 Evaluation des services écosystémiques rendus par les vasières

9.1 Introduction

Les vasières intertidales sont des habitats marins peu ou mal connus du grand public. Situés sur la zone de balancement des marées, elles sont constituées de sédiment meuble et dépourvue en grande partie de végétation. Les vasières sont communément perçues comme des terrains désolés, hostiles, au sol collant et aux effluves âcres, n'hébergeant qu'une diversité marine pauvre, aux intérêts récréatifs nuls. Pourtant elles sont, en plus d'être extrêmement productives, cruciales pour le fonctionnement du système littoral dans son ensemble et celui de nos sociétés. Il faudra attendre 1996 pour que des chercheurs, MacIntyre, Miller et leurs collaborateurs, anoblissent ces habitats marins en révélant au grand jour leur « jardin secret » et leurs fonctionnalités.

Face au déficit actuel de connaissance des vasières et à l'image négative qu'elles véhiculent, l'exercice du TRIAGE a permis de mettre en évidence le besoin de **partager les connaissances relatives aux vasières du Golfe et de mieux sensibiliser aux services qu'elles rendent (éducation et sensibilisation)**. Car pour mieux les préserver, il est essentiel de prendre conscience du rôle écologique majeur qu'elles jouent dans l'environnement marin.

9.2 Méthode

Afin de constituer un socle commun de connaissances sur le fonctionnement des vasières intertidales et les services qu'elles rendent, plusieurs catégories d'acteurs ont été sollicités ou le seront prochainement. Afin de collecter leurs savoirs et croiser leurs visions, plusieurs méthodes sont déployées à différentes étapes :

1. Une revue bibliographique des rôles écologiques et services rendus par les vasières du golfe qui a été réalisée par Adélaïde Aschenbroich au printemps 2020.
2. Un atelier TRIAGE a été organisé en septembre 2020. Il visait à récolter les connaissances et interrogations de scientifiques et gestionnaires du golfe du Morbihan et définir les objectifs et priorités d'évaluation des services rendus par les vasières du golfe. Des entretiens semi-directifs seront également réalisés fin 2020 auprès de scientifiques et gestionnaires n'ayant pas pu assister à cet atelier.
3. Trois ateliers participatifs seront organisés en 2021 avec les acteurs du golfe afin :
 - a. de partager les connaissances et sensibiliser ;
 - b. d'intégrer leurs connaissances (évaluation délibérative) ;
 - c. de les cartographier (cartographie participative) ;
 - d. de réfléchir aux actions de d'amélioration des connaissances et de sensibilisation à développer ;
 - e. d'identifier des mesures de gestion potentielles pour améliorer l'état des vasières du golfe.
4. Une enquête en ligne sera également menée en 2021. Elle portera sur la perception des vasières auprès des acteurs maritimes du golfe (pêcheurs, conchyliculteurs, plaisanciers,



collectif d'associations, lycéens, grand-public) et leurs préférences en termes de mesures de sensibilisation et/ou de gestion autour des vasières.

5. Un atelier de restitution sera organisé à l'issue de la démarche d'évaluation afin de partager les résultats de l'évaluation au niveau local.
6. Élaboration de supports de sensibilisation

Seuls les points 1 et 2 sont présentés dans ce rapport.

9.3 Résultats

9.3.1 Description des services écosystémiques associés aux vasières intertidales dans la littérature scientifique

La revue de littérature a permis de soulever plusieurs points d'importance, parmi lesquels nous pouvons citer :

a) A l'échelle globale

Il existe plusieurs classifications des vasières s'appuyant sur des critères hétérogènes (granulométrie, pente, cohésion...) ainsi que différentes typologies élaborées pour des démarches de protection (typologie Natura 2000, typologie EUNIS, typologie des habitats marins benthiques de la Manche, de la Mer du Nord et de l'Atlantique). La plupart de ces typologies différencient les vasières dites « estuariennes », des vasières dites « marines ».

Alors même que les vasières s'étendent sur tous les littoraux du monde, aucune cartographie ni aucune estimation de leurs surfaces totales n'existe.

b) A l'échelle du Golfe du Morbihan

Peu d'études publiées concernent les vasières intertidales non végétalisées du golfe du Morbihan. Elles sont par ailleurs généralement anciennes. Les vasières intertidales nues tendent à être traitées de manière annexe dans des études sur les herbiers de zostères, ou le schorre ; ou encore conjointement avec les vasières subtidales.

Il existe peu de représentations cartographiques des vasières intertidales sensu stricto. La surface des vasières intertidales du golfe du Morbihan semble avoir fluctué selon les années, atteignant 3 786 ha en 1960, 3 073 ha en 1970 et 3 774 ha en 2007(estimation).

L'historique de la distribution des vasières serait intéressant à reconstituer comme appuie à la prédiction des phénomènes de déplacements sédimentaires ou d'envasement dans le golfe.

La turbidité varie à l'échelle du Golfe avec en moyenne 4 mg/L de matière en suspension à l'entrée du golfe et entre 6 à 34 mg/L de matière en suspension dans le bassin oriental du golfe. L'origine des sédiments fins dans le golfe est principalement allochtone. Les vases proviendraient donc majoritairement des estuaires de la Vilaine et de la Loire.

Les réflexions de gestion et les évaluations environnementales considèrent encore souvent les vasières intertidales comme « les zones adjacentes » aux habitats d'apparence plus productifs ou menacés

(vasières à herbiers de zostères, prés salés), ou les inclue par défaut sans proprement les mentionner, dans un groupe d'habitats de « sédiments meubles » (vasières subtidales, vasières à herbiers, chenaux). Bien qu'elles partagent certaines caractéristiques avec ses habitats voisins, les vasières intertidales sont néanmoins bien distinctes, de part leur écologie spécifique et les bénéfices qu'elles fournissent aux humains.

Les vasières sont constituées de 5 compartiments :

- 1- le sédiment ;
- 2- les communautés microbiennes ;
- 3- la faune benthique ;
- 4- la faune temporaire (avifaune, ichtyofaune) venant s'alimenter sur les vasières à marée basse ou à marée haute ; et
- 5- le compartiment anthropique.

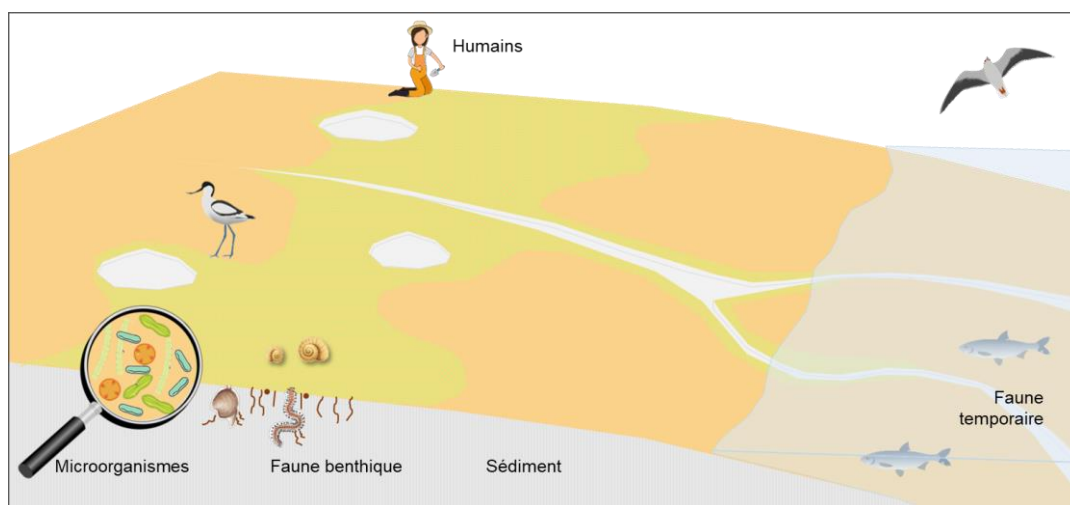


Figure 65 - Représentation schématique d'une vasière intertidale avec les différents compartiments

(Réalisation : PNR GM)

Malgré le peu d'études disponibles, certains organismes et fonctions écologiques au sein de ces compartiments peuvent être d'ores et déjà identifiés au sein du golfe du Morbihan.

Les vasières intertidales du Golfe du Morbihan pourraient potentiellement rendre 17 services écosystémiques, synthétisés dans le tableau ci-après.

Tableau 26 - Tableau des services écosystémiques des vasières intertidales liés aux fonctionnalités et aux compartiments impliqués

Les données disponibles sur les vasières du golfe du Morbihan (GM) sont présentées et utilisées pour justifier l'applicabilité du service mentionné localement (cf. colonne applicable GM) : « oui » : les données nous permettent d'affirmer que le services est rendu ; « probable » : le compartiment impliqué dans ce service est présent mais la fonctionnalité n'a pas été, ou partiellement, mesurée dans le golfe ; « potentiel » : le compartiment impliqué dans ce service est présent mais non exploité dans le golfe du Morbihan.

Service de	Services écosystémiques	Fonctionnalités impliquées	Compartiments impliqués	Données disponibles sur les vasières intertidales du GM	Applicable GM
Production	Stocks de pêche	Production primaire et secondaire	MPB, benthique, ichtyofaune	faune Stock de palourde (estimé en 2012 à 1,4 tonnes) ¹³⁵	oui
	Cultures marines	Production primaire et secondaire	MPB, benthique	faune Consommation du MPB resuspendu par les huîtres d'élevage ³⁰ , prélèvement des huîtres sauvages pour l'élevage ^(a)	oui
	Stocks d'espèces et/ou de molécules d'intérêt biochimique, pharmaceutique et/ou nutraceutique	Production de molécules bioactives et d'espèces	Diatomées, benthique	faune Présence de diatomées ³⁰ et d'arénicoles ²⁹	Potentiel
Régulation	Régulation de la qualité du milieu (eutrophisation, polluants dont métaux, matière organique)	Production primaire, photosynthèse, dégradation et reminéralisation de la matière organique et des nutriments, bioturbation	Argiles, tous les compartiments biologiques	les Présence de MPB et de faune benthique dans les vasières du golfe ^{26,28-30} concentration en métaux des vases ^{31,32}	Probable
	Stockage carbone	Captage et enfouissement de la matière organique, production primaire, bioturbation	Argiles, MPB, benthique	faune Présence de matière organique en profondeur ³³ , présence de MPB et de faune benthique ^{26,28-30}	Probable
	Régulation des maladies (pathogènes, parasites)	Filtration par la faune benthique	Faune benthique	Présence de bivalves filtreurs ^{26,28-30}	Probable
	Régulation de l'érosion (protection côtière)	Atténuation de la houle, stabilisation des sédiments (EPS, mucus, structures biogènes : tubes, galeries)	Sédiment, faune benthique	MPB, Estran à pente faible, présence de diatomées sécrétrices d'EPS ³⁰	Probable



Service de	Services écosystémiques	Fonctionnalités impliquées	Compartiments impliqués	Données disponibles sur les vasières intertidales du GM	Applicable GM	
Culturels	Support d'activités physiques, expérimentales et/ou spirituelles :	Promenades, observations naturalistes, pêche de loisirs, à titre individuel	Toutes	Tous	Pêche loisirs ⁹⁸ et observations naturalistes ^(b)	oui
		Bien-être et santé : fourniture de matière et de paysages plaisant et inspirant	Toutes	Tous	Réalisations artistiques de l'estran ^(c)	oui
	Support d'activités intellectuelles, éducatives et/ou de sensibilisation :	Recherche scientifique, acquisition de connaissances naturalistes	Toutes	Tous	Publications scientifiques ^(c, <=>) , suivis de l'avifaune ^(b)	oui
		Sujet d'éducation et de sensibilisation, visites et observations avec guides professionnels	Toutes	Tous	Intervention auprès des scolaires et du grand public ^(b, d)	oui
	Richesse patrimoniale :	Biodiversité, espèces protégées, identité culturelle et traditions liées à l'usage des vasières	Toutes	Tous, y compris humain (traditions liées à l'exploitation et à la culture marine)	Présence d'espèces protégées ¹³⁶ , patrimoine bâti lié à l'exploitation des vasières ¹⁵⁶	oui
Support	Présence/formation de sols (pour l'ostréculture et autres usages)	-	Tous	1067 hectares de concessions conchylicoles dans le golfe ¹⁵³	oui	
	Cycles biogéochimiques (matière organique et minérale, nutriments) (fonction et service)	-	Tous compartiments biologiques	Présence de MPB et de la faune benthique ^{26, 28-30}	Probable	
	Photosynthèse, production primaire (service et fonction)	-	MPB	Présence du MPB ³⁰ , observation du biofilm in situ	oui	
	Réseau trophique (service et fonction)	-	Tous compartiments biologiques	Présence de MPB et faune benthique ^{26, 28-30}	oui	
	Reproduction et nurserie (service et fonction)	-	Tous compartiments biologiques	Présence de faune benthique ^{26, 28, 29} et d'espèce de poissons ^{98, 135} dont les juvéniles sont connus pour occuper les vasières (cf. II 4.1.)	Probable	

9.3.2 Les SE rendus par les vasières dans le contexte spécifique du Golfe du Morbihan

Cette partie reprend les discussions qui ont été menées avec les scientifiques et les experts du site dans le cadre du TRIAGE.

a) Discussion sur les habitats

Il est **important de différencier les vasières des vases de ports**, tout comme il est important de **différencier les vasières estuariennes (vasières à polychètes) des vasières maritimes**, les secondes étant plus riches du point de vue écologique (faible effet de dessalure). L'intensité de services est paradoxalement pressentie comme plus forte dans le cas des vasières estuariennes.

Il faudrait éviter que l'évaluation des SE des vasières emmène à opposer les vasières et les herbiers. Il serait utile de regarder ce qui différencie la production de services écosystémiques entre vasières et herbiers, de façon à montrer les complémentarités et l'importance d'une approche globale et complémentaire entre vasières et herbiers. Il faudrait inclure les vasières à l'approche herbiers plutôt que de s'intéresser uniquement aux vasières, au risque de créer des oppositions ; voire utiliser l'image positive dont bénéficient les herbiers au profit des vasières (ex. zone d'extension potentielle).

Une réflexion pourrait être engagée sur la complétude d'un réseau de suivi pérenne, pour une surveillance des substrats meubles dans le golfe (ex. DCE).

b) Discussion sur les possibilités d'évaluation des SE

Il est possible de faire une évaluation de la capacité d'un écosystème à fournir un niveau de service (volet écologique de l'évaluation) ou d'une demande pour un certain niveau de service (volet économique et social de l'évaluation).

Dans le cadre du volet économique et social de l'approche par les SE on peut se poser différentes questions pertinentes pour améliorer la conservation des vasières : **Quels sont les besoins, les envies de la société au regard des vasières ?** Existe-t-il des demandes de conservation ? Leurs demandes sont-elles impactantes ou non sur les vasières ?

L'analyse des services écosystémiques permet d'éclairer le débat, d'éclairer la prise de décision, de faire des choix, « de vendre de la politique publique ». Dans ce cadre il serait intéressant de réaliser un état de l'art des mesures de gestion qui existent sur les vasières.

Dans le cadre du volet écologique de l'approche par les SE, on s'intéresse à la fonction écologique, ce qui permet de sortir de la distinction fréquente entre habitats qui amène à des comparaisons qui ne sont pas nécessairement souhaitables. Cette approche permet de sortir de la comparaison entre habitats remarquables et ordinaires.

Par exemple, l'approche par les SE peut permettre d'éclairer **le débat scientifique actuel autour de la caractérisation du « bon état écologique »**. Car les niveaux de services écosystémiques rendus par les habitats ne sont pas uniquement liés à ce « bon état », mais aussi à la structure même de l'habitat. En fonction de l'état de santé de l'habitat, certains services peuvent être maximisés par rapport à d'autres, sans qu'il ne s'agisse toujours des mêmes selon que l'écosystème soit jugé en « bon état » ou dégradé.

Des travaux en cours sur le développement des algues vertes sur les vasières, ainsi que sur les bilans de flux de CO₂, (question du stockage) pourraient être mobilisés.

Il serait utile d'appliquer le modèle MARS 3D d'Ifremer au Golfe, comme cela est fait sur l'étang de Thau.

c) Discussion sur les services rendus

Les niveaux de services mesurés sont alors souvent très localisés, sur des échelles de temps courtes. Cela pose la question de l'extrapolation à des échelles spatiales et temporelles plus larges.

Il peut exister un antagonisme entre les services **régulation pollution (fixation de polluants)** et **cultures marines (nourricerie pour les huîtres et palourdes)**. Il serait intéressant d'approfondir les liens entre niveau de pollution de l'eau, capacité de fixation des vasières, conchyliculture et pêche à pied de loisirs.

Le **service de limitation de l'érosion** par les vasières a été remis en question. Le fait que la vasière soit présente là où il y a peu de houle ne signifie pas que la vasière atténue la houle. De plus certains organismes, par la bioturbation qu'ils créent, ont un effet antagoniste sur la stabilité du sédiment.

Le **biofilm** de matière organique joue un rôle important qui peut interagir avec plusieurs compartiments :

- il permettrait d'alimenter les huîtres et les palourdes à proximité des vasières.
- il serait intéressant d'étudier dans quelle mesure les oiseaux présents dans le golfe se nourrissent du biofilm des vasières. Il faudrait regarder mesurer si des travaux ont déjà été menés à ce sujet et sinon réaliser un suivi des isotopes.

Les impacts des pratiques sur les vasières sont difficiles à visualiser et à mesurer, encore plus que sur les herbiers de zostères. Il serait intéressant mobiliser des matrices de pressions existantes. Par exemple : il serait intéressant de superposer les vasières du Golfe avec les concessions conchylicoles et de creuser la question de l'enrichissement du milieu par les pseudo-fèces.

d) Perception des SE rendus sur le Golfe par les gestionnaires et les scientifiques spécialistes du site

Au cours de l'atelier TRIAGE du 11 septembre 2020 (cf. § 2.2.4) tous les participants ont été invités à évaluer pour les 13 services identifiés :

- L'importance du service : qui intègre des composantes liées à la société (avantages individuels et collectifs) et liées à l'écologie (bon fonctionnement des écosystèmes), au regard du répondant et non du point de vue de la société ou de l'écosystème. Plus un service est important plus il sera pertinent de l'évaluer (de 1 à 5).
- L'exposition au facteur de changement : Ce critère permet de prioriser les services à évaluer en fonction du niveau de menace auquel ils sont exposés. Plus un service est exposé, plus sa valeur risque d'évoluer et plus il est urgent de l'évaluer (de 1 à 5).
- La possibilité d'agir : Ce critère permet de replacer l'évaluation dans le cadre de gestion que l'évaluation vise à renseigner. En effet l'évaluation dans un cadre de gestion donné n'est utile que si elle peut venir supporter la gestion. Plus il est possible d'agir sur un service, plus il est utile de l'évaluer (de 1 à 5).

- La confiance : qui indique le niveau de confiance avec lequel la personne estime avoir répondu (de 1 à 3).

Le processus de hiérarchisation a eu lieu en suivant une méthode Delphi. Suivant cette méthode, les répondants sont interrogés en plusieurs tours : au début de chaque nouveau tour on présente le résultat général du tour précédent, les répondants peuvent ainsi réévaluer leur jugement à la lumière des réponses des autres répondants.

Le premier tour a eu lieu pendant l'atelier et le second tour par email. Cette méthode permet notamment de prendre du recul vis-à-vis des discussions « à chaud » de l'atelier. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 27 - Hiérarchisation des services écosystémiques sur le site Golfe du Morbihan

Services écosystémiques		A : Importance	B : Exposition	C : Possibilité d'agir	SCORE (A+B+C)/3	Niveau de confiance
Services d'approvisionnement	Stocks de pêche	4,10	3,95	3,60	3,88	2,30
	Cultures marines	4,20	3,65	3,50	3,78	2,20
Services de régulation et de support	Régulation de l'eutrophisation	2,11	3,15	2,35	2,54	1,50
	Régulation des polluants	2,61	3,00	2,10	2,57	1,60
	Réseaux trophiques	4,36	3,45	2,45	3,42	2,18
	Nourricerie	4,10	3,50	2,50	3,37	2,20
Services culturels	Observations naturalistes	3,45	3,59	3,45	3,50	2,18
	Pêche récréative	4,00	3,64	3,91	3,85	2,18
	Chasse	1,82	2,64	3,27	2,58	1,64
	Paysage	3,55	2,55	2,50	2,87	1,80
	Recherche	2,90	2,60	2,70	2,73	1,40
	Education	2,90	2,60	3,40	2,97	1,70
	Patrimoine	3,32	2,73	3,45	3,17	1,55

La hiérarchisation ne permet pas de faire ressortir de service clés, de la même manière, aucun service ne se détache pour être rejeté de l'évaluation. Les services les mieux notés sont les services d'approvisionnement (pêche et cultures marines) et les services cultures d'observations naturalistes et de pêche récréative.

Le niveau de confiance des répondants n'est pas très élevé : seuls 6 services sur les 13 ont une note de confiance qui dépasse 2 (sur 3). On peut voir que les scores sont corrélés au niveau de confiance des répondants, cette situation peut refléter une évaluation « prudente » quand l'incertitude est forte.

Ces résultats conduisent plutôt à privilégier une approche par bouquet de service plutôt qu'un travail qui serait focalisé sur quelques services clés.

10 Modélisation qualitative du socio-écosystème du Golfe du Morbihan en appui à la conservation de la biodiversité

Remarque :

Cette recherche a reçu le soutien de la Fondation pour la recherche sur la biodiversité (FRB), qui a agi en coopération avec l'Agence française pour la biodiversité (AFB) et de ses partenaires -- www.fondationbiodiversite.fr.

L'action présentée dans cette partie a été réalisée dans le cadre d'un stage de M2 entre mars et septembre 2020. Du fait de la crise sanitaire liée à l'épidémie de Covid-19, elle n'a pas pu être réalisée avant l'opération TRIAGE sur le Golfe du Morbihan (décalé en septembre 2020). Aussi elle adopte une autre démarche que les autres actions présentées dans le rapport, puisqu'elle ne résulte pas d'un besoin identifié par le TRIAGE.

Cette action propose une réflexion méthodologique sur les approches de modélisation qualitative qui peuvent être mises en œuvre pour aider à la gestion des socio-écosystèmes.

10.1 Introduction

Un socio-écosystème représente le couplage étroit entre les systèmes sociaux et écologiques (Schulze et al., 2017). Leur étude permet d'améliorer les connaissances sur les liens existants entre la société et la nature. Les interactions entre ces systèmes sont en constante évolution en raison de rétroactions et de facteurs internes ou externes. Ces interactions se produisent à différentes échelles temporelles et spatiales, faisant des socio-écosystèmes des systèmes adaptatifs et dynamiques (Holland, 1995). Ces derniers représentent alors les liens entre des composantes multiples (physiques, économiques, biologiques, etc.) nécessitant d'adopter une approche interdisciplinaire. Pour contribuer à la gestion durable des ressources et assurer l'intégrité des écosystèmes, il est donc essentiel de comprendre la dynamique des socio-écosystèmes. Pour cela, il peut être utile de recourir à une ou plusieurs formes de modélisation.

En représentant la réalité de manière simplifiée, la modélisation permet de conceptualiser des systèmes complexes (Booch, Rumbaugh and Jacobson, 1998). Le choix de la méthode de modélisation à adopter dépend de plusieurs facteurs : données disponibles, échelle d'étude ou résultats attendus. Étant donné la complexité des interactions au sein d'un socio-écosystème, la disponibilité des données hétérogène et le taille du territoire d'étude : les approches qualitatives semblent parfaitement adaptées. L'objectif de ce travail est de mobiliser deux approches de modélisation qualitative : une centrée sur le socio-écosystème et une centrée sur l'utilisateur.

La première approche vise à étudier le socio-écosystème dans son ensemble. Cette vision holistique permet de révéler et d'étudier les interactions entre les différentes composantes du système. L'approche se fonde sur la modélisation qualitative, développée par Puccia et Levins (1985). Les modèles se composent de variables reliées entre elles par des liens positifs ou négatifs, sans que les processus soient quantifiés. En analysant mathématiquement ces liens, la modélisation qualitative teste ainsi la capacité de résilience du système face à des perturbations (Marzloff et al., 2016). Ces dernières, pensées comme des scénarios, apportent des connaissances quant aux pressions subies par les habitats marins.

La seconde approche tend à analyser le socio-système à l'échelle d'un usager. Elle se base sur la modélisation des systèmes multi-agent, permettant d'étudier les interactions entre divers agents d'un système complexe (Janssen, 2002). Les systèmes multi-agent constituent l'étape finale du processus de modélisation. Ils sont d'abord spécifiés par des modèles conceptuels représentant les actions effectuées par les agents. Dans cette étude, les modèles s'intéressent aux usagers du golfe du Morbihan pour représenter leur comportement face à l'instauration de mesures de gestion pour préserver les habitats marins.

Ces deux approches se fondent sur des démarches de modélisation d'accompagnement. C'est-à-dire qu'elle visent à produire des connaissances sur les systèmes complexes en se fondant sur le partage de connaissances entre les chercheurs et les acteurs locaux (ComMod, 2005). Dans ce cadre, le modèle se construit de manière itérative en simulant les perceptions de chaque partie prenante et s'insère dans un processus collectif de décision favorisant la médiation (ComMod, 2005). L'inclusion des parties prenantes dans la construction du modèle permet alors d'en améliorer la précision tout en favorisant l'acceptabilité sociale des futurs résultats (Hare, 2011).

10.2 Approche centrée sur le socio-écosystème

10.2.1 Méthode

a) La modélisation qualitative

- **Modélisation du système**

La modélisation qualitative, développée par (Puccia and Levins, 1985), vise à comprendre le fonctionnement des systèmes complexes tels que les socio-écosystèmes, dont elle permet d'évaluer la durabilité et d'accompagner la gestion (Monnier, 2017). Un modèle qualitatif représente le système de manière simplifiée en privilégiant réalisme et généralité plutôt que précision. Ainsi, ce type de modélisation s'avère pertinent lorsque les interactions au sein du système sont avérées mais pas quantifiées (Dambacher, Li and Rossignol, 2003), permettant de résoudre le problème du manque de données quantitatives en s'appuyant sur des dires d'experts ou sur des connaissances empiriques du système étudié. Ce problème de manque de données quantitatives est particulièrement présent lorsqu'il est question de comparer des composantes d'un SES, qui par définition se situe à la croisée de nombreuses disciplines (économie, écologie, biologie, etc.).

La représentation couramment utilisée pour définir un modèle qualitatif est le graphe orienté. Ce graphe est constitué de variables reliées entre elles par des liens positifs ou négatifs (Puccia and Levins, 1985). La Figure 66 montre les différents liens existants dans un tel graphe, entre trois variables : *A*, *B* et *C*. Ici, *B* a un effet direct positif sur *C* et *A* un effet direct négatif sur *B*. Le lien étant orienté, il est possible de représenter des interactions bidirectionnelles. Par exemple, ici, *A* a un effet négatif sur *C* et *C* un effet positif sur *A*. Il est commun de représenter les processus d'auto-régulation (i.e. densité-dépendance, capacité de charge d'un milieu) non explicité sous forme d'un effet négatif de chaque variable sur elle-même. C'est le sens ici de la boucle négative de *A* vers *A*.

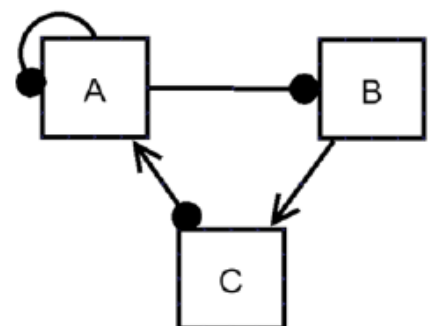


Figure 66 – Exemple de graphe orienté (Reaud, 2020)

Légende : → effet direct positif, • effet direct négatif.

Ainsi, à différents niveaux (allant de 2 à n variables où n est le nombre total de variables du système) des boucles de rétroaction émergent entre les variables, et régissent la dynamique qualitative du système. L'analyse de ces boucles, fondée sur la théorie des graphes, permet d'évaluer dans un système à l'équilibre les effets directs ou indirects produits sur une variable, par une perturbation de long-terme (Dambacher, Li and Rossignol, 2003). Le graphe est réalisé avec le logiciel DIA.

En vue de l'analyse mathématique du comportement du système, le graphe orienté est traduit sous forme de matrice, appelée matrice d'interactions (voir Figure 67). Cette matrice est de taille $n \times n$, où n représente le nombre de variables du modèle. Chaque élément de la matrice désigne l'effet de la variable j sur la variable i , où l'élément vaut -1, 1 ou 0 lorsque la variable j a un effet direct négatif, positif ou n'a pas d'effet sur la variable i . À partir de cette matrice, il est alors possible de réaliser des calculs matriciels afin de regarder la stabilité du système (Dambacher et al., 2003). Celle-ci peut notamment être testée à la suite de perturbations.

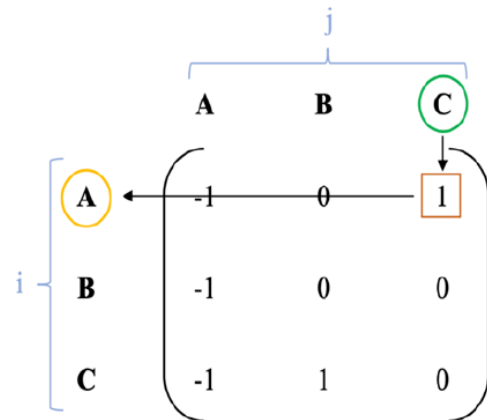


Figure 67 – Exemple de matrice d'interaction (Reaud, 2020)

D'après Figure 66.

- **Analyse des perturbations de long-terme**

Une perturbation consiste à changer l'état initial d'une ou plusieurs variable(s) positivement ou négativement. Les prédictions des réponses du système face à une perturbation se font soit avec une approche symbolique gardant la trace de chaque élément de la matrice (Dambacher et al., 2009 ; Marzloff et al., 2011), soit avec une approche numérique reposant sur des simulations Monte-Carlo³⁹ (Melbourne-Thomas et al., 2012; Marzloff et al., 2016). La seconde est mobilisée pour cette étude avec une approche probabiliste et une représentation telles que proposées par Marzloff et collaborateurs (2016). La méthodologie mise en œuvre a été développée par (Melbourne-Thomas et al., 2012) et se décompose en quatre étapes : (1) le choix du modèle, (2) l'attribution de valeurs aléatoires à la matrice de communauté, (3) la vérification de la stabilité du système et (4) l'étude des réponses face aux perturbations.

Le choix du(des) modèle(s) intervient après la construction d'un graphe représentant le SES. Celle-ci a été réfléchi à travers une approche participative décrite plus loin. L'attribution des

$$AS = \begin{bmatrix} -a_{A,A} & 0 & a_{A,C} \\ -a_{B,A} & 0 & 0 \\ -a_{C,A} & a_{C,B} & 0 \end{bmatrix}$$

³⁹ Méthode algorithmique permettant d'estimer une valeur numérique en utilisant des procédés aléatoires.

valeurs aléatoires se fait à partir de la matrice de communauté (A_S) (voir Figure 68). **Figure 68 – Matrice de communauté (Reaud, 2020)**
D'après Figure 66.

Celle-ci, définie par (Levins, 1968), recense chaque élément $a_{i,j}$ désignant l'effet de la variable j sur la variable i . Pour favoriser la stabilité du système, chaque variable est limitée par elle-même (Marzloff et al., 2011), i.e. tous les éléments de la diagonale sont négatifs. La matrice A_S est alors transformée en une matrice adjointe⁴⁰ (B_S), composée des éléments $b_{i,j}$. La matrice adjointe fournit les réponses qualitatives du système face à des perturbations (Dambacher, Li and Rossignol, 2002). La méthode numérique pour obtenir des prédictions du signe des réponses du modèle consiste à réaliser S simulations Monte-Carlo. Chaque simulation s (où $s \in [1, S]$) assigne à la matrice de communauté A_S des valeurs tirées aléatoirement aux éléments $a_{i,j}$ selon une loi uniforme (entre 0 et 1 pour les interactions positives et entre -1 et 0 pour les interactions négatives) puis à en estimer la matrice adjointe associée B_S (Marzloff et al., 2016).

La stabilité selon les critères Hurwitz est vérifiée systématiquement pour chaque matrice numérique A_S . Un système est dit stable si toutes les variables convergent vers leur niveau original d'équilibre, après avoir subi une perturbation sur une ou plusieurs variables (Dambacher et al., 2003). D'un point de vue mathématique, la stabilité du système à l'équilibre est vérifiée lorsque les parties réelles de toutes les valeurs propres⁴¹ de la matrice A_S sont négatives (Dambacher et al., 2003). La stabilité dépend de l'équilibre dans le système entre boucles de rétroaction positives et négatives : les boucles de rétroactions positives, communément appelées 'cercle vicieux ou vertueux', déstabilisent le système alors que les boucles négatives jouent un rôle régulateur et favorisent la stabilité (Dambacher et al., 2003).

Dans cette étude, les résultats sont basés sur $S = 5\,000$ matrices numériques tirées aléatoirement et qui remplissent ces critères de stabilité (Marzloff et al., 2016). Le signe des éléments de B_S désigne alors la réponse (positive ou négative) de la variable i suite à une perturbation (positive ou négative) de la variable j . Comme dans Marzloff et al. (2016), les résultats sont représentés par la différence entre la proportion (sur les $S = 5\,000$ simulations) de réponses positives et la proportion de réponses négative. Cela correspond à une estimation de la probabilité d'une réponse positive, négative ou ambiguë de chaque variable face à une perturbation. Une échelle de couleur rouge-gris-bleu permet de représenter graphiquement les réponses de chaque variable selon chaque perturbation. Si 100% des réponses prédites pour une variable sont positives, la valeur numérique de la différence est +1 (le signe de réponse positif sans ambiguïté) et est représentée en rouge foncé. Si 100% des réponses sont négatives, la valeur de la différence est -1 et est représentée en bleu foncé. Les niveaux de gris reflètent l'ambiguïté du signe de la réponse prédite lorsque les différentes matrices B_S (pour $s \in [1, S]$) prédisent à la fois des réponses positives et négative. L'absence de couleur signifie que la perturbation n'affecte pas la variable. L'analyse mathématique est réalisée sous le logiciel R, en utilisant les algorithmes de simulation du package QPress⁴².

⁴⁰ La matrice adjointe B_S est obtenue en transposant la conjuguée de la matrice A_S .

⁴¹ Les valeurs propres (λ) sont définies par l'équation suivante : $|A - \lambda I| = 0$ où I est la matrice identité et $| \cdot |$ désigne le déterminant de la matrice.

⁴² Le package est accessible à l'adresse suivante : <http://rforge.net/QPress/>

b) Processus de co-construction du modèle conceptuel

La construction du modèle conceptuel a été menée à partir d'un processus participatif en trois étapes : (1) la construction du modèle *initial*, (2) la discussion du modèle *initial* avec les parties prenantes et (3) la synthèse des modèles.

Premièrement, le modèle *initial* a été construit en s'appuyant principalement sur les documents de gestion⁴³ qui encadrent les usages sur le site du Golfe du Morbihan. L'étude de ces documents permet de recueillir les problématiques propres au Golfe du Morbihan, dans un souci de neutralité. On intègre ensuite la littérature scientifique portant sur le GM afin de préciser des liens ou de découvrir des liens non répertoriés jusqu'alors. L'étude de ces documents permet d'identifier une liste des variables et des interactions à prendre en compte pour la construction du modèle. Plusieurs entretiens avec des experts du site (gestionnaires et scientifiques) ont permis d'effectuer un premier tri entre les variables. Si elles sont trop nombreuses, cela peut nuire à la lisibilité graphique, limiter la pertinence des prédictions qualitatives (qui deviennent principalement ambiguës en vertu des boucles de rétroactions qui ont des effets contraires) et perdre le lecteur dans sa compréhension des interactions.

Deuxièmement, le modèle *initial* a ensuite été présenté aux parties-prenantes⁴⁴ à travers des entretiens semi-directifs pour saisir leur perception du modèle d'un point de vue général (lisibilité, compréhension de la méthode, etc.) et pour évaluer plus précisément les variables et les interactions concernant les usages dont il est expert. Chaque entretien permet ainsi la construction d'un sous-modèle (une adaptation du modèle *initial*).

Troisièmement, le modèle *initial* est revu afin d'intégrer les retours des parties prenantes et de s'adapter aux contraintes méthodologique de la modélisation qualitative (notamment en vue de la modélisation mathématique). Les interactions entre les variables sont ainsi catégorisées selon leur magnitude (ampleur ou force du lien) et leur robustesse (certitude de l'interaction au sein du GM). Certaines interactions peuvent avoir un effet ambigu, c'est-à-dire qu'un effet positif peut se transformer en effet négatif dans certaines circonstances. C'est notamment le cas des interactions liées à l'eutrophisation : au-delà d'un certain seuil, l'effet positif de la production primaire sur la biodiversité et les ressources halieutiques devient négatif. Au final quatre modèles ont été construits (Tableau 28).

⁴³ Elle fait référence ici aux documents relatifs au Parc Naturel Régional « Golfe du Morbihan » (SIAGM, 2010), au site Natura 2000 « Golfe du Morbihan, côte de Rhuys » (Cosson, Mézac and Picard, 2013), au Schéma de Mise en Valeur de la Mer, la première version (DDTM56, 2006) et le projet en cours de révision (DDTM56, 2015, 2019; CEREMA, 2019) et au PAGD (SMLS, 2020).

⁴⁴ Étant donné le confinement lié à l'épidémie de Covid-19, 33 personnes ont été contactées et 8 entretiens ont pu être réalisés en visio-conférence.

Tableau 28 – Description des modèles conceptuels

Modèle	Nombre de variables	Nombre d'interactions	Description
Initial	20	107	Modèle construit à partir des documents de gestion et de la littérature scientifique
Complet	14	64	Modèle de synthèse qui inclut les retour des parties prenantes
Simplifié	14	41	Modèles qui ne retiennent que les liens de plus forte magnitude et robustesse.
Eutrophisé	14	44	Modèle qui inclut un effet de seuil pour les interactions sensibles à l'eutrophisation.

10.2.2 Résultats

a) Le modèle complet

La Figure 69 montre le modèle *complet* du socio-écosystème du Golfe du Morbihan. Ce modèle inclut l'ensemble des interactions quel que soit leur niveau de magnitude et de robustesse.

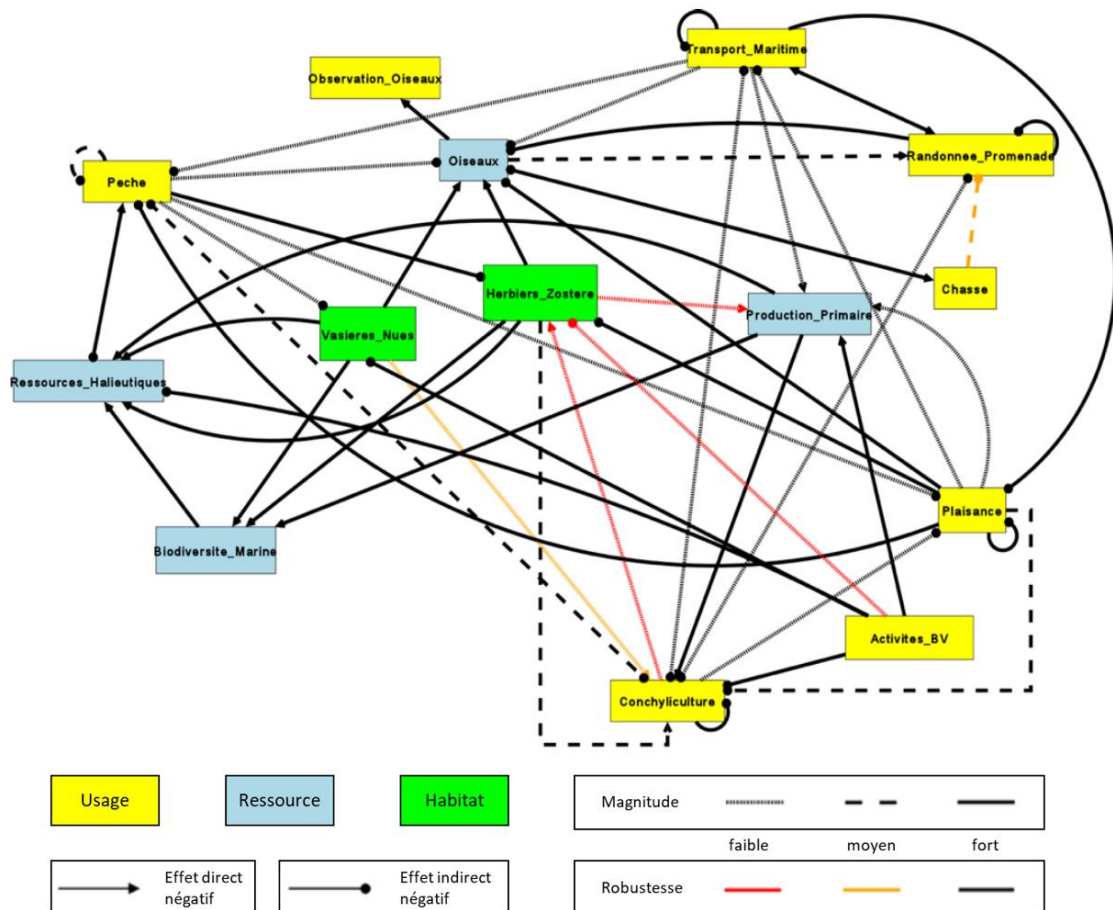


Figure 69 – Modèle conceptuel *complet* du socio-écosystème du golfe du Morbihan (Reaud, 2020)

On peut voir que les trois groupes de variables interagissent entre eux, justifiant le choix d'étudier le GM comme un SES. Tout d'abord, les habitats marins interagissent avec les ressources naturelles, avec seulement des liens forts. Ceux-ci ont un impact positif sur les oiseaux, la biodiversité marine et les

ressources halieutiques. Ils sont une source d'alimentation pour certains oiseaux, comme les bernaches avec la zostère. Les habitats servent également de zone de frayère pour les animaux, comme la seiche dans les herbiers et la sole dans les vasières. Ces dernières servent de zone de repos pour les oiseaux. La biodiversité marine a un impact positif sur les ressources halieutiques, traduisant le caractère essentiel des écosystèmes dans la production d'espèces intéressantes pour la pêche. Ces variables interagissent également avec la production primaire à travers une relation proie-prédateur.

De plus, les habitats interagissent directement avec les usages. Les activités de pêche peuvent induire un impact négatif sur les habitats, à travers le piétinement de la vasière et/ou l'arrachage de la zostère. Un lien existe entre les herbiers et la conchyliculture, mais sa nature est incertaine, tant sur sa robustesse que sur sa magnitude. Les tables conchyloles peuvent priver la zostère de lumière, mais peuvent aussi permettre son développement en diminuant le courant. La zostère améliore la qualité de l'eau pour les ressources conchyloles mais leur présence peut interdire l'installation d'une nouvelle concession, dû à une réglementation en place dans le GM visant à protéger la zostère. La vasière induit un impact positif pour l'activité conchylole, par la production primaire du benthos. La zostère peut également être arrachée par l'ancre des bateaux de plaisance et de transport. Les rejets du bassin versant peuvent nuire aux herbiers de zostères. Mais cet effet reste ambigu. L'excès de nutriments ou une pollution chimique se révèlent néfastes pour le développement des plantes, mais les zostères peuvent aussi bénéficier d'apports en matière organique pour leur croissance. Le lien a donc une magnitude et une robustesse faible.

Les ressources naturelles ont, elles aussi, des interactions avec les usages. La présence de ressources halieutiques permet la tenue de l'activité de pêche. Cette dernière a un impact négatif sur la ressource en la prélevant du milieu naturel. La production primaire est favorisée par l'apport en matière organique venant du bassin versant ou par le rejet des eaux usées des bateaux. Les oiseaux présentent de nombreuses interactions avec les usages. Ils sont impactés négativement la plaisance, les activités pédestres et dans une moindre mesure le transport maritime ou la pêche. Ces usages peuvent déranger leur tranquillité en débarquant sur les îles ou en se déplaçant sur le sentier côtier. Par ailleurs, les oiseaux peuvent favoriser le développement d'usages, comme l'observation d'oiseaux, les activités pédestres ou la chasse. Toutefois, cette dernière a un impact négatif en prélevant la ressource. Enfin, la production primaire favorise le développement des ressources conchyloles.

De plus, les usages peuvent interagir entre eux. Dans le GM, le plan d'eau est occupé par plusieurs usages en même temps, produisant une concurrence sur l'espace. Ainsi, il existe des interactions négatives entre le transport maritime, la plaisance, la pêche et la conchyliculture. L'interdiction de pêcher à moins de 15m d'une concession conchylole induit une interaction négative entre la pêche et la conchyliculture. La conchyliculture peut se voir limiter par elle-même, à travers une production trop importante, limitée par la capacité de charge du milieu. Cette auto-régulation apparaît également pour l'activité de pêche, la plaisance, le transport maritime ou la randonnée, avec une congestion pouvant survenir dans le GM. Les activités pédestres peuvent être dérangées par la chasse et par la conchyliculture en cas de présence d'une concession sur le sentier côtier. Enfin, une interaction positive existe entre les activités pédestres et le transport maritime, à la faveur d'une demande importante pour se rendre sur les îles du GM.

Le modèle *simplifié* est construit en éliminant de cette représentation toutes les interactions dont le niveau de magnitude et de robustesse n'est pas fort. Le modèle *eutrophisé* est construit en modifiant les effets de la production primaire dans le modèle *simplifié* : les effets positifs sur la biodiversité et les

ressources halieutiques deviennent négatifs et des effets négatifs apparaissent sur la randonnée, les herbiers et les vasières.

b) Les réponses du système face aux perturbations

L'analyse des perturbations porte sur les trois modèles *complet*, *simplifié* et *eutrophisé*. La comparaison entre l'analyse du modèle *complet* et du modèle *simplifié* nous permet de comprendre les effets de l'exercice de simplification. Enfin, la comparaison entre l'analyse du modèle *simplifié* et du modèle *eutrophisé* nous permet de comprendre les effets d'un basculement du système qui modifierait de manière importante les interactions entre les variables.

L'analyse des perturbations correspond à l'étape de modélisation mathématique de l'approche. Il s'agit de perturber une variable ou un groupe de variables choisies pour correspondre à des scénarios d'évolution du système. Les scénarios testés sont présentés dans le Tableau 29.

Tableau 29 – Description des scénarios présentés dans cette étude

Scénario	Signification	Perturbation	Variables perturbées
Plaisance+	Développement de la plaisance	+1	Plaisance
Tourisme+	Développement du tourisme	+1	Activités du BV, Pêche, Plaisance, Randonnée, Transport maritime
Conch-	Réduction de la conchyliculture	-1	Conchyliculture
Vasière-	Diminution de la vasière	-1	Vasières nues
Biodiv-	Erosion de la biodiversité	-1	Biodiversité marine, Herbiers de Zostères, Oiseaux, Production primaire, Ressources halieutiques, Vasières nues

La Figure 70 présente une synthèse des résultats issus de la simulation mathématique des scénarios. Chaque rectangle représente les résultats d'un modèle. Les lignes correspondent aux variables et les colonnes aux scénarios. Plus la couleur est rouge, plus la proportion des réponses est négative. Plus la couleur est bleue, plus la proportion des réponses est positive. La couleur grise signifie que la réponse est ambiguë (moins de 2/3 des réponses sont du même signe). L'absence de carré de couleur signifie qu'il n'y a pas de réponse de la variable.

Contrairement aux autres modèles, toutes les variables du modèle *complet* répondent aux scénarios, sauf les activités du bassin versant. Cela s'explique par un nombre d'interactions plus important entre les variables, une vingtaine de liens ayant été retirés pour simplifier le modèle. Toutefois, les réponses paraissent plus ambiguës (en gris) que dans les autres modèles. Un grand nombre d'interactions implique des boucles de réponse plus nombreuses, ce qui accroît l'incertitude. Les réponses sont plus marquées dans les modèles *simplifié* et *eutrophisé*.

La simplification du modèle peut également induire une perte d'information. Pour le scénario « Conch- », seule la conchyliculture répond (négativement) à la simulation dans les modèles *simplifié* et *eutrophisé*. Le seul lien « fort » dirigé vers cette variable est la boucle de rétroaction dirigée vers elle-même, favorisant la stabilité et représentation la capacité de charge du milieu. Tous les autres liens ne sont pris en compte que dans le modèle *complet*. Ce dernier montre des réponses négatives pour d'autres variables : les oiseaux, les herbiers de zostères, la chasse et l'observation d'oiseaux. Le choix de ne regarder que les liens forts provoquent une suppression d'interactions, pouvant omettre des relations structurantes du SES.

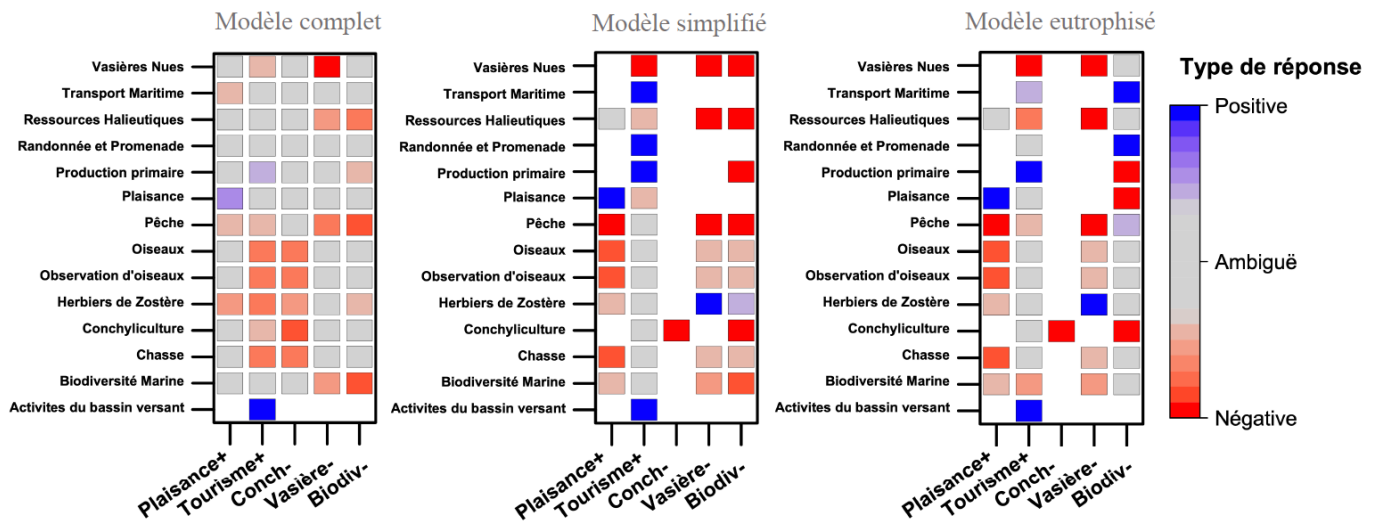


Figure 70 – Synthèse des réponses du système face aux perturbations (Reaud, 2020)

La perte d'information semble moins importante avec les autres scénarios. Les variables perturbées disposent d'au moins un lien fort en dehors de leur propre boucle de rétroaction. Le scénario « Plaisance+ » donne des réponses similaires pour les modèles simplifiés, avec des réponses négatives pour la pêche, les oiseaux, la chasse et l'observation d'oiseaux. La réponse est positive pour la plaisance, grâce à la perturbation positive simulée sur elle-même. Si l'on perturbe d'autres variables en plus de la plaisance (i.e. le scénario « Tourisme+ »), toutes les variables donnent une réponse. Le développement touristique induirait une augmentation des activités du bassin versant et de la production primaire pour tous les modèles et aussi pour le transport maritime et la randonnée/promenade avec le modèle *simplifié*.

Les scénarios portant sur la biodiversité (« Vasière- » et « Biodiv- ») donnent des réponses contre-intuitives. Une diminution de la vasière induirait une augmentation des herbiers de zostères pour les modèles *simplifié* et *eutrophisé*. Ce résultat s'explique par le fait que la perturbation négative des vasières nues provoque une baisse des ressources halieutiques et de la pêche, ce qui favorise les herbiers de zostères. En choisissant de ne pas faire interagir directement les deux habitats, ils ne se limitent pas entre eux. Lorsqu'un habitat diminue, l'autre augmente. Aussi, une perte globale de biodiversité semblerait bénéfique au transport maritime et aux activités pédestres dans le modèle *eutrophisé*. Dans ce cas, plusieurs variables sont perturbées en même temps, donnant de multiples chemins de réponse.

Ces résultats montrent la nécessité de réfléchir dès le départ aux chemins de réponse induits par chaque interaction présente dans le modèle/graphes. En effet, chaque chemin doit être structurant dans le système pour assurer une pertinence dans la simulation des scénarios et les réponses attendues des variables. Plus le nombre d'interactions est important, plus il est difficile de connaître le chemin de réponse suite à la perturbation d'une variable, complexifiant la compréhension de la méthode et du modèle.

10.3 Approche centrée sur l'utilisateur

10.3.1 Méthode

a) La modélisation multi-agents

L'approche centrée sur l'utilisateur mise en place dans ce travail résulte de l'application des concepts de la modélisation multi-agent. Dans ce cadre, le système est appréhendé avec une vision locale et décentralisée (Macal and North, 2010). Le système est considéré comme un environnement (plus souvent un espace) où des entités (agents et objets) possédant des attributs variables ou fixes interagissent les unes avec les autres. La dynamique du système (interactions et variation de la valeur des variables) peut résulter d'actions définies et réalisées par les entités du système, de réactions de l'environnement ou des autres entités à ces actions, ou encore de processus endogènes à l'environnement.

Si le cadre de la modélisation des SMA paraît approprié à l'étude des socio-écosystèmes (SES), c'est qu'il permet d'étudier les relations entre les comportements individuels, leurs interactions possibles et les différents états résultants du SES. En fait, il existe plusieurs usages possibles des SMA pour l'étude des socio-écosystèmes, correspondant à différentes perspectives sur les relations entre théorie et réalité et entre science et action (Bousquet, 2016). Il peut s'agir de simuler des sociétés artificielles à l'appui d'explorations théoriques. Ou alors de développer un ou plusieurs des modèles appliqués permettant d'affiner la compréhension d'un cas d'étude en intégrant des connaissances et des données diverses. Mais encore, d'entreprendre une recherche-action poursuivant l'ambition d'informer la gestion par l'usage de modèles collectivement construits⁴⁵.

En pratique, le développement d'un modèle multi-agents comprend plusieurs phases de spécification, permettant de passer de la représentation du système de référence au code et aux simulations (Macal and North, 2010). Entre chaque phase, le niveau de formalisme s'accroît.

La première étape est une étape de « cadrage », consistant en une description narrative de l'objectif du modèle et du système de référence. Le système de référence n'est autre que la partie du SES représentée dans le modèle. Définir ce dernier implique de préciser les échelles de temps et d'espace considérées, les entités et les processus représentés, au regard de l'objectif du modèle. En d'autres termes, cette première étape consiste à raconter l'histoire que l'on cherche à mettre en scène dans le modèle et permet de préciser la question à laquelle on cherche à répondre à l'aide du modèle.

La deuxième étape est celle de la « modélisation conceptuelle », consistant en une première traduction des éléments du modèle vers une représentation multi-agents à l'aide de récits et/ou de diagrammes simples.

La troisième étape est celle de la « formalisation du modèle conceptuel » et consiste à spécifier les éléments du modèle à l'aide d'un langage formel existant. Ceci permet de spécifier plus rigoureusement le modèle conceptuel et d'être en mesure de le partager sans ambiguïté avec des personnes capables d'en comprendre le formalisme. Pour cela, on peut recourir au langage UML

⁴⁵ Dans le cadre du projet MarHa, la modélisation multi-agent est mobilisée dans le cadre l'évaluation de l'effet des mesures sur les usagers (action D2 du projet).

(Unified Modeling Language), qui est un langage graphique basé sur le paradigme de programmation orientée objet.

Enfin, la quatrième et dernière étape de développement d'un modèle multi-agents consiste à « implémenter » ce dernier, c'est-à-dire à écrire le code informatique déductible des étapes précédentes dans une plate-forme de simulation dédiée.

Ici, il n'est pas prévu d'aller jusqu'à la phase d'implémentation, mais plutôt d'emprunter les concepts et méthodes présentés, et notamment la formalisation UML, pour construire des représentations aisément communicables et discutables des effets possibles de certaines mesures de gestion sur les usagers d'un espace marin protégé : appropriation, respect, adaptation des pratiques ? Cette utilisation correspond à certains emplois reconnus de la modélisation, comme de faciliter une présentation intelligible d'une situation ou encore de faciliter la médiation entre discours hétérogènes autour d'un phénomène (Le Page, 2017). La démarche ComMod, par exemple, ambitionne principalement de faciliter le dialogue entre les parties prenantes, y compris les scientifiques, à l'aide d'artefacts créés et utilisés pour fournir une représentation partagée du système de référence (Bousquet, 2016).

b) La modélisation avec le langage UML

L'Unified Modelling Language (UML) se définit comme un langage standard d'écriture de logiciel, fournissant un vocabulaire et des règles de combinaison de mots (Booch, Rumbaugh and Jacobson, 1998). Il permet la conceptualisation de modèles orientés objets, plus ou moins, complexes, afin d'atteindre quatre objectifs : construire, visualiser, spécifier et documenter les éléments d'un système (Booch, Rumbaugh and Jacobson, 1998). Ce langage a été premièrement conçu pour les systèmes complexes pour les logiciels, s'appliquant à des domaines variés, tels que les télécommunications, l'électronique ou la recherche. Mais il peut également s'appliquer à des systèmes non destinés à un logiciel, grâce à la simplicité et l'uniformité des termes utilisés. La mobilisation du langage UML dans la modélisation facilite alors la compréhension pour des personnes extérieures à sa construction.

Un modèle UML se structure par trois entités : les objets, les relations et les diagrammes. Les objets représentent la base structurante du modèle, les relations relient les objets entre eux et les diagrammes résultent d'une combinaison d'objets. Il existe une multitude d'objets et de relations, permettant de préciser au maximum les interactions au sein d'un modèle. Quant aux diagrammes, il est possible d'en dissocier neuf types. Chaque type de diagramme apporte une perspective différente à la conceptualisation du système. Ce dernier peut alors être représenté par plusieurs diagrammes, se complétant les uns les autres. Dans la modélisation des Systèmes Multi-Agents (SMA), le diagramme de classe et le diagramme d'activité se révèlent comme les plus pertinents et sont choisis pour cette étude (Müller and Bommel, 2007).

L'utilisation de ces diagrammes permet de représenter chaque système d'un point de vue statique, pour le diagramme de classe, et dynamique, pour le diagramme d'activité. D'une part, le diagramme de classe montre les interactions entre des composantes à un moment donné, aboutissant à une compréhension holistique du système. Il permet de représenter les différents comportements que peut adopter un agent lorsqu'il interagit avec d'autres objets. Cette spécification permet notamment d'énumérer les informations nécessaires, en vue d'une implémentation informatique. D'autre part, le diagramme d'activité représente une suite d'actions et de décisions. Cette vision permet de spécifier les différences de comportement entre chaque agent, induisant des réponses différentes du système.

Chacun de ces diagrammes dispose d'objets et de relations propres, nécessitant d'être choisis selon leur signification. La Figure 71 résume les diagrammes utilisés pour cette étude.

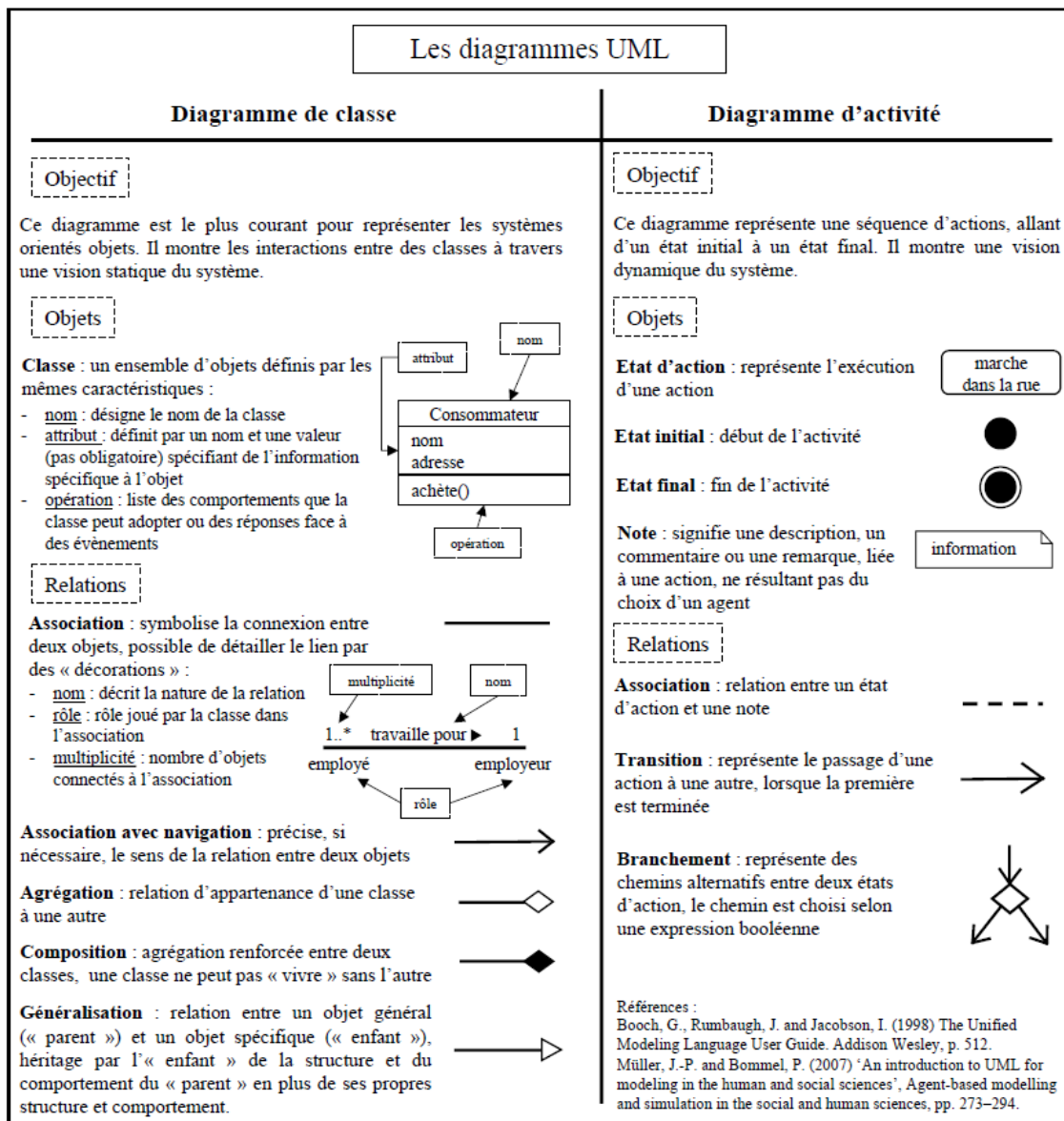


Figure 71 – Les diagrammes UML utilisés dans cette étude (Reaud, 2020)

c) La conception des diagrammes

Les approches centrées sur les usagers permettent d'appréhender les effets de l'instauration d'une mesure de gestion sur un usager, en réalisant divers diagrammes UML. Pour cette étude, la réalisation de ces diagrammes se fait en deux étapes : (1) le choix des mesures de gestion à analyser et (2) la co-construction des diagrammes à partir de dires d'experts.

Actuellement, plusieurs mesures de gestion visant les usages marins existent dans le GM, à la faveur des divers organes de gestion existant sur ce site (voir Partie I). Par exemple, une limite de 8 000 places de mouillages pour bateaux a été mise en place (DDTM56, 2006), la surface de concessions conchylicoles ne doit pas dépasser les 1 650 hectares (DDTM56, 2006) ou l'installation de mouillages écologiques destinés aux clubs de plongée (Beuret, 2019). Pour cet exercice, il est question de s'intéresser aux mesures de gestion pouvant être mise en application par le syndicat mixte,

gestionnaire du PNR du GM. Ce gestionnaire a la possibilité d'instaurer des mesures pour protéger les habitats marins. C'est pourquoi nous avons sollicité l'équipe du PNR pour échanger sur les mesures de gestion pertinentes à étudier.

Après avoir choisi les mesures de gestion, il est alors possible de les modéliser grâce aux diagrammes UML. Leur construction suit un processus itératif et participatif. Ces diagrammes sont construits en amont des entretiens avec les experts scientifiques, en se basant sur les connaissances acquises sur le SES du GM grâce à la littérature étudiée et aux entretiens déjà réalisés. Ensuite, les diagrammes sont présentés à des experts scientifiques pour être discutés et modifiés. Les diagrammes UML ne visent pas l'exhaustivité, chaque information présente dans le diagramme est justifiée. De fait, il y a une recherche de précision dans le langage UML utilisé et dans le choix des informations. Le diagramme de classe est construit en premier afin d'obtenir une vision globale du système, avant d'être affiné par le(s) diagramme(s) d'activité(s). Les diagrammes sont conçus grâce au logiciel astah UML.

10.3.2 Résultats

Deux mesures de gestion ont alors été retenues pour cette approche, l'installation de mouillages écologiques pour les bateaux de plaisance à proximité d'une île du Golfe, et la mise en place d'une jachère pour la pêche à pied récréative de palourde.

a) Mise en place d'une jachère pour la pêche à pied récréative de palourdes

La première mesure concerne la pêche à pied, un usage répandu dans le GM. Cette activité peut se pratiquer de manière professionnelle, en disposant d'une autorisation du CDPMEM du Morbihan, ou de manière récréative. La pêche se pratique à marée basse sur plusieurs zones du GM, en fonction de l'espèce visée. Concernant la pêche de la palourde, celle-ci s'effectue sur les vasières, situées à l'est du Golfe, au sein du gisement classé de palourdes. En termes de mesures de gestion, le PNR du GM ne peut influencer que sur la pêche récréative. La pêche récréative peut se pratiquer dans toutes les zones du gisement classé de palourdes sauf les zones réservées à la pêche professionnelle. Il existe déjà des interdictions de pêche pour protéger la zostère et les oiseaux. Entre 2013 et 2017, le projet Life Pêche à pied de loisir a permis la sensibilisation de milliers de pêcheurs dans le GM, notamment grâce à la distribution gratuite de réglettes de sensibilisation (Mannaerts, Amice and Souche, 2018). Celles-ci comportent la réglementation en vigueur (quota, taille) concernant les ressources halieutiques et permettent au pêcheur de mesurer les espèces capturées. Cependant, d'après le PNR, cette action se révèle coûteuse en temps et en personnel, devant être répétée chaque année pour informer les nouveaux touristes et ne vise pas directement la préservation de la vasière. Actuellement, une alternative envisagée est la mise en place d'une jachère sur la vasière nue. Celle-ci peut être instaurée sur une certaine zone et pendant une durée limitée pour préserver la vasière de l'activité de pêche. Cette mesure peut alors amener le pêcheur récréatif à réaliser son activité différemment, en modifiant son comportement. On peut alors réaliser plusieurs diagrammes.

- **Le diagramme de classe**

Ce diagramme représente les interactions entre le pêcheur à pied récréatif et diverses composantes pendant son activité de pêche (voir Figure 72). L'objet central du diagramme est donc le pêcheur, qui dispose de plusieurs attributs (p.ex. il peut, ou non, utiliser un outil) et actions (p.ex. il prélève des ressources). Il interagit avec d'autres objets qui ont eux aussi des attributs et des actions (p.ex. le pêcheur prélève des coquillages qui ont une dynamique de croissance propre).

Le diagramme de classe représente l'ensemble des interactions entre des compartiments, il synthétise l'ensemble des informations qui sont nécessaires pour la formalisation mathématique et la construction du modèle multi-agent. De ce fait il est assez difficile à prendre en main.

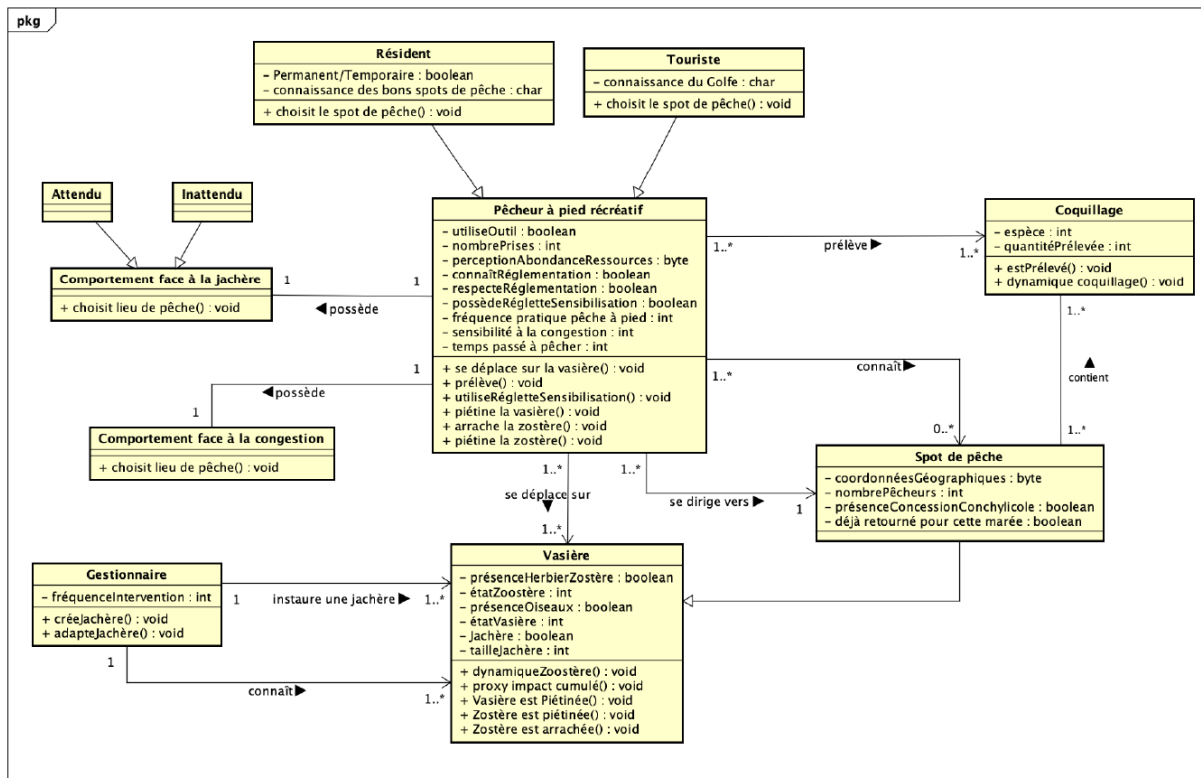


Figure 72 – Diagramme de classe – Instauration d’une jachère sur un spot de pêche à pied récréative

- Le diagramme d’activité

Ce diagramme vise à représenter l’activité de pêche à pied récréative de palourde à travers une suite d’actions chronologiques, conditionnées par des critères de décision (voir Figure 73). L’ordre de lecture se fait du haut vers le bas, en commençant par le rond noir, représentant l’état initial.

Le pêcheur commence son activité en se dirigeant vers un spot de pêche, pouvant différer selon sa connaissance de la réglementation. Cette dernière fait référence à l’indication d’une zone de jachère sur la vasière. S’il ne la connaît pas, il peut alors se rendre sur un spot de pêche mis en jachère, au contraire du pêcheur qui la connaît et donc peut respecter la mesure. En allant sur ce spot, le pêcheur peut impacter indirectement le milieu, en piétinant la vasière et la zostère, si cette dernière est présente.

En arrivant sur le spot de pêche, le pêcheur décide alors de rester ou de changer de spot en fonction de la fréquentation du spot. Ce critère dépend de la sensibilité et du comportement du pêcheur face à la congestion. S’il décide de changer de spot, il retourne à l’état initial, sinon il creuse un trou pour prélever la palourde. Cette action est réalisable avec ou sans outil, en présence de zostère, avec potentiellement un arrachage de cette dernière.

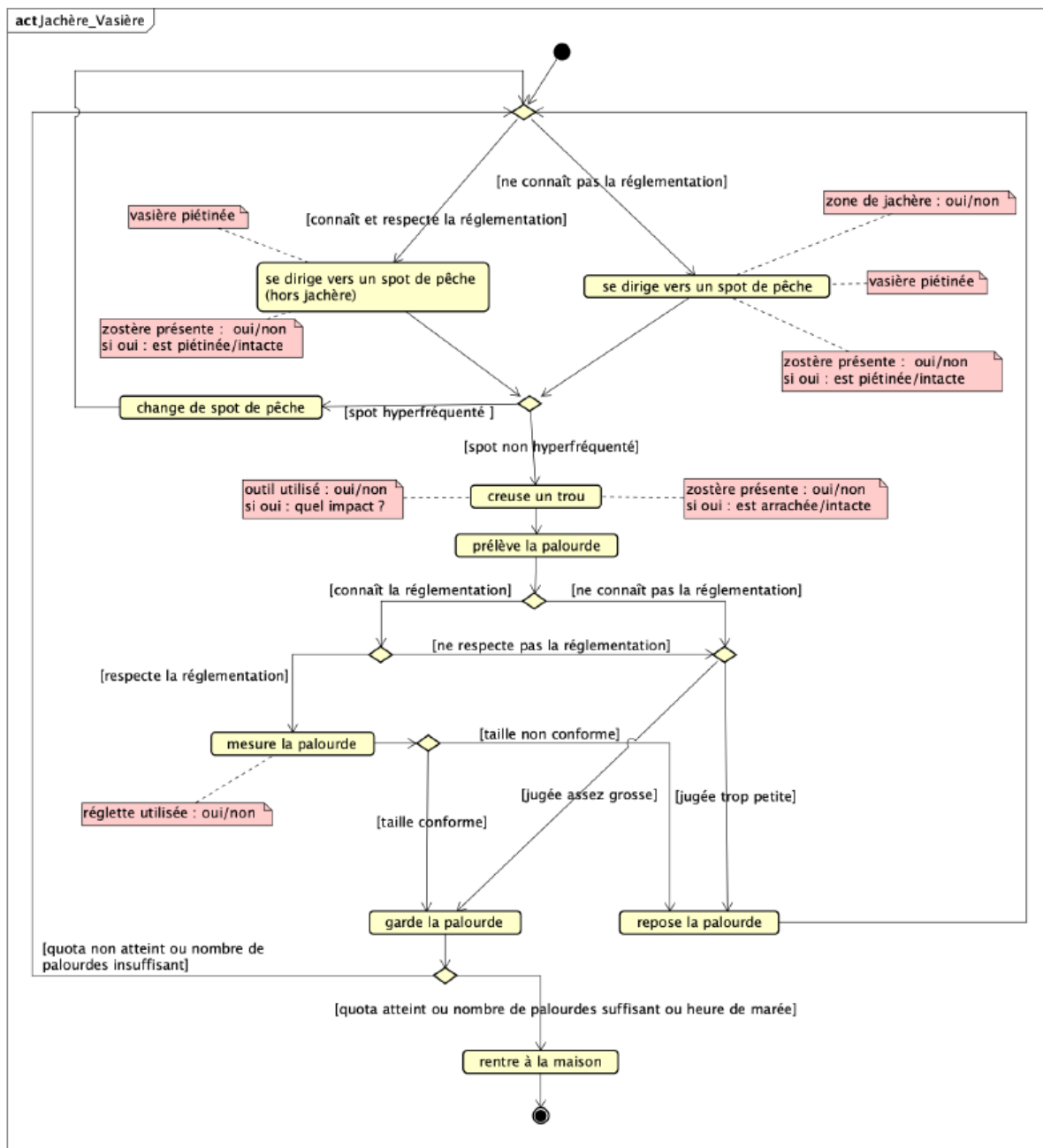


Figure 73 – Diagramme d'activité activité de pêche à pied récréative de palourde

Suite au prélèvement de la palourde, plusieurs nœuds de décision apparaissent pour le pêcheur. Le premier concerne sa connaissance de la réglementation vis-à-vis de la palourde. Dans le GM, il existe un quota de captures par pêcheur de 100 palourdes par personne, d'une taille minimum de 3,5 cm pour la palourde japonaise et de 4 cm pour la palourde européenne (Morineaux, 2019). Si le pêcheur connaît la réglementation, il peut choisir de la respecter ou de ne pas la respecter. En revanche, s'il ne la connaît pas, il se trouve dans une position comparable à un pêcheur ne respectant pas la réglementation. De fait, deux chemins de décision se distinguent dans l'activité.

D'une part, un pêcheur, respectant la réglementation, mesure la palourde pour connaître sa taille. Cette action peut d'ailleurs être effectuée avec une réglette de sensibilisation. Si la taille de la palourde est conforme à la réglementation, il la garde. Sinon, il la repose. D'autre part, un pêcheur peut ne pas respecter la réglementation ou ne pas la connaître. Ainsi, il décide de garder la palourde en fonction d'un jugement visuel. S'il la juge assez grosse, il la garde. Sinon, il la repose.

Lorsque le pêcheur repose la palourde, il retourne à l'état initial pour recommencer son activité de pêche. S'il garde la palourde, il peut continuer à pêcher ou rentrer chez lui. Ce choix varie selon le pêcheur : nombre suffisant de palourdes, atteinte du quota ou heure de marée dépassée. Si l'un de ces critères est vérifié, l'état final est atteint, entraînant la fin de l'activité.

b) Installation de mouillages écologiques

La première mesure choisie concerne l'île Ilur, une île publique située au sud de l'île d'Arz. Dans le GM, le débarquement est autorisé sur toutes les îles, mais il est interdit de se déplacer en dehors de l'estran sur les îles privés. L'île d'Ilur attire alors les plaisanciers, qui peuvent se déplacer librement sur toute l'île. Toutefois, cette île présente de grands herbiers de zostères, marine et naine, au sud-est. Les bateaux peuvent alors s'y ancrer et potentiellement abîmer la zostère. Pour remédier à cela, le PNR a créé une ZMEL5 et installé 5 mouillages collectifs et écologiques à cet endroit, pouvant accueillir jusqu'à 15 bateaux en même temps. Cette mesure concerne les bateaux de moins de 7 mètres, les plus grands bateaux devant alors 5 Zone de Mouillages et d'Équipements Légers s'ancrer en dehors de la ZMEL. Mais il n'y a pas d'obligation à s'amarrer à ces mouillages pour un bateau de 7 mètres, à moins qu'il se trouve dans la ZMEL.

• Diagramme de classe

Le diagramme de classe permet une vue d'ensemble des différents objets concernés par la mise en œuvre d'une telle mesure (Figure 74). Le plaisancier est au cœur du modèle et interagit avec les habitats, directement ou indirectement (par l'usage de son bateau).

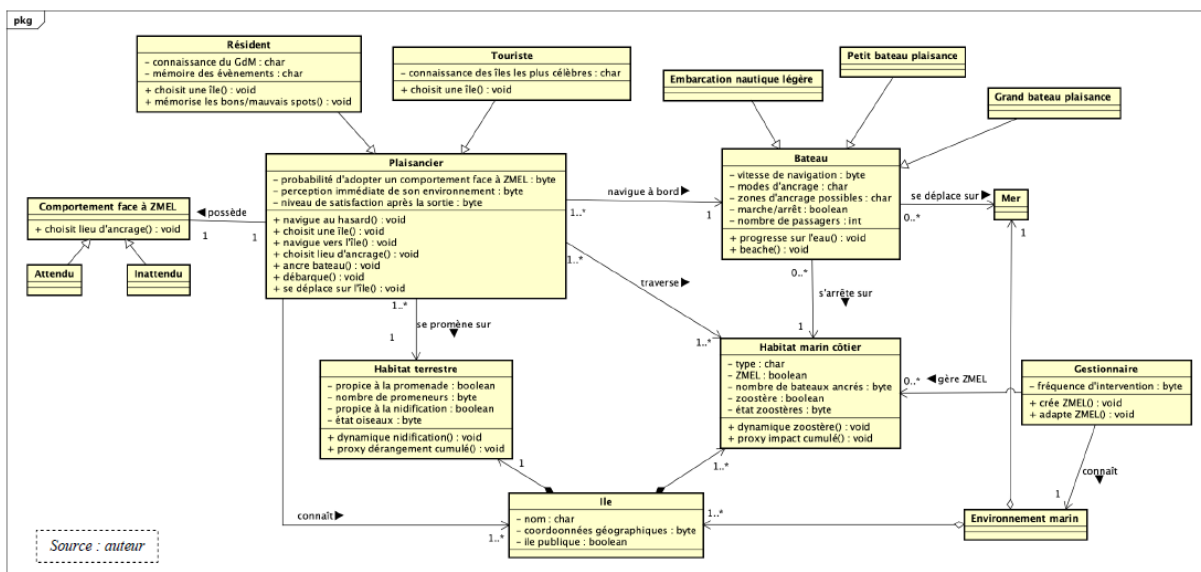


Figure 74 – Diagramme de classe - Installation de mouillages écologiques

• Diagramme d'activité

Plusieurs diagrammes peuvent être construits suivant que le plaisancier navigue sur une embarcation légère, sur un petit bateau (< 7m) ou sur un grand bateau (> 7 m). Ci-dessous nous ne présentons que le diagramme correspondant aux usagers de petits bateaux (Figure 75).

Ce diagramme présente l'enchaînement des étapes et des choix possibles qui se posent au plaisancier lorsque ce dernier veut débarquer sur une île. Il montre les étapes au cours desquelles peuvent apparaître des risques d'impacts pour l'environnement et qui doivent être des points de vigilance pour

les gestionnaires. Dans le cas de l'installation de mouillages écologiques, le diagramme d'activité permet de bien circonscrire le périmètre de l'intervention du gestionnaire. Ce dernier est limité à l'élimination des impacts sur les fonds marins lors de l'arrivée sur l'île, il reste d'autres impacts qui ne sont pas concernés par la mesure.

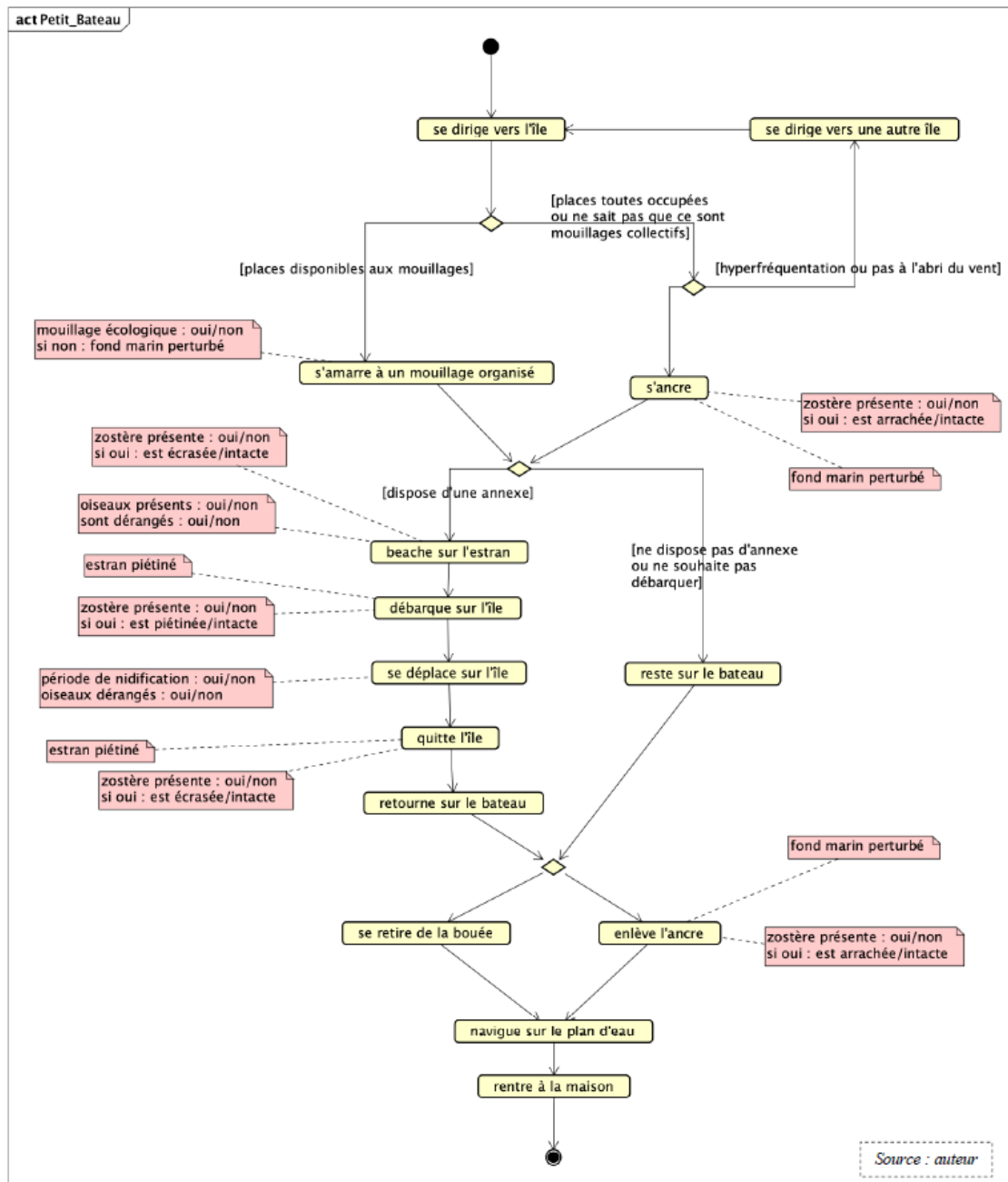


Figure 75 – Diagramme d'activité – Débarquement sur une île pour un petit bateau

10.4 Discussion

10.4.1 Les approches de modélisation

a) Modélisation centrée sur le socio-écosystème

La recours à la modélisation qualitative permet une représentation globale du SES du GM. Le graphe orienté permet de visualiser les multiples interactions référencées dans les « documents de gestions ». Les habitats marins disposent de liens variés avec les ressources naturelles, caractérisant leur importance au sein des écosystèmes marins. En tant que support de biodiversité, les habitats affectent positivement plusieurs usages comme les activités primaires. Toutefois, certains usages peuvent s'avérer néfastes pour la durabilité des habitats, notamment la plaisance avec l'impact des ancres. L'étude des scénarios permet de révéler l'origine des impacts et de donner une idée de leurs conséquences et ainsi de mieux anticiper les mesures de conservation.

Une simplification du modèle a été nécessaire pour faciliter la compréhension visuelle et favoriser la stabilité du système lors de l'analyse mathématique. La méthodologie choisie doit être continuellement suivie lors du processus de construction. Cette approche ne cherche pas l'exhaustivité mais vise la représentation des liens structurants du SES. Cela peut induire de ne pas représenter certaines interactions avérées, ce qui peut apparaître comme contre-intuitif pour les parties prenantes interrogées. A titre d'exemple, il a été décidé de regrouper les variables « Pêche professionnelle » et « Pêche récréative ». Malgré leurs différences évidentes dans le GM (engins utilisés, réglementations, etc.), les interactions sont équivalentes pour le modèle. Ainsi, leur regroupement permet de faciliter l'analyse mathématique en évitant d'avoir des liens référencés deux fois. Cet exemple traduit les critères méthodologiques à respecter pour assurer la mise en œuvre de la modélisation. En adoptant une approche participative, ces critères peuvent être mieux compris par les acteurs locaux, favorisant l'acceptabilité sociale du modèle.

Le caractère qualitatif des interactions apparaît comme une vision simplifiée de la réalité lors des entretiens. D'une part, cette simplification permet de comprendre facilement et rapidement le graphe pour une personne n'ayant pas participé à sa conception. La catégorisation des variables et la légende des interactions facilitent la lecture. D'autre part, les liens n'étant pas quantitatifs ils ont la même valeur dans le modèle initial, signifiant que chaque interaction a la même importance. Il en résulte que les variables ayant beaucoup de liens sont néfastes au SES en impactant beaucoup de variables.

b) Modélisation centrée sur l'utilisateur

L'approche centrée sur l'utilisateur donne une vision spécifique du SES vis-à-vis de deux enjeux de gestion en lien avec les habitats marins. Les diagrammes UML portant sur l'activité de pêche à pied de palourde comme sur l'accès par bateau à une île du GM révèlent les impacts subis par les habitats marins et leur importance en tant que supports d'activités. Les impacts ne résultent pas d'un processus intentionnel de l'utilisateur, mais leur existence nécessite d'être appréhendée pour améliorer leur conservation. Les vasières comme la zostère peuvent être piétinées lors de l'activité de pêche. L'herbier peut se voir abimé lors de la pêche d'une palourde ou par l'ancre d'un bateau. Toutefois, ces impacts peuvent se répéter lors de l'activité ou lors d'une hausse de fréquentation en fonction du comportement de l'utilisateur.

Toutefois, seules deux activités ont été modélisées dans ces diagrammes. En effet, leur construction nécessite du temps, notamment avec une approche participative. Pour cette étude, la co-construction

a été limitée aux experts scientifiques⁴⁶. Il aurait été utile de solliciter des usagers en complément pour recueillir leur perception. De plus, il n'est pas possible d'être exhaustif avec ces modèles. La finalité de ces derniers étant le SMA, un surplus d'informations non-essentiels implique une perte de précision dans l'analyse et une quantité de données importantes à récolter. Aussi chaque information présente dans les diagrammes fait l'objet d'un arbitrage qui devrait être fait avec les parties prenantes.

Toutefois, la mise en œuvre de ces approches de modélisation nécessite de respecter une méthodologie rigoureuse afin d'exploiter les résultats par la suite. La simplification de la réalité induite par la modélisation implique d'effectuer des choix sur le nom des variables, les données utilisées ou les scénarios analysés. Il n'est pas possible de répertorier toutes les informations dans un modèle, un effort de simplification est nécessaire.

10.4.2 La partage des connaissances

Par définition, les SES visent à refléter des processus hétérogènes. Leur étude nécessite de faire intervenir plusieurs disciplines scientifiques afin de comprendre les interactions entre les divers compartiments du système. Ainsi, l'approche interdisciplinaire est privilégiée mais peut s'avérer compliquée à mettre en œuvre. En ce sens, la démarche participative pour construire les modèles permet la construction d'une culture commune et l'émergence d'une vision « partagée » du problème. De plus, le graphe orienté conceptualise les interactions de manière binaire (positive ou négative) ce qui facilite la lecture de processus complexes. D'abord parce que certaines interactions peuvent faire référence à des processus éloignés. Par exemple : les vasières nues favorisent la biodiversité marine en servant de zone de nourricerie ou d'alimentation, correspondant à une interaction relevant de l'écologie. Sur le même graphe, l'interaction entre le transport maritime et les activités pédestres représente une situation de marché. L'offre de transport est favorisée par la demande des promeneurs pour se rendre sur les îles du GM, relevant de l'économie.

L'utilisation du langage UML facilite également l'interdisciplinarité. Celui-ci fournit un langage commun à toutes les disciplines (Booch, Rumbaugh and Jacobson, 1998). Les modèles utilisent des termes génériques et peuvent être facilement assimilés par des chercheurs connaissant ce langage, même s'ils n'ont pas participé à la construction des modèles. Néanmoins, pour quelqu'un ne connaissant pas ce langage, un temps d'apprentissage est nécessaire afin de connaître les spécificités de chaque élément (notamment pour la lecture et la compréhension des diagrammes de classe). Le caractère qualitatif des approches de modélisation vise également à faire le lien entre la recherche et les acteurs locaux.

La simplification prônée par la modélisation qualitative favorise aussi le dialogue entre les chercheurs et les parties prenantes. Celui-ci est renforcé en intégrant ces dernières dès la construction des modèles. L'inclusion des parties prenantes dans le processus de modélisation permet d'acquérir des connaissances empiriques sur le SES, favorisant la compréhension des enjeux et des spécificités locales (Prell et al., 2007). Pour cette étude, leur sollicitation s'est effectuée après la réalisation d'un premier modèle, mettant en lumière de la méfiance et de l'incompréhension par rapport à la méthodologie utilisée. Si elle est trop tardive, l'implication des parties prenantes dans la démarche peut être considérée comme non essentielle, réduisant le partage de connaissances.

⁴⁶ Du fait de la crise sanitaire du Covid-19 qui a limité fortement les interactions avec les acteurs.

Toutefois, la réalisation du modèle en amont permet de gagner du temps lors de sa diffusion mais peut être perçue comme une représentation figée et définitive. Cette méthode peut faciliter la discussion, en se concentrant sur les interactions et les variables présentes sur le graphe. Cela permet d'avoir un modèle de base sur lequel il est possible de travailler, réduisant le temps nécessaire à la co-construction. Mais, elle peut également faire apparaître un caractère inéluctable. Étant déjà réalisé, il n'est pas nécessaire de le modifier pour certains, entraînant une certaine méfiance des parties prenantes vis-à-vis de la future utilisation du graphe. De plus, le modèle donne une version statique du SES. Ainsi, il ne permet pas de voir les progrès réalisés dans le GM, notamment grâce au SMVM sur la résolution des conflits d'usage. L'idéal serait d'inclure la vision de chaque partie prenante dans le modèle, ce qui s'avère difficilement réalisable dans la pratique (Collier et al., 2011).

L'intégration des parties prenantes dans la construction peut néanmoins servir de dialogue entre elles. La conceptualisation des interactions au sein du SES permet de montrer les intérêts de chacun et prévenir les conflits. Les termes génériques favorisent, là encore, le partage de connaissances entre les acteurs. Le graphe orienté donne une observation générale sur les impacts induits par chacun, pouvant être néfaste ou vertueuse pour la résilience du système. Ainsi, les scénarios soumis dans l'analyse de perturbations peuvent être choisis par les acteurs, afin de regarder les effets provoqués par le développement d'un usage et la diminution de la qualité de l'eau. Les diagrammes UML peuvent faire prendre conscience aux usagers de leur impact, même involontaire, sur le milieu naturel lors de leur activité.

Enfin, les modèles peuvent améliorer la conservation des habitats marins en servant d'appui aux gestionnaires. En présentant les résultats de l'étude à ces derniers, il a été évoqué d'utiliser les modèles, notamment les diagrammes UML, comme des outils de communication. Leur diffusion permettrait de faciliter la compréhension par les usagers des mesures de gestion mises en place. Ces diagrammes représentent par ailleurs une méthode d'évaluation (ex-post et ex-ante) de mesures de gestion. En effet, pour cette étude, il a été choisi de regarder une mesure actuelle, les mouillages écologiques à côté de l'île Ilur, et une mesure potentielle, la jachère pour la pêche à pied récréative. La modélisation basée sur l'agent permet de conceptualiser le comportement des usagers et d'envisager ses réponses face aux mesures en question. Aussi, cela peut mettre en évidence les données à récolter afin de quantifier l'évaluation de ces mesures de gestion. Les résultats obtenus dans cette étude se révèlent intéressants pour le futur en termes de communication de projets de recherche. Les réponses face aux perturbations présentés avec des couleurs ou les diagrammes UML renvoient des informations visuelles et simples, facilement compréhensibles. Les modèles peuvent alors servir d'outils pédagogiques permettant une meilleure compréhension de la conservation des habitats marins.

10.5 Références

- Beuret, J.-E. (2019) 'Des concertations et médiations pour concilier les usages du Golfe du Morbihan : réalités, enjeux et bénéfices', *Sciences Eaux & Territoires*, 53, p. 6.
- Booch, G., Rumbaugh, J. and Jacobson, I. (1998) *The Unified Modeling Language User Guide*. Addison Wesley.
- Bousquet, F. (2016) 'Uses of Agent-Based Models for socio-ecosystems: a panorama'.
- Collier, N. et al. (2011) 'Science for action: the use of scoping models in conservation and development', *Environmental Science & Policy*, 14(6), pp. 628–638. doi:10.1016/j.envsci.2011.05.004.

- ComMod, C. (2005) 'La modélisation comme outil d'accompagnement', *Natures sciences sociétés*, 13(2), pp. 165–168.
- Dambacher, J. M. *et al.* (2003) 'Qualitative stability and ambiguity in model ecosystems', *The American Naturalist*, 161(6), pp. 876–888.
- Dambacher, J. M. *et al.* (2009) 'Qualitative modelling and indicators of exploited ecosystems', *Fish and Fisheries*, 10(3), pp. 305–322. doi: 10.1111/j.1467-2979.2008.00323.x.
- Dambacher, J. M., Li, H. W. and Rossignol, P. A. (2003) 'Qualitative predictions in model ecosystems', *Ecological Modelling*, 161(1), pp. 79–93. doi: 10.1016/S0304-3800(02)00295-8.
- DDTM56 (2006) *Schéma de Mise en Valeur de la Mer du Golfe du Morbihan*, p. 90.
- Hare, M. (2011) 'Forms of Participatory Modelling and its Potential for Widespread Adoption in the Water Sector', *Environmental Policy and Governance*, 21(6), pp. 386–402. doi:10.1002/eet.590.
- Holland, J. H. (1995) *Hidden Order: How Adaptation Builds Complexity*. Addison Wesley.
- Janssen, M. (2002) *Complexity and Ecosystem Management: The Theory and Practice of Multi-agent Systems*. Edward Elgar Publishing.
- Le Page, C. (2017) *Simulation multi-agent interactive: engager des populations locales dans la modélisation des socio-écosystèmes pour stimuler l'apprentissage social*. Habilitation à Diriger les Recherches. Université Pierre et Marie Curie. Available at: <http://agritrop.cirad.fr/583938/> (Accessed: 22 July 2020).
- Levins, R. (1968) *Evolution in Changing Environments: Some Theoretical Explorations*. Princeton University Press.
- Macal, C. M. and North, M. J. (2010) 'Tutorial on agent-based modelling and simulation', *Journal of Simulation*, 4(3), pp. 151–162. doi: 10.1057/jos.2010.3.
- Mannaerts, G., Amice, G. and Souche, Y. (2018) *Le Life Pêche à pied de loisir 2013 - 2017 - L'essentiel*. Rapport de vulgarisation. Agence française pour la biodiversité.
- Marzloff, M. P. *et al.* (2011) 'Exploring alternative states in ecological systems with a qualitative analysis of community feedback', *Ecological Modelling*, 222(15), pp. 2651–2662. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2011.03.040.
- Marzloff, M. P. *et al.* (2016) 'Modelling marine community responses to climate-driven species redistribution to guide monitoring and adaptive ecosystem-based management', *Global Change Biology*, 22(7), pp. 2462–2474.
- Melbourne-Thomas, J. *et al.* (2012) 'Comprehensive evaluation of model uncertainty in qualitative network analyses', *Ecological Monographs*, 82(4), pp. 505–519. doi: 10.1890/12-0207.1.
- Monnier, L. (2017) *Approche participative pour la modélisation qualitative de socioécosystèmes conchylicoles dans le Golfe Normand-Breton*. Mémoire de Master 2. Rennes : Agrocampus Ouest: IFREMER - Agrocampus Ouest, p. 65.
- Morineaux, M. (2019) *Conseils pratiques Morbihan*. Support d'information. Agence des aires marines protégées, Parc naturel régional du Golfe du Morbihan, p. 2.
- Müller, J.-P. and Bommel, P. (2007) 'An introduction to UML for modeling in the human and social sciences', in Phan, D. and Amblard, F. (eds) *Agent-based modelling and simulation in the social and human sciences*. Oxford : Bardwell Press, pp. 273–294.

Prell, C. *et al.* (2007) 'If you have a hammer everything looks like a nail: traditional versus participatory model building', *Interdisciplinary Science Reviews*, 32(3), pp. 263–282.

Puccia, C. J. and Levins, R. (1985) *Qualitative Modeling of Complex Systems: An Introduction to Loop Analysis and Time Averaging*. Harvard University Press.

Schulze, J. *et al.* (2017) 'Agent-based modelling of social-ecological systems: achievements, challenges, and a way forward', *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 20(2).

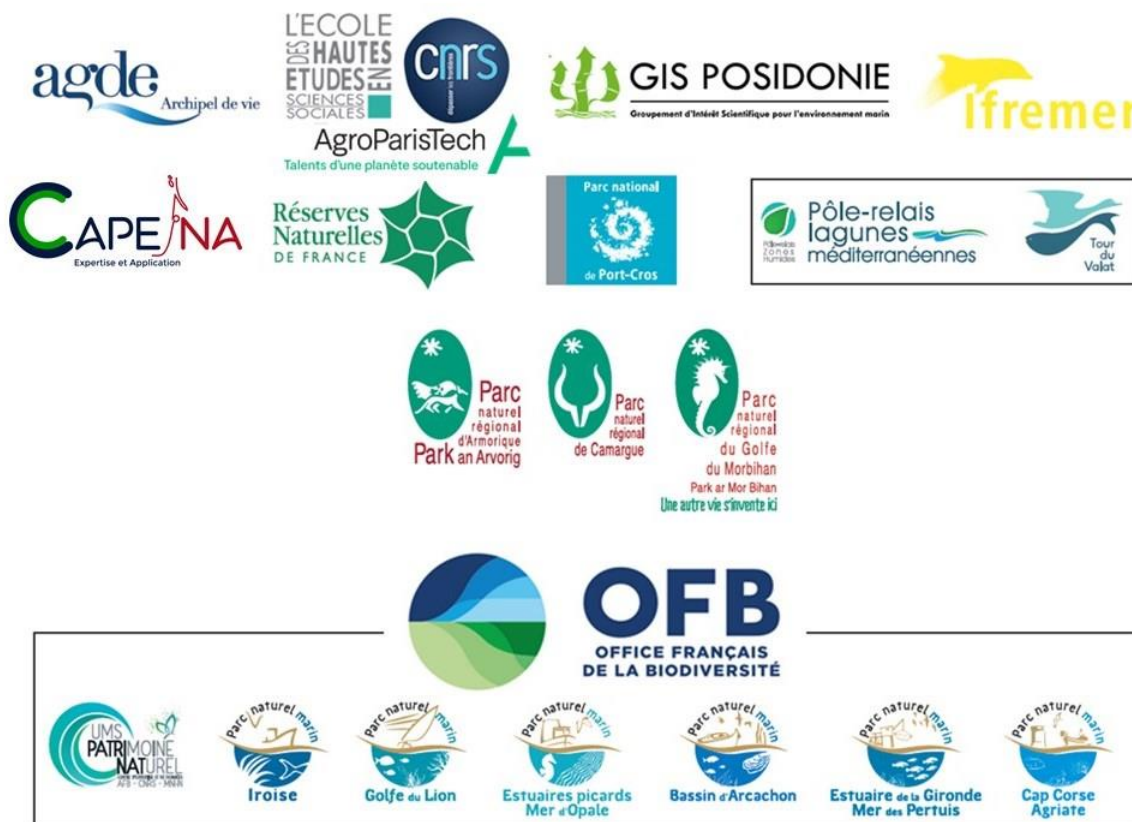
Ce document est produit dans le cadre du Life Marha qui poursuit l'objectif de rétablir et maintenir le bon état de conservation des habitats naturels marins en mobilisant l'ensemble des acteurs impliqués dans la gestion des sites Natura 2000 habitats en mer. Piloté par l'Office français de la biodiversité avec onze autres partenaires il est en partie financé par l'Union Européenne et le Ministère de la Transition écologique et solidaire et dure jusqu'en 2025.

Contact : life.marha@ofb.gouv.fr

Site internet : <https://www.life-marha.fr/>

Suivez-nous sur LinkedIn : <https://www.linkedin.com/groups/13618978/>

Suivez-nous sur Twitter : <https://twitter.com/LifeMarha>



Publications
électroniques
AMURE

Série
Rapports



ISSN 1951-6428

Amure
CENTRE DE DROIT ET D'ÉCONOMIE DE LA MER

www.umr-amure.fr

UBO
Université de Bretagne Occidentale

 **Ifremer**

cnrs