



Centre INRAE Occitanie
Montpellier

Continuités écologiques en milieu marin : possibilités de déploiement d'une Trame marine en zone côtière et à l'interface terre-mer

Concepts scientifiques, outils, méthodes et intégration dans les politiques du littoral
et du milieu marin

Caroline Abrégal - Hugo Dumonteil - Jennifer Amsallem



INRAE



OFB
OFFICE FRANÇAIS
DE LA BIODIVERSITÉ



Novembre 2023

Avant-propos

Ce document propose d'apporter une vision globale des enjeux de continuités écologiques en zone côtière et à l'interface terre-mer, de leurs liens avec la Trame verte et bleue et de leur intégration dans les politiques du littoral et marines. Ce document est à destination de tous les acteurs, à la fois terrestre et marins en lien avec la gestion d'espaces naturels, l'aménagement du territoire et la planification spatiale maritime.

Nous remercions vivement l'ensemble des personnes qui nous ont accordé du temps dans le cadre de ce travail.

Ce travail a été réalisé dans le cadre du Centre de ressources Trame verte et bleue, piloté par le Ministère de la Transition Écologique et l'Office français de la biodiversité.

Auteurs :
Caroline Abrégat
Hugo Dumonteil
Jennifer Amsallem

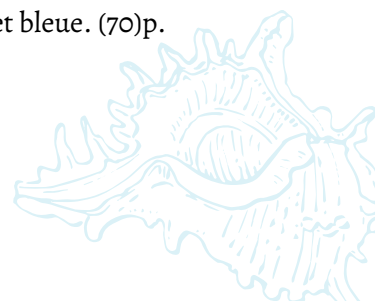
Coordination :
Jennifer Amsallem

Relecture :
Anne Souquière, Fabien Paquier

Contacts :
Hugo Dumonteil : hugo.dumonteil@inrae.fr
Jennifer Amsallem : jennifer.amsallem@inrae.fr



Référence conseillée : ABREGAL C, DUMONTEIL H, AMSALLEM J (2021), Étude des continuités écologiques en milieu marin et des possibilités de déploiement d'une trame marine en zone côtière et à l'interface terre-mer, Concept scientifiques, outils et méthodes et intégration dans les politiques du littoral et du milieu marin. INRAE – UMR TETIS, Centre de ressources Trame verte et bleue. (70)p.



Résumé

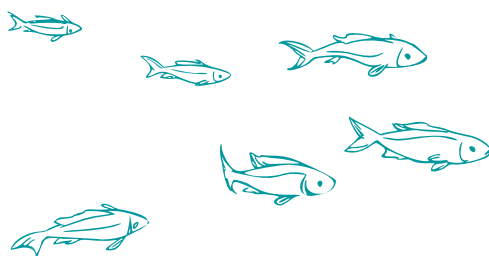
Le sujet de la Trame marine a été investi tout au long de ce rapport, permettant d'avoir une vision globale nécessaire à ce diagnostic. Suscitant un intérêt marqué pour la majorité des acteurs entretenus, nous avons pu définir à travers des entretiens les grands enjeux de continuités écologiques présents en zone côtière et à l'interface terre-mer, le milieu marin étant le support de nombreuses continuités écologiques.

Les concepts de Trame verte et bleue (TVB) doivent s'adapter en milieu marin pour envisager une Trame marine à la fois entre terre et mer, mais également le long des côtes. Du fait de sa singularité, le milieu marin et sa nature en trois dimensions offrent naturellement de multiples possibilités de connexion au travers des masses d'eau. Ainsi, pour la majorité des espèces, les enjeux de continuités écologiques reposent davantage sur un réseau de sites connectés entre eux que sur des corridors écologiques.

Concernant l'identification et la cartographie, certaines méthodes utilisées pour identifier les TVB peuvent s'appliquer à la Trame marine. Celle-ci doit être adaptée au milieu marin et au contexte territorial. Suite à ce rapport, les prochaines étapes seront de tester ces méthodes avec des acteurs opérationnels de la TVB à une échelle pertinente (comme celle des PNR ou des SCOT).

La Trame marine est un outil pertinent qui permet de répondre aux grands enjeux actuels de protection de la biodiversité marine dans un contexte de changement climatique. Actuellement, l'angle de la Trame marine n'est pas l'angle privilégié dans les documents de planification, celle-ci restant encore exploratoire. Cependant, nous y retrouvons tous les grands enjeux associés tels que la protection des zones fonctionnelles (nourriceries par exemple) et des habitats essentiels.

Les connaissances sur la structuration de ces réseaux écologiques sont fondamentales pour la gestion du milieu à plusieurs échelles, allant du local au national, en passant par la façade. La Trame marine permettrait de prendre en compte ces éléments dans les différentes échelles de planification, tout en participant à la médiation territoriale et renforçant la notion de solidarité écologique au sein des territoires. Enfin, la Trame marine serait un outil commun entre terre et mer qui participerait à l'articulation de tous les documents entre eux, fédérant les acteurs marins et terrestres autour d'une même cause. Cet outil, très transversal, permettrait de développer une solidarité écologique où chaque acteur a sa place et son rôle à jouer.



Sommaire

1. Introduction	1.
2. Contexte, objectifs et cadre de l'étude	2.
2.1 La Trame verte et bleue : un outil alliant protection de la biodiversité et aménagement du territoire, s'arrêtant au trait de côte	2.
2.2 De la Trame verte et bleue à la Trame marine	3.
2.3 Objectif et cadre du rapport	5.
2.4 Recherches bibliographiques	7.
2.5 Entretiens qualitatifs auprès des acteurs du milieu terrestre et marin	7.
2.6 Description de l'échantillon	8.
2.7 Analyse des résultats	8.
3. Bilan	9.
3.1 Analyse des concepts scientifiques pour l'identification d'une Trame marine	9.
3.2 Analyse des méthodes qui pourraient être utilisables pour cartographier une Trame marine	19.
3.3 Analyse des possibilités de déclinaison d'une Trame marine au sein des politiques marines et du littoral	32.
4. Freins et limites dans l'identification et la mise en place d'une Trame marine	39.
4.1 Freins et limites à l'identification d'une Trame marine	39.
4.2 Freins et limites à la mise en place d'une Trame marine	39.
5. Recommandations pour l'identification et la mise en place d'une Trame marine	41.
5.1 Recommandations méthodologiques	41.
5.2 Recommandations pour l'intégration d'une Trame marine dans les politiques marines et littorales	44.
5.3 De nombreux besoins de la part des acteurs pour envisager l'identification et la mise en place d'une Trame marine	45.
6. Discussion	47.
6.1 L'intégration des acteurs de l'aménagement du territoire	47.
6.2 Prise en compte incomplète des données existantes	47.
6.3 La Trame marine comme outil de restauration écologique	49.
6.4 Suite à cette synthèse	50.
7. Conclusion	51.
Annexes	53.
Bibliographie	62.



Liste des annexes

Annexe 1 : Liste des personnes contactées dans le cadre des entretiens	53.
Annexe 2 : Grille d'analyse	56.
Annexe 3 : Historiques des différentes conventions, politiques et stratégies en faveur de la biodiversité	57.
Annexe 4 : Présentation des différentes politiques et des différents outils de gestion et de planification en zone côtière	58.
Annexe 5 : Les limites du Document Stratégique de Façade et du Plan d'action pour le milieu marin	59.
Annexe 6 : Exemple de cartes dans les document de planification où certains enjeux de la Trame marine sont représentés	60.



Lexique

Amphihaline : se dit d'une espèce aquatique migratrice euryhaline qui, au cours de son cycle de vie, supporte des variations de salinité lors de son passage du milieu marin au milieu dulcicole et vice versa.

Anadrome : qualifie des organismes évoluant en milieu marin et se reproduisant en milieu dulçaquicole.

Arts trainants : engins de pêche actifs tractés par bateau, ayant pour but de « chasser » le poisson, pouvant se faisant endommager le milieu marin.

Catadrome : qualifie des organismes évoluant en milieu dulçaquicole et se reproduisant en milieu marin.

Dulçaquicole, ou **dulcicole** : qualifie tout organisme vivant dont le milieu de vie est composé d'une eau douce. Il ne peut vivre et se reproduire que dans ces conditions.

ERC : éviter, réduire, compenser. Principe de développement durable, ayant pour objectif l'absence d'impact négatif par les aménagements sur l'environnement.

Euryhaline : se dit d'une espèce aquatique apte à supporter d'importantes variations de salinité de l'eau.

Maërl : habitat marin biogénique (produit par des organismes vivants), constitué d'accumulation d'algues corallinacées riches en calcaire (*Lithothamnium corallioides* notamment). Mort ou vivant, il représente une biocénose remarquable et dotée d'une forte richesse spécifique.

Sessile : qui présente un mode de vie fixe, ne se déplaçant pas, étant constamment accroché au substrat.

Zone de nourricerie : secteur où se regroupent alevins et juvéniles d'une espèce mobile afin d'accomplir une étape de leur cycle de vie, s'y nourrir et poursuivre leur développement. Une zone de nourricerie peut être fréquentée par plusieurs espèces, et présente souvent une biomasse importante.



Véritable interface entre le milieu marin et le milieu terrestre, le littoral est un territoire fragile et très riche en biodiversité. Particulièrement productives, ces zones ont toujours attiré de multiples usages, y accroissant de fait la pression démographique et anthropique. (Guillarmé J, 2020).

En effet, les activités humaines ont considérablement impacté ces écosystèmes naturels à la fois terrestres et marins. Actuellement, les changements d'usage des espaces naturels et leur fragmentation sont considérés comme l'une des 5 causes majeures de l'érosion de la biodiversité (ONB, 2019). L'intensification des activités humaines en zone côtière mène entre autres à l'artificialisation du littoral, la dégradation, la fragmentation et la destruction des habitats (abrasion des fonds marins, perte de la connectivité, perturbation de l'hydrologie...). Ces pressions anthropiques conduisent ainsi à la dégradation des fonctions assurées par ces habitats et au dérangement des espèces dans leurs déplacements (MTE, (n.a) a).

Pour freiner cette perte de la biodiversité, les dispositions prises par les pouvoirs publics sont de plus en plus nombreuses. En effet, la France a mis en place différentes stratégies en mer et à terre et possède de nombreux outils de préservation de la biodiversité aussi bien terrestre et marine, tels que le réseau Natura 2000¹. Ces outils sont majoritairement axés sur la préservation des espèces et/ou des habitats remarquables (MTE, n.d). Parallèlement à cela, des outils de planification spatiale terrestre - tels que les documents d'aménagement du territoire et d'urbanisme² - et des outils de planification spatiale maritime sont élaborés dans une perspective de gestion et développement durable et responsable des territoires du milieu marin. Tout ceci s'inscrit dans une volonté de gestion intégrée de la zone côtière. (Lozachmeur O, 2009).

La politique Trame verte et bleue (TVB) constitue un véritable outil d'aménagement du territoire puisqu'elle intègre les enjeux de continuités écologiques dans les outils et les projets d'aménagement. Elle prend en compte le fonctionnement écologique des écosystèmes terrestres et aquatiques et vise à préserver et remettre en bon état les continuités écologiques dans les territoires. Les espèces peuvent ainsi circuler librement et assurer leur cycle de vie. Cependant, cette politique s'arrête au trait de côte et ne s'applique pas au milieu marin. Or, les continuités écologiques se poursuivent en mer, de nombreuses espèces se déplaçant le long du littoral ainsi qu'entre le milieu marin et dulçaquicole*. Elles sont donc dépendantes de cette zone littorale pour la réalisation de leur cycle de vie (Lenfant P et al., 2015).

La notion de continuité écologique et de connectivité en mer est un sujet étudié depuis plusieurs années, dont la dimension opérationnelle commence à se décliner dans les espaces protégés et les territoires. De nombreux scientifiques travaillent sur ces questions, en particulier sur la dispersion larvaire ou encore la continuité d'habitats fonctionnels, dans le cadre de la restauration écologique ou pour l'évaluation d'un réseau d'Aire Marine Protégée[3] (AMP) cohérent et suffisant.

Ainsi se pose la question de Trame marine, encore complexe à appréhender et peu connue, qui viendrait compléter la TVB. Ce rapport fait une synthèse sur le sujet des continuités écologiques marines en zone côtière et à l'interface terre-mer en lien avec la TVB pour l'identification potentielle d'une Trame marine. Il présente l'état des lieux de la prise en compte des continuités écologiques dans la bande côtière et les possibilités de déploiement d'une telle trame.

¹ **Natura 2000** : politique européenne de préservation de la biodiversité visant une meilleure prise en compte des enjeux de la biodiversité dans les activités humaines, avec la mise en place d'un réseau de sites protégés (27522 en Europe, 1766 en France).

² **Documents d'aménagement du territoire (ou documents d'urbanisme)** : « documents traduisant un projet de territoire s'appuyant sur un diagnostic territorial, une évaluation environnementale, des études, des procédures juridiques et financières qui sont définies par des normes (lois et décrets) regroupées principalement dans le code de l'urbanisme » (Documents d'urbanisme, 2022).

³ **Aire Marine Protégée** : espace géographique clairement défini, reconnu, consacré et géré, par tout moyen efficace, juridique ou autre, afin d'assurer à long terme la conservation de la nature ainsi que les services écosystémiques et les valeurs culturelles qui lui sont associés (Lefebvre et al., 2005).

2

Contexte, objectif et cadre de l'étude

2.1 La Trame verte et bleue : un outil alliant protection de la biodiversité et aménagement du territoire, s'arrêtant au trait de côte

2.1.1 La Trame verte et bleue, un réseau écologique pour la protection de la biodiversité

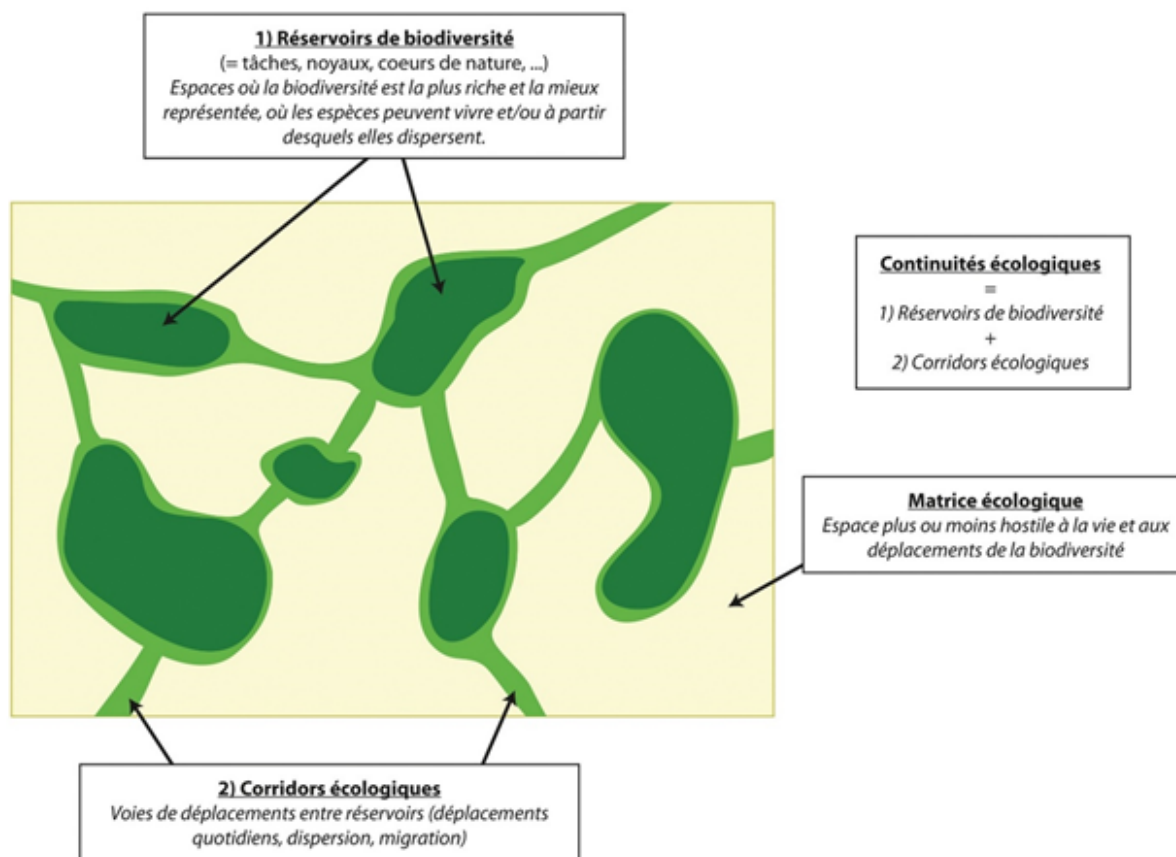


Figure 1 : Schéma théorique expliquant les corridors et les réservoirs de biodiversité formant les continuités écologiques (© UMS PatriNat)

La TVB est l'un des projets issus du Grenelle de l'Environnement. Elle est formée de réseaux d'échanges, appelés continuités écologiques, constituées de réservoirs de biodiversité reliés les uns aux autres par des corridors écologiques (Trame Verte et Bleue, 2017).

La figure 1 schématise ces continuités écologiques. Les réservoirs de biodiversité sont des espaces dans lesquels la biodiversité est la plus riche et où les espèces peuvent effectuer tout ou partie de leur cycle de vie (alimentation, repos, reproduction). Les corridors écologiques, quant à eux, assurent des connexions entre ces réservoirs, offrant aux espèces des conditions favorables à leurs déplacements (Dehouck H et al., 2017). Véritables réseaux d'échanges, ces continuités représentent un maillage d'espaces naturels, de milieux diversifiés nécessaires au bon fonctionnement des habitats et à la survie des individus.

Le concept de TVB est issu de l'écologie du paysage, qui est une approche fonctionnelle de ce dernier (Willaume J-P, 2021). Un paysage peut se caractériser par son hétérogénéité et par sa dynamique (Delclaux J & Fleury P, 2020). Ainsi, il va faciliter ou entraver les mouvements des espèces (gènes et/ou individus) entre parcelles d'habitats favorables. On parle ici de connectivité écologique des territoires (Vanel S, 2020 ; Willaume J-P, 2021).

La TVB constitue donc un outil transversal : en ne considérant pas uniquement les espaces protégés (souvent constitué d'îlots de nature préservée), mais aussi la biodiversité ordinaire, elle vient compléter les nombreux dispositifs de protection des espaces naturels.

Son objectif est la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques, à toutes les échelles du territoire. La TVB vise notamment à enrayer la perte de biodiversité et à freiner son érosion due à l'artificialisation des sols et à la fragmentation des habitats. Elle participe à l'amélioration de l'état de conservation des habitats naturels et des espèces et ainsi au maintien des fonctionnalités des écosystèmes et des services écosystémiques associés (CDR TVB, 2021a).

2.1.2 La Trame verte et bleue, un outil d'aménagement du territoire

La TVB vise à intégrer les enjeux de continuités écologiques dans les outils de planification et les projets d'aménagement. Elle se décline à différentes échelles spatiales, allant du national au local (CDR TVB, 2021a) :

- national : des orientations nationales identifient les enjeux nationaux de continuités écologiques et précisent le cadre méthodologique pour la préservation et la remise en bon état de ces continuités écologiques terrestres et aquatiques.
- régional : des Schémas Régionaux, d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET) ou Schémas d'Aménagement Territoriaux (SAR) pour les territoires d'outre-mer identifient les TVB. Ils servent de cadre de référence régional et donnent les grandes orientations à suivre en identifiant les objectifs de préservation et de restauration des milieux naturels.
- local : Déclinaison et prise en compte du SRADDET dans les documents d'urbanisme, de planification ou d'aménagement du territoire tels que les Schémas de Cohérence Territoriale (SCOT) ou encore les Plans locaux d'urbanisme (PLU).

Ainsi, la mise en œuvre de la TVB repose sur plusieurs niveaux d'échelles emboîtées. Pour assurer une cohérence territoriale, elle s'articule avec les autres documents (notamment le Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux - SDAGE⁴) permettant ainsi une gestion intégrée des territoires.

Outil d'aménagement durable des territoires, elle s'applique à l'ensemble du territoire national (métropole et Outre-mer), « s'étend jusqu'à la laisse de basse mer et, dans les estuaires, à la limite transversale de la mer »⁵. Le milieu marin n'est donc pas concerné (CDR TVB, 2021a).

2.2 De la Trame verte et bleue à la Trame marine

2.2.1 La Trame verte et bleue, un outil d'aménagement du territoire

La biodiversité marine est riche en espèces et en paysages sous-marins (Porro B et al., 2019). Les écosystèmes côtiers font partie des plus productifs (Porro B et al., 2019). Possédant des eaux riches en nutriment, ces zones littorales sont à l'origine de la chaîne trophique en milieu marin. Ces écosystèmes, avec leur grande variété d'habitats, favorisent une grande diversité d'espèces marines (zone de **nourricerie**^{*}, zone de ponte...), permettant ainsi d'assurer le cycle de vie, le renouvellement et la survie des individus.

Cependant, cette biodiversité est fragilisée par les multiples activités anthropiques qui ne cessent de s'intensifier. La mer et les littoraux font l'objet de nombreux usages toujours croissants, augmentant de fait les sources de pressions (Rachid A, 2010). Outre l'intensification des activités classiques telles que la pêche ou le transport maritime, les milieux marins font face à de nouveaux usages (augmentation du tourisme, de l'extraction de granulats, énergies renouvelables...) (CERIC et al., 2020), accroissant le potentiel de fragmentation et de destruction des habitats marins.

Fort d'une richesse exceptionnelle, le littoral français est à préserver (Rachid A, 2010). Car en plus de la nécessité intrinsèque de préserver les habitats marins comme tous les écosystèmes, certaines activités anthropiques, structurantes pour les territoires côtiers et littoraux, dépendent directement de l'état et la qualité du milieu marin.

⁴ **SDAGE** : Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux, institués par la loi sur l'eau de 1992. Ils fixent pour six ans les orientations qui permettent d'atteindre les objectifs attendus en matière de "bon état des eaux". Ils sont au nombre de 12, un pour chaque "bassin" de la France métropolitaine et d'outre-mer.

⁵ L'art R 371-17 du Code de l'environnement indique que la Trame verte et bleue s'étend jusqu'à la laisse de basse mer et, dans les estuaires, à la limite transversale de la mer.

Toutes les espèces marines vont effectuer au cours de leur cycle de vie des déplacements. Ceux-ci peuvent se produire uniquement durant la phase larvaire, ou tout au long de leur existence. De l'espèce **sessile*** fixée au sédiment à celle **amphihaline*** franchissant la limite du trait de côte pour rejoindre lagunes et cours d'eaux, toutes ont ce besoin vital de milieux interconnectés exempt d'obstacle.

2.2.2 La Trame verte et bleue, un outil d'aménagement du territoire

À la différence du milieu terrestre, le milieu marin (du trait de côte jusqu'à la limite des eaux territoriales) n'est pas partagé en parcelles privées et publiques, mais appartient indivisément à l'État. On parle de domaine public maritime[1] (DPM) (Lenfant P et al., 2015).

Les zones côtières et littorales étant très attractives, elles représentent des zones où se concentrent de nombreux enjeux : économiques, géostratégiques et écologiques (CERIC et al., 2020). Le développement d'activité en mer et à terre en a fait des domaines très convoités, où les activités peuvent parfois se superposer et entrer en concurrence l'espace (comme le maintien commun d'espaces naturels et l'implantation d'ouvrages portuaires), faisant dès lors apparaître la notion de conflit d'usages. Le DPM est donc une étendue sensible et convoitée et la difficulté de sa gestion réside dans la difficulté à concilier tous les usages, intérêts et objectifs parfois contradictoires (CMF Méditerranée, 2016).

Pour organiser au mieux tous les usages, les zones littorales et côtières sont très réglementées.

En 2017, la France s'est dotée d'une Stratégie Nationale pour la Mer et le Littoral (SNML). Cette stratégie donne un cadre de référence pour les politiques publiques concernant la mer et le littoral en Métropole et en Outre-mer, dans le but d'une protection de la biodiversité et des ressources tout en développant une activité économique maritime durable. Elle s'inscrit ainsi dans une volonté de gestion intégrée (DIRM MEMN, 2015).

Nous retrouvons ainsi de nombreux documents à terre et en mer pour réglementer les usages et aménager durablement les territoires avec de nombreuses interactions entre les différents documents et politiques. La question qui se pose est donc la suivante : **comment faire concrètement le lien entre les politiques terrestres, dulçaquicoles et marines ?**

2.2.3 Une Trame verte et bleue s'arrêtant au trait de côte et une Trame marine encore peu expérimentée sur les territoires

À l'échelle régionale et locale, la TVB s'intéresse aux interactions entre terre et mer : trait de côte, estuaires, mosaïques de milieux littoraux (Willaume J-P, 2021). Ainsi, une sous-trame « milieux littoraux » est identifiée que cela soit dans les SRADDET ou dans les SCOT (Sordello R et al., 2017).

Pour faire suite au Grenelle de l'Environnement et pour doter la France d'une feuille de route en faveur de la mer et du littoral, le Grenelle de la mer s'est déroulé en 2009. Parmi les engagements du livre bleu⁷, il est proposé d'étendre la notion de TVB au littoral et à la mer en y intégrant une composante maritime. C'est l'objet de la mesure 69 « Parallèlement à l'instauration d'une Trame Verte et Bleue du Grenelle de l'Environnement, instaurer une 'Trame bleu marine' » (Grenelle de la Mer, 2009).

Cette mesure 69 se décline en trois points dont le premier vise à « Mettre en place la « trame bleu marine » en étendant la notion de « trame verte et bleue » au littoral et à la mer. Y incorporer les zones humides littorales, les estuaires, mangroves, lagons, lagunes, lidos, estrans, récifs coralliens... ; prendre en compte les « zones de transition » et leurs fonctionnalités. » (Grenelle de la Mer, 2009)

⁶ Le DPM naturel est constitué de dépendances dont l'état résulte de phénomènes naturels (Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires & Ministère de la Transition énergétique, 2020). Il est composé :

- du sol et du sous-sol de la mer, compris entre la limite haute du rivage, c'est-à-dire celle des plus hautes mers en l'absence de perturbations météorologiques exceptionnelles, et la limite, côté large, de la mer territoriale fixée à 12 milles,
- des étangs salés en communication directe, naturelle et permanente avec la mer,
- des lais et relais de la mer (terrains formés par les dépôts de sédiments marins et dont la mer s'est définitivement retirée),
- des parties non aliénées de la zone dite des cinquante pas géométriques dans les régions et départements d'outre-mer.

⁷ Livre bleu : publication du ministère du développement durable regroupant les 138 engagements du Grenelle de la mer, émis entre les 10 et 15 juillet 2009

Si depuis 2009 le déploiement de la TVB s'est poursuivi en milieu terrestre et dulçaquicole, il n'en est pas de même pour le milieu marin. En effet, la thématique de la Trame marine n'est pas encore développée dans les orientations nationales TVB (ONTVB) et reste très peu expérimentée au sein des régions (Willaume J-P, 2021).

Actuellement, l'étude des continuités écologiques dans la bande littorale marine relève principalement du monde de la recherche. Divers travaux ont été menés, notamment autour des phénomènes de dispersions larvaires, des migrations de cétacés et des phénomènes de connectivités entre lagunes et mer (Guizien K, 2016), (Bourjea J, 2021). Dans une logique plus pratique, on retrouve le sujet de la connectivité en mer abordé dans le cadre de la création et de la gestion de réseaux cohérents et suffisants d'Aires Marines Protégées (AMP).

Tout comme la TVB, la Trame marine pourrait être un outil de préservation de la biodiversité marine et de planification territoriale qui permet de lutter contre le déclin des effectifs d'espèces marines et des paysages, en favorisant la prise en compte de leurs cycles écologiques et de leurs déplacements sur le territoire maritime. À la différence de la TVB, les méthodes d'identification de la Trame marine sont encore à déterminer et à développer (Guizien K, 2014).

2.3 Objectif et cadre du rapport

2.3.1 Le Centre de Ressource Trame Verte et Bleue

Le Centre de ressources Trame Verte et Bleue (CDR TVB) est piloté par le Ministère de la Transition Écologique (MTE) et l'OFB. Il réunit également l'INRAE, l'UAR PatriNat et le CEREMA (CDR TVB, 2021b). Il est articulé autour de 3 pôles en interaction : un pôle ressource, un pôle d'échanges et un pôle d'appui scientifique et technique. L'INRAE contribue principalement à ce dernier.

La figure 2 présente les différentes activités du Centre de ressources Trame Verte et Bleue (CDR TVB). Lieu de partage permettant de faciliter les échanges entre les acteurs, le CDR TVB constitue une véritable boîte à outils multifonctionnelle apportant un soutien méthodologique aux acteurs opérationnels de la TVB (CDR TVB, 2021b). Il a notamment pour vocation de diffuser les connaissances, de valoriser les retours d'expérience, de proposer des offres de formation et de mettre à disposition des ressources techniques, méthodologiques et scientifiques portant sur la TVB.

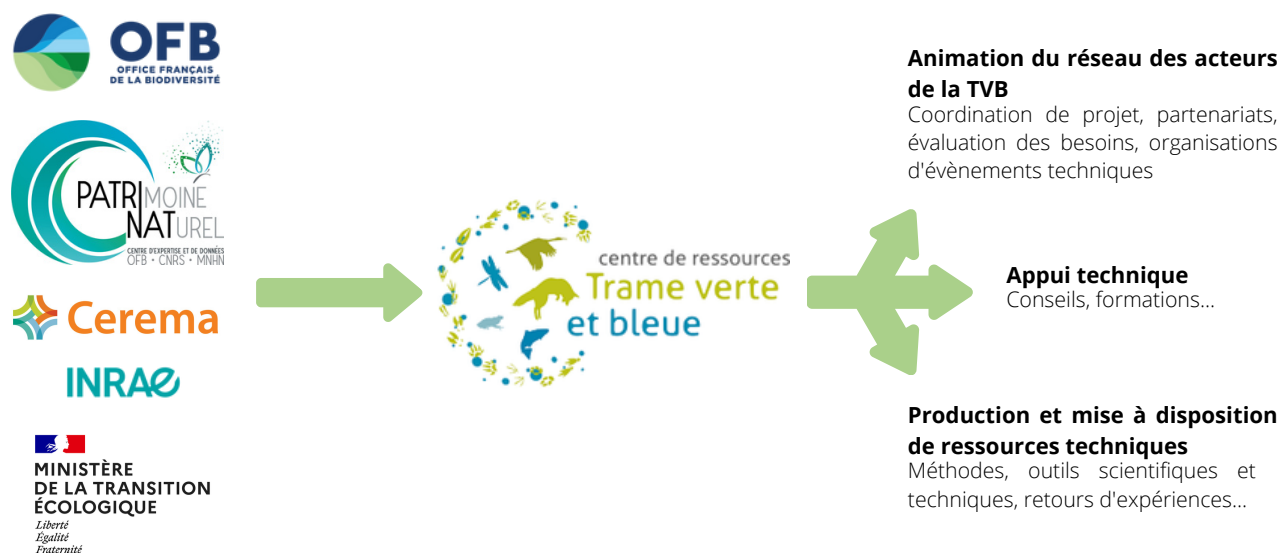


Figure 2 : Représentation des différentes entités participant au CDRTVB, et les activités de ce dernier

2.3.2 Objectif du rapport

Le sujet des continuités écologiques en mer est complexe à appréhender et assez peu connu. Suite à la demande de plusieurs acteurs opérationnels de la TVB sur le milieu marin, l'INRAE a lancé une synthèse sur les continuités écologiques maritimes en partenariat avec l'OFB et dans le cadre du CDR TVB. Ce rapport a pour objectif d'analyser la pertinence et les possibilités de déploiement d'une Trame Marine en milieu marin, en zone côtière et à l'interface terre-mer, tant en France métropolitaine que dans les Outre-mer. Le sujet a volontairement été restreint à ces espaces en écartant de fait le milieu hauturier pour rester au plus proche des documents de planification. Un focus sera fait sur la mobilisation des outils propres à la TVB.

L'objectif de cette synthèse est de dessiner les contours de ce que pourrait être une Trame marine, c'est-à-dire une trame écologique pour favoriser les déplacements des animaux marins et la réalisation de leur cycle de vie dans la bande marine côtière, le long du littoral et entre terre et mer.

L'approche d'une trame marine soulève plusieurs questions :

- quels sont les enjeux de continuités écologiques en zones littorales et côtières ?
- quels concepts de la TVB peuvent s'appliquer en zone côtière et à l'interface terre mer ?
- quels sont les connaissances, méthodes et outils nécessaires à l'identification et la cartographie des continuités écologiques ?
- quelle est la pertinence d'une Trame marine ?
- comment les enjeux de la Trame marine peuvent-ils être intégrés dans les principaux documents de planification ?
- comment les enjeux de la Trame marine peuvent-ils être pris en compte dans les projets d'aménagement et dans les usages des milieux marins et littoraux ?

Ainsi, pour mener une réflexion sur les continuités écologiques dans la bande marine littorale, le travail s'est organisé en plusieurs parties :

1. Identifier les concepts scientifiques associés aux continuités écologiques en milieu marin et à l'interface terre-mer.
2. Identifier les méthodes et outils d'identification et de spatialisation de ces continuités écologiques (en lien avec la TVB).
3. Identifier les possibilités d'intégration des enjeux de continuités écologiques en zone côtière et à l'interface terre-mer dans les différentes politiques publiques et documents stratégiques du milieu marin et du littoral.

La déclinaison de ce travail en trois parties a permis d'identifier la pertinence d'une Trame marine et de proposer des recommandations méthodologiques et d'intégration dans les politiques publiques des concepts de la TVB appliquée à la bande marine littorale.

Ce rapport vise ainsi à apporter une vision globale des enjeux des continuités écologiques en milieu marin et à l'interface terre-mer, des liens avec la TVB et de leur intégration dans les politiques littorales et marines.

2.4 Recherches bibliographiques

Afin de répondre à la problématique, une première approche bibliographique a été réalisée. Ces recherches avaient plusieurs objectifs :

- identifier des travaux et études en lien avec les continuités écologiques et les connectivités en milieu marin,
- identifier les enjeux de continuités écologiques en milieu marin et en zone côtière pour pouvoir définir les concepts scientifiques associés à une « Trame marine »,
- identifier des données disponibles en milieu marin et utilisables pour identifier de potentielles trames marines,
- identifier l'ensemble des acteurs impliqués dans la protection de la biodiversité marine en zone littorale et à l'interface terre-mer, dans l'aménagement du littoral et dans la planification spatiale maritime et qui peuvent être concernés par ces enjeux de continuités écologiques,
- identifier les outils et documents de planification et de gestion des milieux marins et côtiers ; identifier dans ces documents la place des enjeux liés aux continuités écologiques en zone côtière et/ou en lien avec la TVB à l'interface terre-mer.

2.5 Entretiens qualitatifs auprès des acteurs du milieu terrestre et marin

Dans un second temps, une enquête qualitative a été réalisée en proposant des entretiens semi-directifs aux acteurs des milieux marin et terrestre en lien avec la protection de la biodiversité, l'aménagement du territoire et la planification spatiale maritime. L'intérêt de cette phase est d'approfondir le sujet de la Trame marine auprès des nombreux acteurs présents en zone littorale (aussi bien dans le milieu marin que dans le milieu terrestre). Les entretiens avaient plusieurs objectifs :

- comprendre la vision de chaque acteur,
- dégager les enjeux pour une Trame marine,
- identifier des éléments de méthodologie,
- recueillir des éléments de connaissance et des retours d'expérience,
- connaître les freins et les besoins des acteurs sur ce sujet, notamment pour l'identification et la mise en œuvre.

2.5.1 Echantillonnage

Les acteurs ont été regroupés en 5 catégories. Le choix de ces catégories a été inspiré par les collègues des comités régionaux pour la biodiversité (Décret n° 2017-370, 2017) :

- représentants de l'État, des établissements publics et des GIP (OFB, DIRM, DREAL...),
- représentants des collectivités territoriales (Conseils régionaux...),
- représentants des organismes socioprofessionnels, usagers de la nature, des experts de la région et des bureaux d'études (CRPMEM, ARB ...),
- représentants d'associations, d'organismes et de fondations œuvrant pour la préservation de la biodiversité et gestionnaires d'espaces naturels (FNE, PNR, AMP...),
- représentants des scientifiques et des organismes de recherche (IFREMER, CNRS...).

Au regard de l'échelle nationale de cette enquête, il était impossible de viser l'exhaustivité des acteurs impliqués dans ces questions de continuités écologiques. Le choix des personnes à contacter s'est donc fait via des recherches bibliographiques et sur conseils de l'OFB. Certains agents contactés ont pu à leur tour conseiller de se rapprocher d'autres structures afin d'obtenir plus d'informations.

Le choix des acteurs et le nombre d'entretiens se veulent représentatifs de la pluralité des structures pouvant contribuer à la mise en œuvre d'action en lien avec les continuités écologiques et les Trames marines aux différentes échelles territoriales.

2.5.2 Guide d'entretien

Un guide d'entretien a été réalisé pour chaque catégorie d'acteurs. À l'intérieur de ces guides, des variantes dans les questions ont été préparées selon l'expertise des personnes interrogées.

Les thèmes abordés pour chaque entretien étaient les suivants :

- enjeux de continuités écologiques,
- sources de fragmentation,
- méthode d'identification et de cartographie des continuités écologiques et des sources de fragmentation,
- document de planification et de gestion,
- cadre réglementaire.

La liste des personnes contactées est présentée en annexe [annexe 1].

Certaines structures ne se sont pas prononcées sur la totalité des thèmes, soit parce que l'élément en question ne relevait pas du champ d'action de la personne interrogée, soit parce que le temps alloué pour la réalisation de l'entretien était insuffisant et que les informations n'ont pas pu être obtenues par la suite.

2.6 Description de l'évaluation

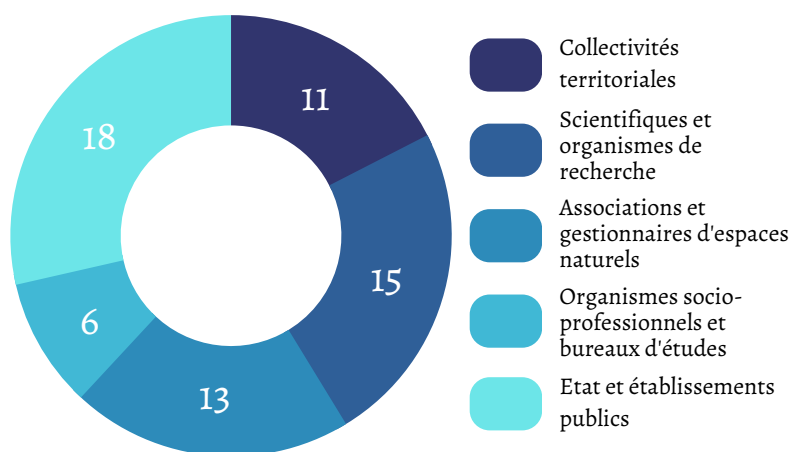


Figure 2 : Représentation des différentes entités participant au CDRTVB, et les activités de ce dernier

Au total, 78 personnes, en lien avec la protection de la biodiversité, l'aménagement ou la planification spatiale maritime, ont été contactées. Sur ces 78 personnes, 63 ont accepté de réaliser un entretien, ce qui conduit à un taux d'entretiens réalisés de 81 %. Sur les 63 entretiens, 24 ont été réalisés avec des personnes provenant du « milieu terrestre » et 39 du « milieu marin ».

La figure 3 permet de constater la répartition des acteurs ayant accepté de réaliser un entretien en fonction des 5 catégories identifiées au préalable. Ainsi, il y a un nombre équilibré d'acteurs pour chaque catégorie.

Les nombreux entretiens sont issus de structures très diverses avec des personnes ayant des postes très variés [annexe 2]. Les acteurs interrogés sont issus de toute la France (métropole et Outre-Mer). Nous retrouvons au sein de l'échantillon toutes les échelles administratives (du national au local). De plus, toutes les façades maritimes sont représentées. Les entretiens ont duré entre 30 minutes et 2 heures.

2.7 Analyse des résultats

Les recherches bibliographiques ont permis d'obtenir un grand nombre d'informations pour cette synthèse. Les informations obtenues ont été traitées de manière à produire des synthèses, des typologies et des schémas récapitulatifs.

L'ensemble des informations recueillies lors des entretiens a été intégré dans une grille d'analyse. Celle-ci a été réalisée préalablement, en fonction des guides d'entretien et ajustée en fonction du déroulement de ces derniers. L'annexe 3 présente plus en détail cette grille. Une analyse thématique a ainsi pu être réalisée dans le but de comparer les réponses obtenues, permettant de faire ressortir les différentes idées, les récurrences et les conclusions importantes pour chaque thématique abordée.

Les résultats obtenus ont ainsi pu être intégrés à ceux issus de la phase de recherche bibliographique permettant de réaliser une analyse approfondie du sujet. Plusieurs ateliers de réflexions ont permis d'amorcer l'analyse de ces continuités écologiques dans la bande littorale permettant de dégager les résultats présentés ci-dessous.

3.1 Analyse des concepts scientifiques pour l'identification d'une Trame marine

3.1.1 Continuité écologique et connectivité

Comme vu précédemment, la détermination d'une trame repose sur l'identification des continuités écologiques (composées en milieu terrestre de réservoirs de biodiversité et de corridors écologiques).

Celles-ci peuvent être définies comme la libre circulation des organismes vivants et leur accès aux zones indispensables à la réalisation de leur cycle de vie (Paillon C, 2014). Les continuités hydrologiques, sédimentaires (bon déroulement du transport naturel des sédiments) et paysagères participent aux continuités écologiques à l'interface terre-mer et en zone côtière.

En milieu marin, cette connectivité est liée au degré de mouvement et dispersion des organismes (au cours de leurs différents stades de développement) et des échanges de matière ou d'énergie au sein d'un paysage. Elle correspond aux voies de connexion dans un paysage fragmenté permettant aux individus de répondre à leurs exigences écologiques et d'assurer la persistance de ces espèces. Ainsi, via le mouvement entre différentes populations, cette connectivité permet de compenser des différences de démographie entre des populations locales (connectivité démographique), mais également de contrebalancer la dérive génétique (connectivité génétique) (Paillon C, 2014).

Concernant le littoral et la zone côtière, elle peut être considérée en deux dimensions (Michelet P, 2016):

- transversale : de la terre vers la mer
- longitudinale : le long du trait de côte.

Le concept de connectivité repose sur deux composantes :

- structurelle via la propension de la structure du paysage à faciliter ou à entraver les mouvements des organismes,
- fonctionnelle qui correspond à la réponse comportementale des organismes face à cette structure physique. Cette composante fonctionnelle comprend la connectivité potentielle, qui englobe les connaissances de base acquises sur les capacités de dispersion des organismes et la connectivité réelle, qui traduit le mouvement effectif des individus au sein d'un paysage donné (Paillon C, 2014).

3.1.2 Spécificité du milieu marin

Le milieu marin présente de nombreuses spécificités par rapport au terrestre (Porro B et al. , 2019). Il est nécessaire de bien appréhender celles-ci afin d'envisager une Trame marine.

3.1.2.1 Un milieu qui s'étend dans les 3 dimensions

Le milieu marin est un milieu tridimensionnel, dimensions entre lesquelles évoluent la plupart des espèces.

Nous pouvons distinguer deux principaux domaines :

- domaine pélagique : correspond à la colonne d'eau entre le fond et la surface et regroupe l'ensemble des espèces et des dynamiques localisées dans cette colonne d'eau,
- domaine benthique : correspond aux fonds marins et regroupe l'ensemble des espèces et habitats qui y sont situés.

Ces deux compartiments sont liés par de nombreuses interactions : interactions trophiques complexes, déplacement d'individus ... (Réserve Naturelle Terres Australes Française, (n.a)).

Ainsi, le milieu marin se caractérise par :

- les paramètres physiques : topographie des fonds marins et de la côte, profondeur...
- les différentes masses d'eau : paramètres physico-chimiques, température, nutriment...
- les différents substrats : sédimentologie, complexité du substrat...

Les individus se déplacent dans le volume de la colonne d'eau. C'est un élément primordial pour le cycle de vie des espèces marines puisqu'il va leur permettre de réaliser leurs déplacements et ainsi assurer leurs besoins vitaux (Willaume J-P, 2021).

3.1.2.2 Un milieu très variable dans le temps et l'espace

Le milieu marin est extrêmement changeant, façonné par de nombreuses dynamiques qui œuvrent à des échelles spatiales et temporelles également très variables. Il est influencé par les systèmes frontaux (zone où des masses d'eau de caractéristiques physiques différentes rentrent en contact), les circulations thermohalines (tel que le courant liguro-provençal en Méditerranée), le cycle des saisons ou celui de la marée.

La géomorphologie des fonds, l'hydrologie et l'hydrodynamisme des milieux marins en font des écosystèmes extrêmement dynamiques et variables au cours du temps (Raffin C, 2003). Les zones à l'interface entre terre et mer, tels que les estuaires ont également une dynamique très complexe avec notamment, une variabilité de fréquence et d'intensité dans les phénomènes écologiques, océanographiques ou encore hydrologiques (Willaume J-P, 2021)

Ainsi, les marées et la circulation océanique jouent un rôle primordial dans le fonctionnement des écosystèmes littoraux et côtiers et conditionnent plusieurs paramètres (distribution du phytoplancton, distribution des sédiments, rôle dans le régime de circulation des masses d'eau...). Le fonctionnement écologique de ces écosystèmes est complexe à appréhender du fait des nombreuses interactions entre compartiments biotiques et abiotiques.

3.1.2.3 Domaine pélagique : un milieu naturellement connecté avec peu de barrières et d'obstacles au déplacement

La matrice "eau" constitue l'élément dominant du milieu marin. C'est ainsi un habitat naturellement connecté à l'ensemble des habitats benthiques et côtiers puisque la colonne d'eau baigne tous les milieux et offre une matrice de vie aux espèces pour réaliser leurs déplacements et leurs besoins vitaux (Willaume J-P, 2021). En effet, la nature en 3 dimensions du milieu marin offre de multiples possibilités de connexion à travers les masses d'eau. Nous parlons parfois d'un unique océan mondial. C'est ainsi l'élément le plus extensif et le plus connecté.

Le milieu marin se caractérise ainsi par son côté particulièrement diffus, par la facilité de dispersion et un faible nombre de barrières au déplacement (Rachid Amara, 2010). Ainsi, les sources de fragmentations naturelles seront diffuses dans l'espace et dans le temps. La circulation océanique peut cependant constituer des barrières naturelles au déplacement et à la connectivité en milieu marin, créant de fait des régions hydrodynamiques entre lesquelles les échanges seront rares.

Contrastant avec ce milieu, l'interface terre-mer possède de nombreuses barrières naturelles au déplacement telles que les marées, la variation de salinité de l'eau, du d'oxygène dissous, de la température...

3.1.2.4 Domaine benthique : une mosaïque d'habitats variés

Les fonds marins sont composés d'habitats variés et d'une très grande richesse. Ils abritent des zones fonctionnelles essentielles pour les espèces marines associées telles que les zones d'alimentation, de reproduction et de nourricerie.

Cette organisation spatiale en mosaïque d'habitats peut-être un facteur de fragmentation naturelle pour certaines espèces selon leur cycle de vie.

3.1.3 Les déplacements des animaux marins et typologies associées

3.1.3.1 Cycle de vie des espèces marines

La majorité des espèces marines ont un cycle de vie benthopélagique. C'est-à-dire qu'au cours de leur vie, les espèces passent par deux phases différentes :

- une phase larvaire pélagique, de quelques jours à quelques mois. Les œufs et les larves se développent dans la colonne d'eau et se déplacent au gré des courants,
- et une phase benthique, pouvant être à vie fixée ou non. Les juvéniles et les adultes vivent près du fond

D'autres espèces, telles que les mammifères marins, sont considérées comme des espèces strictement pélagiques, c'est-à-dire vivant exclusivement dans la colonne d'eau.

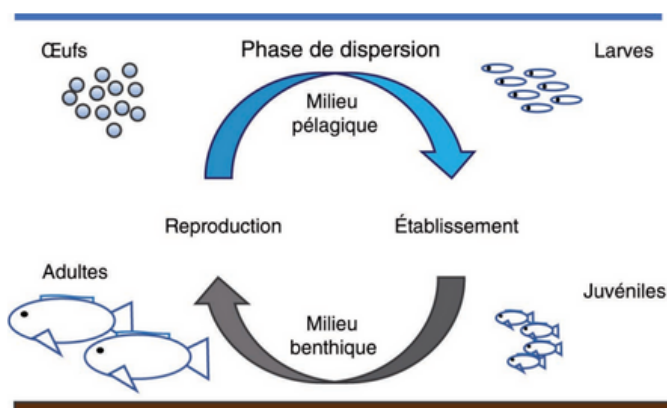


Figure 4 : Représentation des différentes étapes du cycle de vie d'une espèce marine

3.1.3.2 Besoin de déplacement des espèces

Les déplacements des espèces marines peuvent survenir tout au long de leur cycle de vie : lors de la phase larvaire pour celles ayant une phase de dispersion larvaire ou lors de mouvements d'adulte ou de juvénile. Les besoins en déplacements seront différents en fonction des espèces. En effet, leurs exigences écologiques dépendent des étapes de leur cycle de vie, et les déplacements ont pour but de répondre à ces exigences.

L'ensemble des habitats nécessaires au cycle de vie des espèces sont regroupés sous la notion d'habitats écologiques essentiels (Lenfant P et al., 2015). Ils jouent donc un rôle déterminant pour le développement et la survie des espèces.

La figure 5 permet de visualiser l'importance du lien entre individus et habitats essentiels dans le cycle de vie des espèces. (Grober-Dunsmore R et al., 2010). Hormis les individus sessiles, les espèces marines se déplacent tout au long de leur vie en fonction de leurs différents stades de développement d'un habitat favorable à un autre (Porro B et al., 2019). Les habitats écologiques essentiels peuvent être confondus ou plus ou moins distants les uns des autres (Cheminée A, 2012).

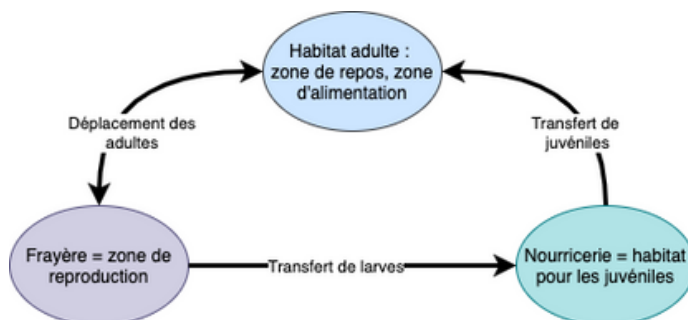


Figure 5 : Schématisation des relations entre les différents habitats écologiques essentiels

Certaines espèces ne vivent que dans un seul type d'habitat essentiel au cours de leur vie. Parmi celles-ci, nous retrouvons des individus avec ou sans phase de dispersion larvaire, qui ne se déplacent pas (à vie fixée telle que les gorgones) ou peu (tels que les hippocampes) durant les phases post-larvaires. D'autres espèces vivent également dans un seul type d'habitat essentiel, très large et très vaste, à l'image des mammifères marins vivant dans la colonne d'eau (bien que celle-ci ne soit pas toujours homogène dans ses paramètres). D'autres espèces vont migrer entre différents types d'habitats pour réaliser les étapes de leur cycle de vie. C'est le cas des poissons coralliens, où les juvéniles seront présents dans les herbiers ou mangroves qui servent de nourriceries et les adultes seront présents dans l'habitat récifal. Mobiles, ces individus seront également amenés à se déplacer au sein de chaque habitat (Porro B et al., 2019).

En somme, concernant les espèces mobiles de poissons, il existe une multitude de comportements et de déplacements associés, et donc tout un continuum de stratégies allant de l'espèce résidente aux espèces migratrices (Cheminée A, 2012).

Les entretiens ont permis de mettre en valeur 5 points notables concernant les déplacements des espèces :

1. L'importance des déplacements d'espèces à l'interface terre-mer notamment pour les espèces amphihalines ainsi que celles utilisant les lagunes, marais et estuaires comme zone de nourricerie lors de la phase de juvénile.
2. Les divers stades de développement présentent des exigences écologiques différentes. Les juvéniles étant, pour la majorité des espèces, le stade au cours duquel les exigences en termes d'habitat sont les plus fortes.
3. L'importance des petits fonds côtiers et des habitats de l'interface terre-mer (estuaire, marais, lagune) dans la réalisation du cycle de vie des espèces et donc dans les continuités écologiques. En effet, pour la majorité des espèces, ces petits fonds représentent une étape indispensable pour leur survie en assurant notamment la fonction de nourricerie. Ils abritent des zones fonctionnelles essentielles pour les espèces marines. Les larves pélagiques, au gré des courants, reviennent proches des côtes pour s'installer sur le fond au niveau d'un habitat favorable pour devenir des juvéniles. Ainsi, les fonds des milieux côtiers et littoraux attestent d'une grande diversité d'habitats et d'espèces.
4. Les déplacements ont lieu à différentes échelles en fonction des besoins : déplacement local au sein d'un habitat durant un certain stade de vie, déplacement plus important avec les changements d'habitats essentiels au cours du développement des espèces ou encore au sein d'une aire de répartition et déplacement national, voire international, avec les migrations des mammifères marins ou des espèces amphihalines telles que l'anguille européenne.
5. Les déplacements sont conditionnés par la saisonnalité et les différentes périodes de reproduction. Ainsi, les besoins de déplacements s'expriment à différents niveaux, à la fois de temps et d'espace. Une dimension temporelle est donc à associer avec ces déplacements.

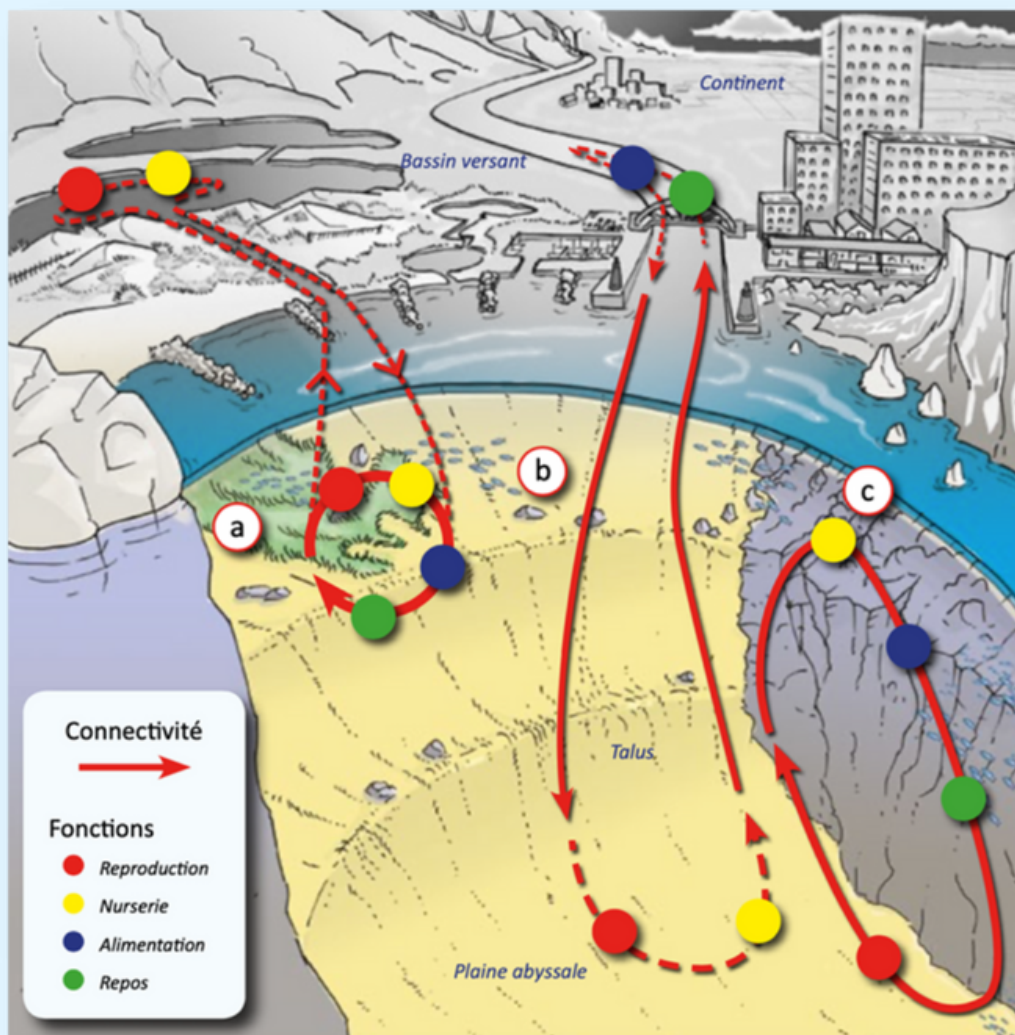


Figure 6 : Organisation et connectivité des habitats essentiels chez les organismes marins (Lenfant P et al., 2015)

La figure 6 schématise des exemples de déplacements possibles en fonction des espèces de poissons considérées et montre l'importance d'avoir des habitats connectés entre eux pour permettre aux individus de réaliser leur cycle de vie.

- Les espèces de type « a » utilisent la bande littorale avec des déplacements longitudinaux le long des côtes, mais également transversaux entre terre et mer. En effet, les juvéniles de certaines espèces utilisent les lagunes (comme la daurade en Méditerranée), les marais ou encore les estuaires comme zone de nurseries. En grandissant, les organismes retournent en mer, le long des côtes.
- Les espèces de type « b » correspondent principalement aux organismes amphihalins, telles que l'anguille européenne. Celle-ci possède une phase larvaire transocéanique. Les larves rejoignent ensuite le littoral pour se transformer en civelle avant d'entrer dans les estuaires et les marais (rôle de nurseries). À l'âge adulte, elles évoluent dans les cours d'eau continentaux. Enfin, une fois arrivées à la maturation sexuelle, elles se reproduisent en mer des Sargasses (Océan Atlantique). D'autres espèces, comme les aloses, la truite de mer, le saumon atlantique ou les lamproies sont des organismes migrateurs amphihalins, anadromes* ou catadromes*.
- Les espèces de types « c » regroupent les espèces dont les déplacements se font de manière verticale, avec une partie de leur cycle de vie éloignée du plateau continental, en profondeur. L'exemple le plus connu est celui du merlu, dont les adultes démersaux vivent la journée proche du fond et remontent la nuit. Les œufs, pondus en profondeur, remontent, et une fois éclos se regroupent sur le fond.

3.1.3.3 Typologie des déplacements des animaux marins

Groupe	Comportement adultes	Phase larvaire pélagique ?	Capacité de dispersion	Remarques liées au déplacement	Exemple
Espèces très peu mobiles à l'âge adulte	Fixée	✓	++	Faibles capacités de nage	Eponges, nacres, cnidaires
	Sédentaire	✗	-	Animaux non fixés au substrats	Hippocampes
	Sédentaire	✓	++	Uniquement en phase larvaire	Oursins, étoile de mer
Espèces mobiles à l'âge adultes	Territorial	✓	++	Phase larvaire et déplacements journaliers dans leur habitats de vie	Mérrou
	Territorial	✗	+	Déplacements journaliers dans leur habitats de vie	Poulpe
	Territorial	✓	+++	Phase larvaire et déplacements entre habitats essentiels	Majorité des espèces de poissons
Espèces très mobiles à l'âge adulte	Migration	✓	++++	Migration entre eau douce et eau saumâtre	Espèces amphihalines
	Migration	✗	+++++	Migration entre milieu terrestre et marin	Tortues marines
	Migration	✗	+++++	Migration dans le milieu pélagique	Mammifères marins

Tableau 1 : Typologie des déplacements en milieu marin

Les recherches bibliographiques ont permis de réaliser une typologie des déplacements des animaux, présentée dans le tableau 1. Cette dernière repose sur les différents cycles de vie des espèces, leurs positionnements dans la colonne d'eau et leurs capacités de déplacements au cours de leur vie.

Le déplacement des individus peut avoir lieu à la fois pendant la phase larvaire, chez les juvéniles et les adultes. Pour les espèces ayant une phase adulte sessile ou sédentaire, la phase larvaire représente le seul mode de dispersion : les larves sont libérées dans la colonne d'eau et se dispersent en fonction des courants et des vents. En fonction de la durée de cette phase, de la capacité natatoire des larves et des paramètres environnementaux, la dispersion peut se faire sur de longues distances.

La phase larvaire est ainsi considérée comme l'une des principaux facteurs de connectivité entre les populations et les habitats benthiques (Paillon C, 2014), et le domaine pélagique comme le moteur de la connectivité en milieu marin (Willaume J-P, 2021).

Les espèces pouvant se déplacer à l'âge adulte, comme les poissons, ont une capacité de dispersion à tous les stades de développement (Cheminée A, 2012). Les mammifères marins, quant à eux, n'ont pas de phase de dispersion liée à leurs étapes de développement : elles peuvent migrer durant toute leur vie et potentiellement sur de longues distances (Porro B et al. , 2019)

3.1.3.4 Facteurs impactant les déplacements

Plusieurs paramètres affectent les déplacements des individus au cours de leur cycle de vie. Les facteurs peuvent être extrinsèques, c'est-à-dire liés aux caractéristiques du milieu, ou intrinsèques, c'est-à-dire propres aux organismes (Porro B et al. , 2019).

		Paramètres extrinsèques		Paramètres intrinsèques
Phase larvaire		Courant Topographie Vent		Types d'œufs Comportement natatoire de la larve Durée de la phase larvaire
Adultes et juvéniles	Milieu marin	Distances entre habitats propices Courants Caractéristiques chimiques des masses d'eau Taille de l'habitat, ressources disponibles et compétition Saison		Exigences écologiques en termes d'habitats Capacités de nage Taille des individus Gain en coût énergétique
	Interface terre-mer	Topographie Hauteur d'eau cycle des marées salinité oxygène dissous		

Tableau 2 : Les principaux paramètres influant sur le déplacement des espèces (d'après les entretiens réalisés)

Le tableau 2 présente les principaux facteurs cités lors des entretiens.

Ils peuvent interagir entre eux, par exemple les caractéristiques biologiques de l'espèce interagissent avec celles du milieu dans lequel elle évolue. Les dispersions et migrations des individus s'en trouvent impactées. Autre exemple, pour les espèces ayant une phase de dispersion larvaire, le comportement natatoire des larves influence généralement leur position dans la colonne d'eau. Or, la direction et la force des courants varient avec la profondeur. Par conséquent, en fonction leur capacité natatoire et de leur position dans la colonne d'eau, les capacités de dispersion des larves sera différente (Porro B et al., 2019).

Il est donc important de prendre en compte la répartition des habitats favorables aux espèces en lien avec leurs capacités de dispersion.

Ainsi, pour étudier les continuités écologiques en mer, une différence est à faire entre :

- dispersion potentielle : quelle est la répartition des habitats ? Quelles sont les capacités de dispersion des individus ?
- dispersion réelle : vérifications terrain, comment les espèces utilisent leur environnement ? Et où sont réellement réparties les espèces ?

3.1.4 Pressions anthropiques : obstacles et typologie associée

Les enjeux écologiques sont très marqués le long des littoraux, où les activités humaines se développent rapidement. En effet, ces écosystèmes sont parmi les plus riches et productifs de la planète, mais également parmi les plus menacés du fait de l'augmentation continue des pressions anthropiques.

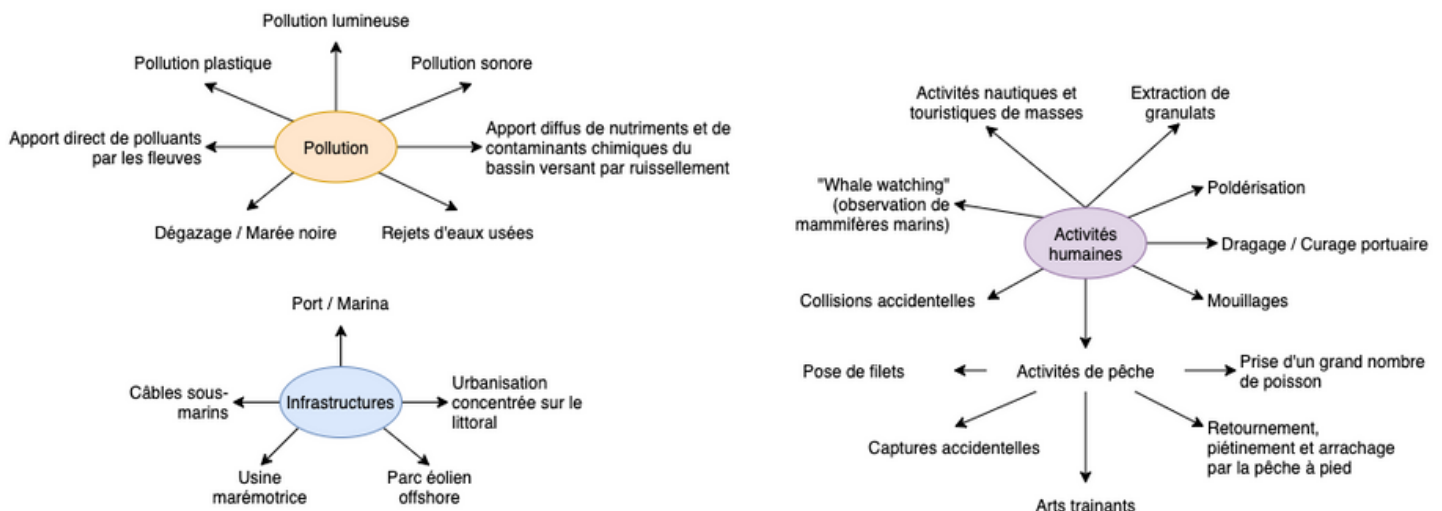


Figure 7 : Pressions anthropiques exercées sur le milieu marin

La figure 7 représente les diverses sources de pressions anthropiques qui s'exercent sur le milieu marin. Celles-ci possèdent des origines anthropiques multiples telles que :

- l'augmentation de la population sur le littoral, via le développement du tourisme balnéaire, des activités nautiques et de la navigation de plaisance,
- le développement des activités dans l'arrière-pays,
- le développement des activités du BTP.

Ces pressions peuvent être directes ou indirectes, chimiques ou physiques, diffuses ou non. Leurs impacts sont nombreux sur le milieu marin (DIRM Martinique, 2018).

Ces pressions anthropiques peuvent conduire à :

- destruction des habitats : impossibilité de déplacement des espèces et impossibilité de réalisation de leur cycle de vie,
- dégradation des habitats : diminution ou disparition de la capacité d'accueil des habitats,
- accentuation de la fragmentation naturelle (Lenfant P et al., 2015) en rompant les continuités écologiques.

La connectivité s'en retrouve affectée de plusieurs manières (Lenfant P et al., 2015) :

- limitation des déplacements entre les individus de populations éloignées.
- limitation des déplacements d'individus entre leurs différents habitats essentiels pour réaliser leurs cycles de vie.
- impossibilité pour les individus de réaliser leur cycle de vie, car un des habitats essentiels n'est plus accessible (perte d'habitat, perte de fonctionnalité, obstacle au déplacement).

Toutes les espèces ne sont pas sensibles de la même manière à ces sources de fragmentation, mais, pour les plus sensibles, une des conséquences est la réduction des flux de gènes entre les populations.

L'analyse des pressions a permis de les diviser en 2 grands types :

- les pressions physiques sont potentiellement fragmentantes et créent des obstacles au déplacement clairement identifiables,
- les pressions diffuses (telles que la pollution chimique ou encore la pollution plastique par exemple) sont plus difficiles à quantifier et à cartographier dans le cadre d'une Trame marine.

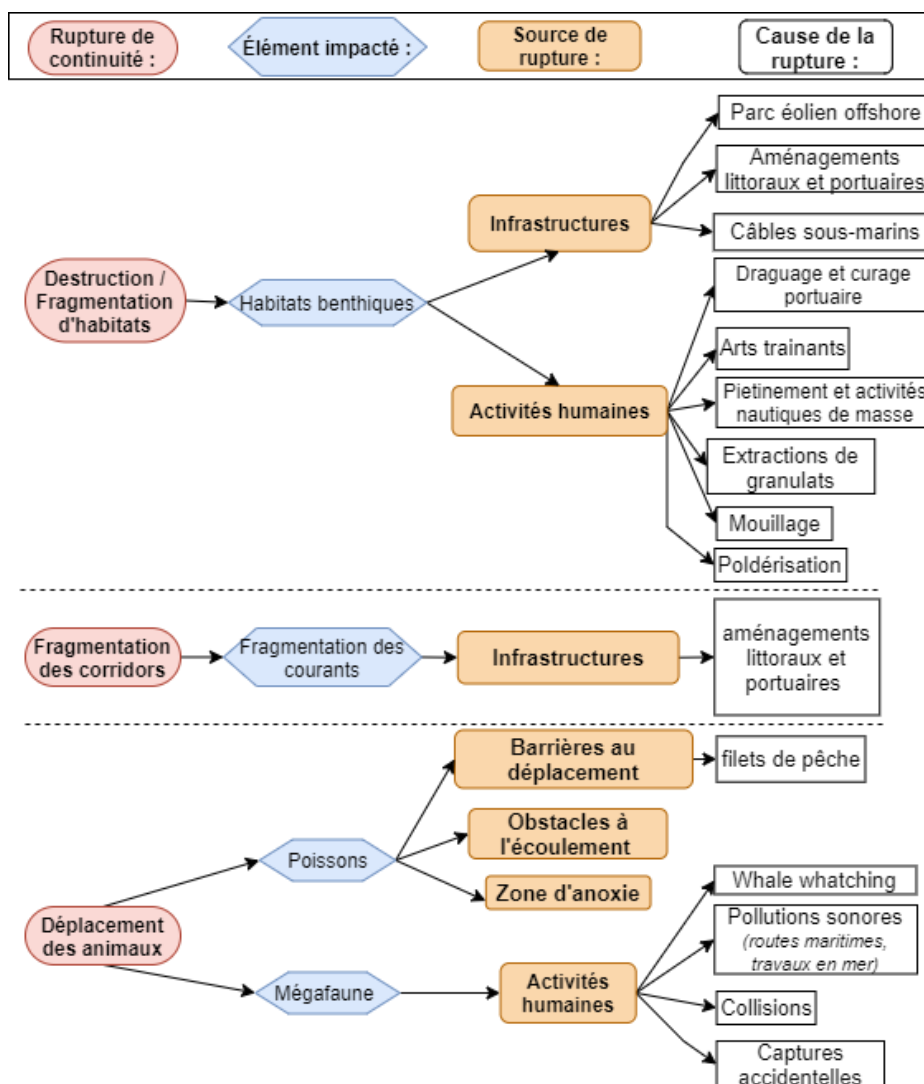


Figure 8 : Typologie des sources de pressions et des obstacles au déplacement en milieu marin

La figure 8 propose une typologie des pressions physiques dont la majorité impacte les habitats benthiques par fragmentation ou destruction, pouvant de fait entraîner des ruptures de continuités.

Quelques sources de pressions physiques empêchent directement le déplacement d'individus. La fragmentation qui en résulte concerne particulièrement les mammifères marins. En effet, les pressions au niveau des couloirs de migrations peuvent modifier le comportement migratoire des espèces. Les individus ont alors tendance à modifier leur déplacement et opter pour des trajectoires moins optimales, ce qui peut impacter leur survie (Bradai M et al., 2015).

Elles concernent également les espèces devant utiliser un corridor physique pour la réalisation de leur cycle de vie (espèces amphihalines ou espèces utilisant l'interface terre-mer comme zone de nourricerie). En effet, de nombreuses pressions physiques altèrent la continuité transversale nécessaire au déplacement de ces espèces. Ces pressions seront à l'origine d'une rupture de continuité. Par conséquent, limiter ces sources de fragmentation permettra une libre circulation des espèces marines entre milieu dulçaquicole, saumâtre et marin.

Les sources de fragmentations les plus mentionnées lors des entretiens sont les aménagements littoraux et portuaires qui détruisent et fragmentent les habitats des petits fonds côtiers (ayant le rôle de nourricerie) ainsi que tous les phénomènes impactant les fonds tels que les mouillages, les arts trainants* ou les dragages portuaires.

L'ensemble des acteurs ont indiqué qu'à l'exception de la mégafaune, des espèces amphihalines et des espèces dépendantes des lagunes, marais et estuaires (qui sont donc contraintes de franchir par deux fois la ligne littorale), les menaces sont plus importantes sur les réservoirs de biodiversité que sur les corridors. La notion de corridor est donc à adapter en milieu marin, car comme précisé précédemment, le domaine pélagique est naturellement perméable. Finalement, « il y a très peu de barrières aux déplacements pour les poissons » (Gestionnaire AMP).

Il en ressort que le concept de connectivité, à la différence des milieux terrestres et d'eau douce, repose plus sur la notion de réseau de sites (entre lesquels les espèces circulent librement) et de corridors diffus que sur la présence de corridors continus. Cela montre ainsi l'importance d'avoir des réservoirs de biodiversité suffisamment proches les uns des autres pour en faire un réseau d'habitats connectés entre eux ainsi que de limiter les pressions qui viendraient réduire cette connectivité de réseau de sites.

Enfin, la majorité des acteurs interrogés et en particulier ceux des Outre-Mer soulignent l'importance de prendre en compte le bassin versant comme source de fragmentation, notamment pour les zones de récifs coralliens. En effet, l'impact du bassin versant sur ces habitats est non négligeable et reste actuellement une préoccupation majeure. Ainsi, sa prise en compte est double, à la fois pour les capacités de déplacement des espèces, mais également pour les sources de pressions engendrées sur le milieu marin.

3.1.5 Enjeux de continuités écologiques en milieu marin

En fonction des espèces et de la phase du cycle de vie considéré, les enjeux de continuités écologiques sont différents (Tableau 3). Ils permettent d'identifier les objectifs et actions de préservation et de remise en bon état des continuités et fonctionnalités écologiques.

Enjeu de continuité écologique	Espèce concernée	Nécessités
Connectivité entre patchs d'habitat permettant le maintien de la démographie d'une métapopulation (puits/sources)	Espèces sessiles ou très peu mobiles ayant une phase de dispersion larvaire	Disponibilité et accessibilité des habitats favorables
Colonisation des larves chez les poissons	Toutes les espèces de poissons	Disponibilité et accessibilité des habitats favorables
Réalisation du cycle de vie au travers des déplacements actifs entre habitats essentiels	Majorité des espèces de poissons Tortues marines	Présence d'habitats essentiels connectés entre eux
Déplacements des poissons devant franchir un estuaire ou pour ceux ayant une phase du cycle de vie en marais/lagune	Espèces amphihalines ou espèces ayant une partie de leur cycle de vie dans les lagunes	Pas d'obstacle ou de perturbation au déplacement ; disponibilité et accessibilité des habitats
Déplacement de la mégafaune	Mammifères marins Tortues marines	Pas d'obstacle ou de perturbation au déplacement ; disponibilité et accessibilité des habitats

Tableau 3 : Les principaux enjeux de continuités écologiques en milieu marin et à l'interface terre-mer

Pour les espèces sessiles ayant une phase larvaire pélagique, celle-ci représente la seule possibilité de déplacement et de colonisation des individus. Ainsi, en fonction des conditions environnementales (circulation marine notamment), le maintien de la connectivité entre patchs d'habitat favorise au niveau local la persistance des individus et au niveau global la pérennité des populations. Selon le taux d'échanges, la connectivité joue un rôle essentiel dans le maintien de la démographie puisqu'elle permet l'apport potentiel de nouveaux individus. Cet enjeu de continuité écologique fait référence aux zones sources, émettrices de larves, et aux zones puits, réceptrices de larves. Les secondes sont donc dépendantes des premières pour le maintien de leur démographie.

Chez les poissons, la majorité des larves colonise les habitats côtiers comme zones de nourriceries. L'objectif est donc de disposer de suffisamment d'habitats favorables pour permettre aux larves de revenir le long des côtes en colonisant les premiers habitats pour ensuite accéder à d'autres.

La majorité des espèces doit régulièrement changer d'habitats pour la réalisation de leur cycle de vie. Ainsi un autre objectif apparaît : la nécessité d'avoir des habitats essentiels pour l'accomplissement de ce cycle.

Pour les espèces devant franchir des « corridors physiques » tels que les estuaires, l'enjeu est le maintien de la connectivité à l'interface terre-mer via la libre circulation des individus.

Les entretiens ont confirmé les enjeux du tableau 3. Ils ont permis de mettre en valeur 4 enjeux associés permettant d'avoir des continuités écologiques fonctionnelles :

- le maintien des zones fonctionnelles et des fonctionnalités écologiques. En effet, si les habitats perdent leurs fonctionnalités ou s'ils disparaissent (fragmentation ou destruction d'habitat), alors il y aura rupture de continuité écologique et les espèces ne pourront plus réaliser leurs cycles de vie,
- la qualité des habitats. Pour maintenir des zones fonctionnelles, ou pour que les larves puissent coloniser l'habitat, celui-ci doit être en bon état. Ainsi, cela suppose de limiter les pressions chimiques (liées notamment aux différentes pollutions ou encore aux apports du bassin versant dans les eaux côtières),
- la qualité des eaux. Puisqu'elle a une incidence globale et directe sur la qualité des milieux naturels, elle n'est pas dissociable de la fonctionnalité des habitats. Une action sur la qualité de l'eau a en effet une incidence globale. Ce sujet est nettement ressorti des entretiens avec les acteurs travaillant à l'interface terre-mer (estuaires et lagune) et ceux des Outre-mer, qui sont confrontés à la dégradation des récifs coralliens.
- limiter les pressions sur les habitats et organiser les usages. Par conséquent, il est important d'agir sur les pressions pour maintenir la qualité et la fonctionnalité des habitats pour les espèces marines et pour limiter leur transformation et leur fragmentation (un exemple de pression peut être le rechargement des plages) favorise le maintien de réseaux connectés de site pour les espèces qui en dépendent,

Enfin, les acteurs interrogés s'accordent à dire que pour la majorité des espèces, la préservation des continuités écologiques repose essentiellement sur le maintien d'habitats en bon état (comme la capacité d'accueil des zones fonctionnelles ou encore la qualité et le maintien des zones) plutôt que sur l'existence de corridors.

Les espèces marines dépendantes d'un type d'habitat sont quant à elles exigeantes en termes de continuités d'habitats (ex. : poissons adultes inféodés aux récifs pour qui une fragmentation d'habitats peut avoir de nombreuses conséquences). Pour des organismes aux capacités de dispersion et de migration réduites, un habitat fragmenté et dispersé se révèle être un frein à la connectivité.

Ainsi, en fonction des exigences écologiques des individus y résidant, les habitats n'ont pas nécessairement besoin d'une continuité physique, mais d'être fonctionnels et connectés entre eux pour que les espèces puissent se déplacer entre habitats favorables.

La notion de corridors continus concerne majoritairement la mégafaune avec ses grands couloirs de migrations ou encore les espèces amphihalines et les poissons réalisant une partie de leurs cycles de vie dans les lagunes et marais et qui doivent donc franchir un « corridor physique ». En effet, pour ces espèces, de nombreuses barrières peuvent être présentes lors de leurs mouvements (comme la fermeture d'un grau via une rupture de continuité hydraulique ou sédimentaire, pose de filets au travers de l'estuaire).

3.2 Analyse des méthodes qui pourraient être utilisables pour cartographier une Trame marine

3.2.1 Bilan des méthodes utilisées pour la Trame verte et bleue

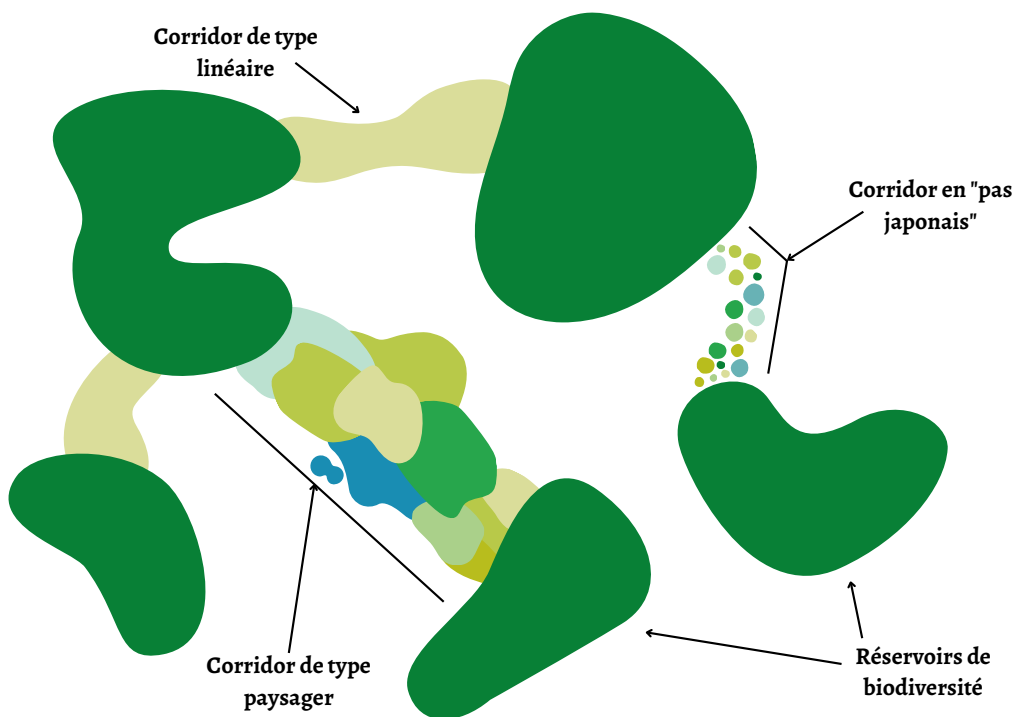


Figure 9 : Corridors écologiques et réservoirs de biodiversité en TVB

La figure 9 représente les différentes typologie de corridors existant en milieu terrestre. En milieu aquatique et terrestre, plusieurs méthodes permettent d'identifier les réservoirs de biodiversité et les corridors écologiques qui composent les continuités écologiques. Pour le milieu aquatique, les cours d'eau peuvent être à la fois des réservoirs de biodiversité et des corridors écologiques.

Réservoir de biodiversité		Corridors écologiques	
Approche "Zonage d'inventaire et réglementaire"	Prise en compte des zonages d'inventaires et réglementaires	Interprétation visuelle	Photo-interprétation : identifier le chemin le plus court qui relie des réservoirs de biodiversité en fonction de l'occupation du sol
Approche "Espèces ou habitats naturels"	Répartition des espèces ou des habitats naturels	Perméabilité des milieux	Identification des zones potentielles et utilisation d'outils SIG spécifiques pour réaliser la modélisation de ces corridors (Théorie des graphes)
Approche "Milieux et écopaysages"	Perméabilité du milieu : modélisation des capacités de déplacement des espèces en fonction des milieux	Méthode "Dilatation-érosion"	Perméabilité du milieu : modélisation des capacités de déplacement des espèces en fonction des milieux
Analyse multicritères	Combiner l'analyse de plusieurs critères pour évaluer la qualité d'un milieu (degré de naturalité, état de conservation, surface, compacité, absence de fragmentation, place dans le paysage, connectivité)		

Tableau 4 : Résumé des différentes approches pour l'identification des TVB

Le tableau 4 résume les différentes approches qui existent sur la TVB.

Ainsi, certaines méthodes apparaissent déjà comme peu pertinentes en milieu marin, comme par exemple l'approche par interprétation visuelle.

3.2.2 Données disponibles en milieu marin

Même si une quantité importante de connaissances reste à acquérir en milieu marin, de nombreuses données existent déjà (Biroллеau et al., 2019). Ces dernières ont des origines diverses, avec des processus de collectes différents. Ainsi, différentes bases et sources de données existent à différentes échelles, allant du national au local (DIRM Méditerranée, Les différentes bases de données existantes, 2017).

Ci-dessous un inventaire non exhaustif des sources de données, bases de données et système d'information sur les écosystèmes marins et littoraux (Milieu marin France, (n.a)) :

- gestionnaires d'aires marines protégées
- observatoires littoraux et marins,
- grandes campagnes scientifiques d'acquisition de connaissances : telles que les campagnes NURSE,
- IFREMER qui possède des données variées sur le milieu marin : données sur les ressources halieutiques via le système d'information halieutique, données sur le milieu marin via SEXTAN,
- études d'impacts,
- documents stratégiques tels que les DSF, Volets littoraux et maritimes des SCOT,
- données pour la DCSMM et la DCE,
- Data Shom : données relatives à la description de l'environnement physique marin dans ses relations avec l'atmosphère, les fonds marins et les zones littorales,
- associations de naturalistes (qui réalisent par exemple des suivis de population de cétacés),
- Borbonica : plateforme régionale de diffusion de données naturalistes à la Réunion,
- Medtrix : plateforme de données de surveillance des eaux côtières et des écosystèmes marins en Méditerranée,
- groupements d'intérêt scientifiques (comme le GIS Posidonie).

Toutes ces sources de données peuvent être utilisées dans le cadre d'une identification et cartographie d'une Trame marine. Le caractère privée de certaines peut nécessiter la mise en place d'une convention entre les collectivités et les entreprises émettrices.

3.2.3 Sous-trames, réservoirs de biodiversité et corridors écologiques en milieu marin

3.2.3.1 Identification des sous-trames

Chaque espèce possédant des exigences écologiques qui lui sont propres, il y a potentiellement autant de réseaux écologiques que d'espèces. Ainsi, raisonner par sous-trame (comme dans une TVB classique) permet de tenir compte d'un plus grand nombre d'espèces (ayant des exigences écologiques proches et des caractéristiques communes) tout en restant opérationnel (Sordello R et al., 2017).

Lors des entretiens, la majorité des acteurs s'est accordée à dire que l'analyse des continuités écologiques en milieu marin doit passer par une approche par sous-trame. En effet, elle permet de :

- éclaircir le propos et de rendre une carte plus lisible,
- prendre en compte les différents enjeux de continuités écologiques en milieu marin en ciblant des actions spécifiques pour chaque sous-trame.
- Les critères évoqués pour identifier ces sous-trames sont :
- les fonctions écologiques soutenues par les différents milieux et habitats (exemples : sous-trame nourricerie côtière ou nourricerie estuarienne),
- les espèces (exemples : la sous-trame espèces amphihalines, mammifères marins ou tortue marine),
- les habitats remarquables (exemples sous-trame herbier de posidonies, récif corallien ou sous-trame **maërl**[®]).

L'approche multitrane peut être utilisée, pour les espèces évoluant dans différents habitats au cours de leur cycle de vie, avec une sous-trame par étape de ce cycle. Ces différentes sous-trames seront ainsi connectées entre elles et ne pourront pas être traitées indépendamment.

3.2.3.2 Identification des réservoirs de biodiversité et des corridors écologiques

La méthodologie de la Trame verte et bleue doit être adaptée aux spécificités des milieux marins, en particulier sur les corridors écologiques.

Les réservoirs de biodiversité en milieu marin correspondent, tout comme en milieu terrestre et dulçaquicole, aux zones :

- où la biodiversité est la plus riche,
- où les espèces peuvent effectuer tout ou partie de leur cycle de vie (habitats essentiels tels que les frayères, les nurseries, les zones d'alimentations, de repos...),
- les habitats naturels peuvent assurer leur fonctionnement.

Le passage entre ces habitats se fera suivant des mécanismes de dispersion (larves, juvéniles et adultes) qui peuvent être diffus (réseau de sites) ou concentrés dans des espaces confinés (estuaires) (Cheminée A, 2012), d'où la nécessité d'adapter la notion de corridors écologiques aux milieux marins.

Ces derniers peuvent prendre des aspects très différents, qui n'impliquent pas nécessairement une continuité physique ou des espaces contigus.

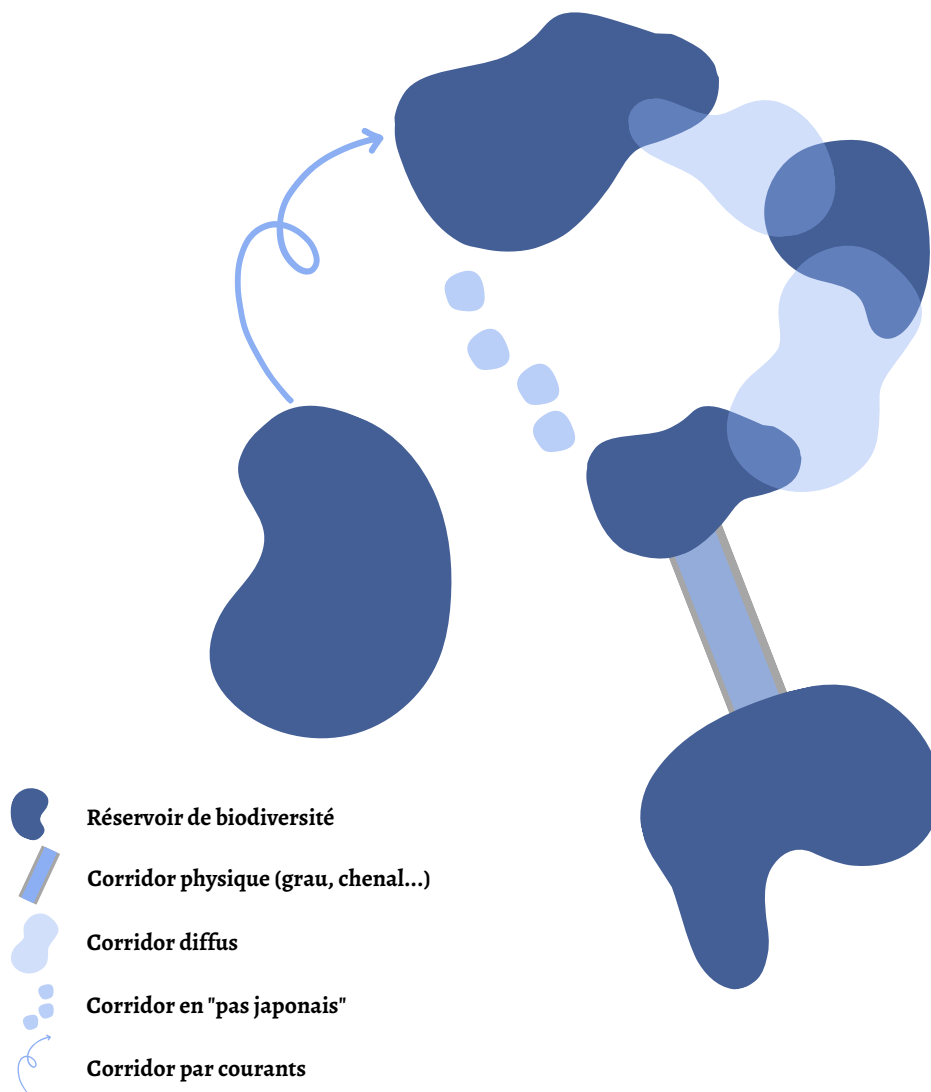


Figure 10 : Identification des réservoirs de biodiversité et des corridors écologiques en milieu marin

La figure 10 représente les différents corridors identifiés pour le milieu marin.

Les principaux types de corridors sont :

- corridors diffus, qui vont ainsi modéliser un réseau d'habitats connectés entre eux (via le déplacement de juvéniles et d'adultes par exemple),
- corridors par « courants » qui permettent de modéliser la circulation marine et le déplacement des larves notamment,

- corridors physiques qui correspondent à des passages obligatoires (notamment à l'interface terre-mer), pour certaines espèces, tels que les estuaires pour les espèces amphihalines ou encore les passages pour relier la mer aux marais pour les espèces devant effectuer une partie de leur cycle de vie en lagunes et marais. Ces espèces sont donc contraintes à franchir par deux fois les zones d'interfaces terre-mer,
- corridors en "pas japonais" qui correspondent à des habitats relais permettant aux espèces de relier deux habitats essentiels entre eux (c'est notamment le cas avec l'implantation de récifs artificiels en milieu marin).

Il est intéressant de noter que si un corridor écologique permet de relier des réservoirs de biodiversité entre eux, ces derniers peuvent rester isolés selon les enjeux, comme pour la conservation d'une espèce sédentaire n'ayant pas besoin de continuité, mais simplement par la préservation d'une surface suffisante d'habitat essentiel (hippocampe par exemple).

3.2.4 Les méthodes et les outils pouvant être utilisables pour l'identification et la cartographie des réseaux écologiques d'une Trame marine

L'analyse bibliographique, les différents entretiens et les retours d'expériences obtenus montrent que certains outils et méthodes utilisés pour identifier et cartographier une TVB pourraient s'appliquer en milieu marin. Ils nécessitent cependant des adaptations aux spécificités de ce milieu.

Les méthodes identifiées sont les suivantes :

- méthode avec une entrée espèce,
- méthode avec une entrée pression,
- méthode avec une entrée habitat,
- méthode avec une approche multicritère.

3.1.2.4 Méthode avec une entrée espèce

Méthode pour les espèces sessiles ou les espèces très peu mobiles avec seule phase de dispersion au stade larvaire

La théorie des graphes semble être un outil pertinent pour modéliser un réseau écologique formé par des espèces à vie fixée ou très peu mobile inféodée à un habitat et ayant une phase de dispersion larvaire. Pour ces dernières, la connectivité est assurée par la phase de dispersion larvaire. Cette méthode permet de modéliser un réseau d'habitats connectés entre eux. Elle repose sur l'analyse d'un graphe paysager dans lequel un des nœuds (les patches d'habitats) sont connectés par des liens représentant les chemins potentiels de déplacement des individus (ici des larves).

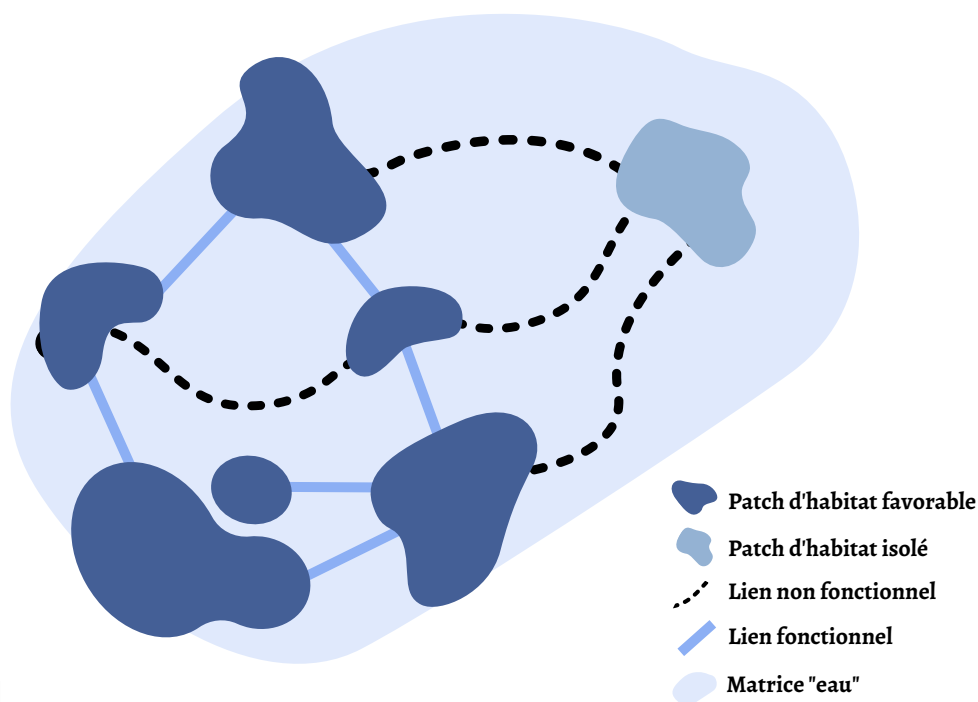


Figure 11 : Représentation d'un graphe paysager pour la méthode de la théorie des graphes

La figure 11 représente un graphe paysager théorique. Le paysage est considéré comme une mosaïque d'habitats plus ou moins perméables à l'espèce, la colonne d'eau (matrice « eau » dans la figure) étant un élément de cette mosaïque. Pour pouvoir modéliser le réseau d'habitats et la connectivité des espèces, le logiciel Graphab peut être utilisé (Vanel S, 2020).

Avec ce logiciel, les nœuds sont définis par leur localisation et leur surface. Par la suite, ce logiciel va identifier des chemins potentiels de dispersion des larves d'un habitat à un autre. Pour établir ces chemins potentiels, des coûts de déplacement sont calculés dans un premier temps. Ceux-ci permettent de dimensionner les difficultés de déplacement des larves dans la colonne d'eau. Le logiciel Graphab peut ainsi être adapté au milieu marin en utilisant des facteurs spécifiques pour calculer le coût de déplacement : courantologie, vent, débit fluvial...

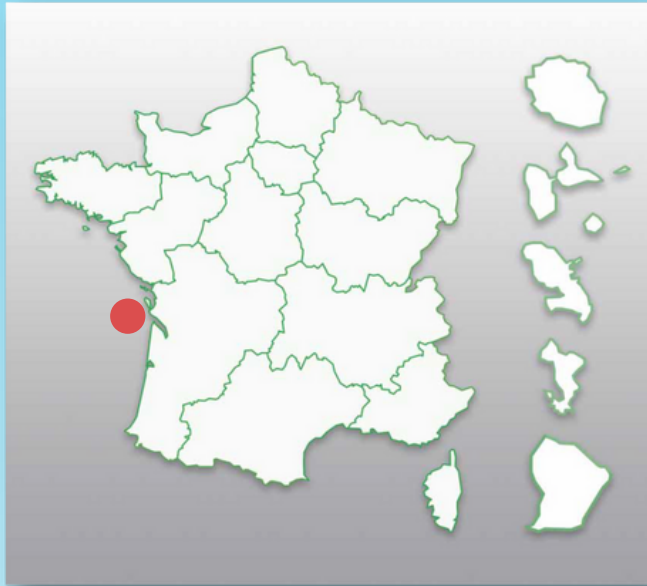
Enfin, dans un second temps, un coût d'installation est calculé et permet de quantifier la difficulté qu'une larve peut avoir pour s'implanter et coloniser un milieu.

Les coûts de déplacements et d'installation permettent ainsi de définir une matrice de résistance. Ainsi les liens entre récifs sont identifiés en traçant des chemins correspondant aux corridors qui offrent le moins de résistance au déplacement des larves.

Cette approche permet de prendre à la fois les caractéristiques du milieu (vent, courant, marée) et également celle des larves (potentiel de dispersion, position dans la colonne d'eau). Elle permet de plus d'étudier le réseau dans son ensemble et de caractériser l'importance de chaque nœud dans la persistance du réseau. Cette méthode permet par la suite une réflexion sur les mesures de gestion et sur la priorisation de ces mesures.

Cette méthode a été testée par le Parc Naturel Marin estuaire de la Gironde et mer des Pertuis pour modéliser la connectivité des récifs d'hermes dans le parc (Vanel S, 2020).

Connectivité des récifs d'hermelles (*Sabellaria alveolata*) dans le parc naturel marin de l'Estuaire de la Gironde et Mer des Pertuis

**Porteur du projet :**

Ecole Pratique des Hautes Etudes

Partenaires :

PNM de l'Estuaire de la Gironde et Mer des Pertuis

Contact :

Sophie Vanel

Le vers marin polychète *Sabellaria alveolata* est responsable de la formation de récifs biogéniques qui constituent d'importants hotspots de biodiversité dans le parc naturel marin de l'Estuaire de la Gironde et Mer des Pertuis.

Au sein de cette aire marine protégée, les récifs à *S. alveolata* sont menacés par des pressions anthropiques comme la pêche à pied et les activités conchylicoles. Pour protéger ces récifs, il est essentiel de connaître la dynamique de dispersion larvaire, qui assure la connectivité entre les récifs.

En s'inspirant de la théorie des graphes, une matrice de résistance au déplacement a été développée en prenant en compte les variables hydrodynamiques existantes dans le parc EGMP. Les valeurs de coût de déplacement ont été déterminées en fonction de la résistance à la dispersion des larves d'hermelles.

Le but de cette étude est d'estimer le rôle des facteurs hydrodynamiques dans la dispersion larvaire de cette espèce et de déterminer, grâce à l'étude de la connectivité, les principaux récifs du parc. Il apparaît que les variables hydrodynamiques peuvent soit favoriser la dispersion des larves, du Nord au Sud du parc ou à l'inverse favoriser la rétention larvaire notamment dans les pertuis. Le Nord de l'île d'Oléron semble être un endroit stratégique en termes de connectivité. Des mesures de gestion doivent être renforcées dans cette partie du parc.

Méthode pour les espèces ayant des juvéniles et des adultes mobiles

La méthode dite de « dilatation-érosion » peut-être utilisable pour identifier des continuités écologiques associées à des espèces de poissons mobiles inféodées à un habitat. Elle permet « d'automatiser » l'analyse des distances entre deux patchs d'habitats et de mettre en évidence les chemins les plus directs permettant de les relier (Sordello R et al. 2017).

Pour les espèces devant utiliser plusieurs habitats au cours de leur vie, cette méthode peut s'appliquer en utilisant des sous-trames. C'est-à-dire que l'on peut d'une part considérer indépendamment les habitats de chaque étape du cycle de vie et d'autre part cette méthode permet de relier différentes sous-trames entre elles.

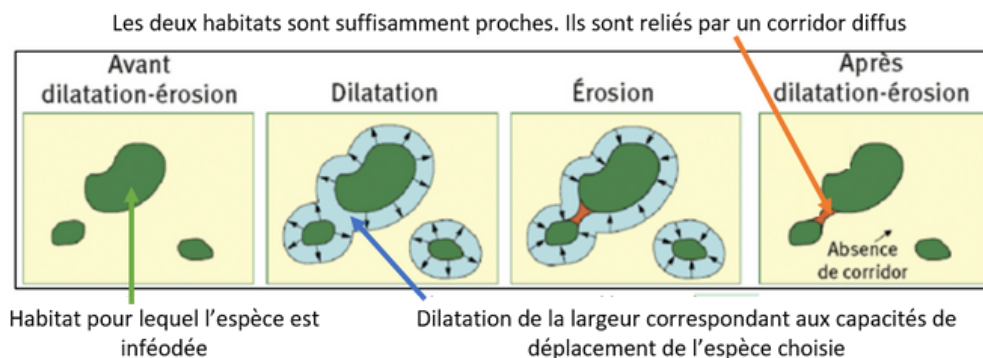


Figure 13 : Représentation de la méthode Dilatation-érosion. Schéma adapté de (Sordello R et al., 2017)

Chaque sous-trame représente alors un habitat essentiel, une étape du cycle de vie de l'espèce. Cette méthode se fonde sur les habitats d'espèces considérées, et sur les capacités de dispersion des espèces.

La figure 12 représente les différentes étapes de la méthode Dilatation-érosion qui permet d'identifier des réservoirs de biodiversité connectés ou non entre eux.

La première étape consiste à cartographier des réservoirs de biodiversité qui correspondent aux habitats favorables à l'espèce, ces habitats étant présents sous forme de patchs dans le milieu marin.

Par la suite, chaque patch de la sous-trame considérée est dilaté de la largeur correspondant aux capacités de déplacement de l'espèce considérée. Cela permet de regrouper les patchs initialement séparés et qui entrent en contact au moment de la dilatation. Ainsi ces patchs en contact forment potentiellement des habitats connectés entre eux. Cette étape permet de distinguer les zones potentiellement connectées entre elles des zones potentiellement pas ou peu connectées.

Enfin, une étape d'érosion est réalisée pour identifier les zones ayant permis de fusionner deux tâches. Ces zones correspondent aux corridors potentiels. Ici ils correspondent ainsi aux corridors diffus (pas réellement de corridor en milieu marin pour ces espèces).

Une fois ces continuités potentielles identifiées, il convient de coupler ces informations avec des données terrain pour valider ou infirmer la présence d'espèces sur les réservoirs identifiés ou non, permettant ainsi d'affiner l'analyse de la fonctionnalité écologique des réservoirs.

Malheureusement, cette méthode reste théorique, car elle ne repose que sur le seul critère de distance et de capacité de déplacement des espèces et ne prend pas en compte la nature des milieux, comme les facteurs hydrodynamiques pouvant impacter les capacités de déplacement des espèces. Son usage n'est donc pas recommandé pour l'identification d'une Trame marine, hormis dans le cas de milieu quasi fermé avec peu de changement des paramètres physico-chimiques entre différents points.

3.2.4.2 Méthode avec une entrée pression

Cette approche pourrait être utilisée pour identifier les secteurs à enjeux et les zones de tranquillité pour la mégafaune, très sensible aux pressions lors de leurs migrations et déplacements (CEREMA, 2021) notamment au bruit ou au trafic maritime (collisions accidentelles).

Cette méthode consiste à identifier les points de conflits entre source de fragmentation (pression sonore ou trafic maritime par exemple) et les secteurs à enjeux devant être préservés pour la mégafaune. Elle ne vise pas à identifier une trame marine à proprement parler, mais permet une hiérarchisation des mesures de préservation de ces continuités écologiques où les pressions posent des problèmes particuliers pour la biodiversité marine.

Dans un premier temps, une cartographie des secteurs à enjeux est réalisée (observations de cétacés, couloirs de migrations connus...). Dans un second temps, la cartographie des pressions est réalisée : cartographie liée au trafic maritime, pollution sonore ... cette cartographie permet d'évaluer l'intensité de ces pressions. La dernière étape consiste en un croisement cartographique dans le but d'identifier des points de conflits. En effet, les données espèces sont superposées aux données pour identifier les zones de conflits et trouver des mesures de gestion adaptées.

Une étude récente du CEREMA a utilisé cette méthode pour évaluer le risque de collision entre grands cétacés et navires (CEREMA, 2021).

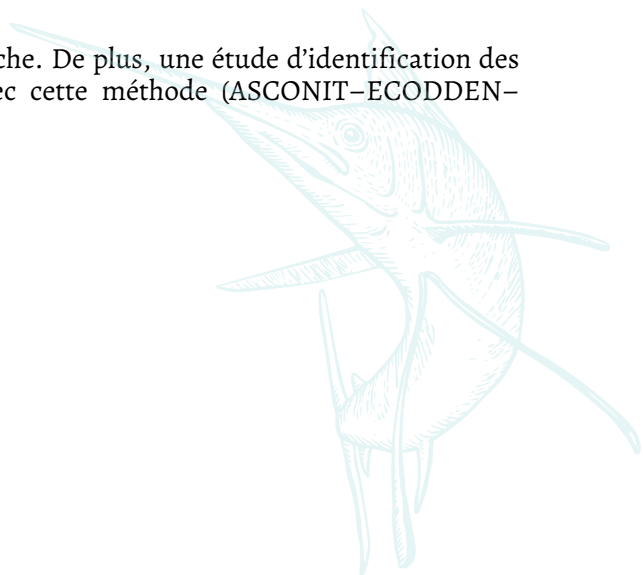
3.2.4.3 Méthode avec une entrée habitat

Cette approche est ressortie lors des entretiens comme la plus réalisable pour les gestionnaires. Certains habitats sont fonctionnels pour un nombre important d'espèces. Par exemple, les herbiers de posidonies sont des zones de nurseries pour un grand nombre de juvéniles. Cette approche se concentre sur les réservoirs de biodiversité et non sur les corridors. En effet, la circulation marine permet d'avoir un milieu marin naturellement connecté.

Avec cette méthode, le raisonnement s'effectue par sous-trame : une sous-trame correspond à un type d'habitat ou une fonctionnalité. L'état de conservation des habitats est l'un des paramètres qui permettent d'identifier les réservoirs de biodiversité.

Ainsi, les réseaux écologiques seront en bon état si l'état de conservation de ces zones fonctionnelles est préservé.

Le Parc naturel régional d'Armorique travaille sur cette approche. De plus, une étude d'identification des réseaux écologiques à la Réunion a également travaillé avec cette méthode (ASCONIT-ECODDEN-PARETO, 2014).



Protéger les grands cétacés vis-à-vis du risque de collision avec les navires en Méditerranée

**Porteur du projet :**

CEREMA

Contact :

Alan Quentric

alan.quentric@cerema.fr

Cette étude croise les informations sur le trafic maritime (données AIS (Automatic Identification System) des navires) et sur les observations des cétacés réalisées sur l'espace méditerranéen correspondant à l'Aire importante pour les mammifères marins (AIMM) identifiée par un groupe de travail piloté par l'UICN, étendue à la limite orientale du sanctuaire Pelagos et incluant le corridor de migration des cétacés vers l'Espagne, qui est également une aire protégée.

Par leur grande taille, deux espèces de cétacés sont particulièrement vulnérables au risque de collision dans cette zone: les rorquals communs et les grands cachalots. L'étude des animaux échoués sur les côtes a montré notamment que 22,5% des rorquals échoués ont été victimes de collisions, une proportion similaire pour les autres espèces de cétacés, ce qui en fait la première cause de mortalité liée à l'homme.

Des cartographies prédictives de la répartition des rorquals et des cachalots dans ce périmètre ont été réalisées à partir des données issues de campagnes d'observation, et montrent leur forte présence à proximité des côtes françaises, surtout pour les rorquals.

Une cartographie du trafic maritime dans cet espace parmi les plus fréquentés au monde en particulier par les paquebots, a aussi été réalisée à partir de données issues de travaux antérieurs impulsés par le WWF.

Ce travail a permis de calculer pour le rorqual un indice de probabilité qu'un cétacé croise un navire sur la zone d'études, le "near miss event"(NME).

Cet indice a montré que :

- le nombre théorique de situations de collisions est de 700 en hiver et 2000 en été,
- les différences saisonnières proviennent principalement de la variabilité du nombre de navires fréquentant la zone, qui double en été par rapport à l'hiver,
- les navires à passagers et les cargos présentent le risque cumulé de collision le plus important (84% de NME en hiver, et 72% en été. Ce taux diminue non pas parce que le risque diminue pour ces types de navires, mais plutôt parce que la proportion de ces navires au sein de la flotte globale diminue en été, notamment du fait d'une activité de plaisance plus soutenue).

Ces éléments justifient la proposition de créer une Zone maritime particulièrement vulnérable.

Une série de mesures possibles pour réduire les collisions est présentée dans le document, telles que l'adoption d'un système de signalement des navires, la réduction de la vitesse qui permet d'éviter beaucoup de collisions graves, la mise en place de dispositifs d'observation/détection des cétacés pour prévenir les navires de passage...

Etude préalable d'identification et de cartographie des réseaux écologiques à la Réunion



Porteur du projet :

DEAL Réunion

Partenaires :

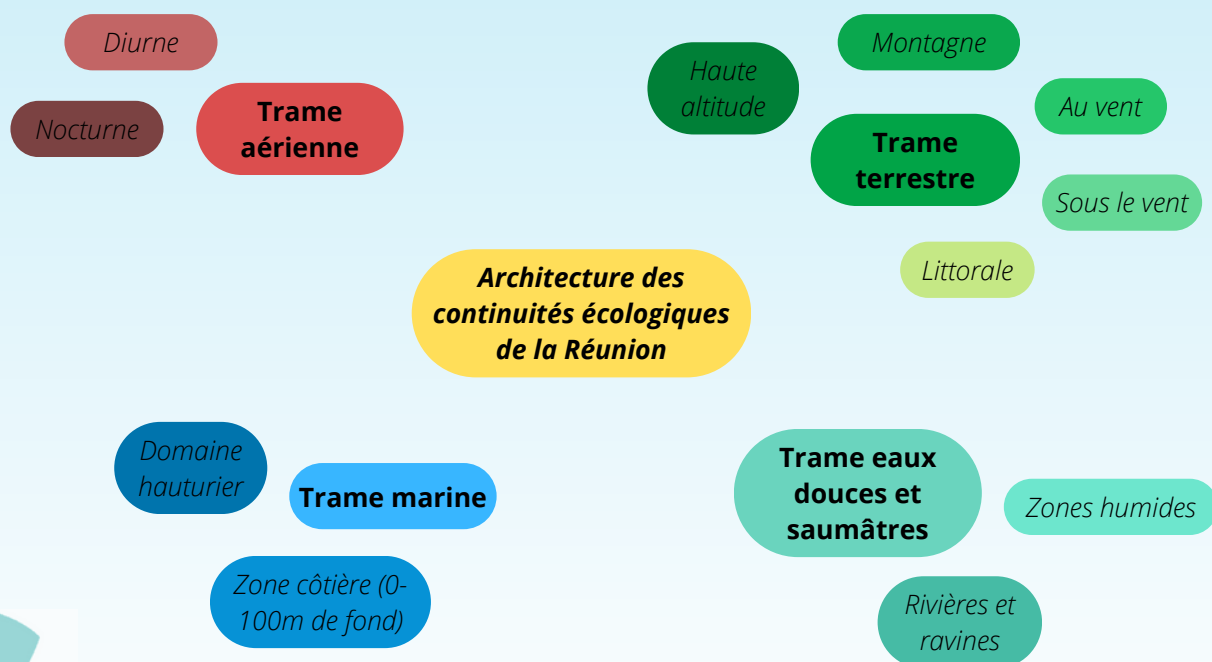
Asconit-ECODDEN-PARETO

Contact :

deal-reunion@developpement-durable.gouv.fr

Une étude préalable d'identification et de cartographie des réseaux écologiques à la Réunion a été réalisée de 2012 à 2014.

Les sous-trames qui ont été sélectionnées afin de représenter les continuités écologiques de l'île s'appuient sur des enjeux faunistiques et de continuité des milieux. Le schéma suivant (ASCONIT-ECODDEN-PARETO, 2014) vient illustrer la déclinaison des 4 trames principales (formant l'architecture des continuités écologiques) en sous-trames.



3.2.4.4 Méthode avec une entrée multicritère

Cette méthode, aussi utilisée pour la TVB, consiste à combiner plusieurs critères pour analyser les réservoirs de biodiversité et les corridors écologiques :

- le degré de naturalité/ l'état de conservation des réservoirs de biodiversité : degré inverse d'artificialisation du milieu ou du niveau de la pression humaine sur le milieu,
- la surface des réservoirs,
- la place du réservoir de biodiversité dans le paysage : proximité d'autres réservoirs de biodiversité,
- la présence d'obstacle ou d'éléments fragmentant (infrastructures de transport, les zones urbaines et les grandes coupures naturelles),
- l'hétérogénéité de l'habitat,
- la connectivité avec d'autres réservoirs de biodiversité.

3.2.5 Synthèse des retours d'expériences

De nombreux retours en lien avec l'étude de la connectivité et/ou des continuités écologiques en mer ont été recensés dans ce rapport. La plupart sont soit issus de travaux de recherche, soit issus d'expérimentations méthodologiques à visées opérationnelles ayant permis la mise en évidence d'enjeux et critères à prendre en compte pour identifier et cartographier de potentielles Trames marines.

Retour d'expérience	Localisation	Méthode	À retenir pour une Trame marine	Limites
Connectivités des récifs d'hermes dans le Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis	Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis	Entrée espèce	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilité d'utiliser Graphab en milieu marin, en l'adaptant aux spécificités du milieu (prise en compte des vents, courants et débits fluviaux) • Permits d'évaluer l'importance des récifs dans la persistance du réseau connecté. Permits d'identifier les zones puits/sources. • Permits de définir et de prioriser les mesures de gestion associées 	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessité d'une cartographie exhaustive • Pas de considération des territoires limitrophes au parc • Pas de prise en compte de la courantologie dans la direction des liens entre les patches
Identification de la Trame Bleue Salée ; Actions pilotes sur l'estuaire de Noyal	PNR du Golfe du Morbihan	-	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessité d'adapter la méthode au contexte : forte variabilité dans le temps par rapport à d'autres zones maritimes • Pertinence de l'échelle d'étude pour identifier une trame. Nécessité d'adapter l'échelle : une échelle trop petite peut ne pas être pertinente pour une Trame marine • Intégration de ce type d'étude au sein d'un programme pluridisciplinaire et multipartite pour avoir plus d'éléments et une réelle identification. 	<ul style="list-style-type: none"> • Étude réalisée sur des données bibliographiques et non pas locales • Variabilité du milieu estuarien rendant complexe la cartographie d'une Trame marine
Trame Émeraude du PNR d'Armorique	PNR d'Armorique	Entrée habitat	<ul style="list-style-type: none"> • Approche fonctionnelle qui permet de suivre l'état de conservation des habitats • Permits de définir les actions de suivi, de préservation et de restauration des habitats en fonction de l'état de conservation des habitats • Approche qui permet de fédérer les acteurs autour des enjeux écologiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de réelle identification de trames • Problème d'acceptabilité des zones N2000 en mer (difficulté à mobiliser l'opinion publique) • Peu de moyens terrains par manque de temps et de budget.
Étude préalable d'identification et de cartographie des réseaux écologique à la Réunion	Île de la Réunion	Entrée habitat	<ul style="list-style-type: none"> • Approche par sous-trame pertinente pour les différents enjeux identifiés • La notion de corridor est à adapter au milieu marin • Approche habitat et espèce possible pour une trame marine 	<ul style="list-style-type: none"> • Le niveau de connaissances va conditionner la pertinence des cartographies réalisées

Tableau 5 : Retours d'expérience issus des entretiens

Le tableau 5 résume les différents retours d'expérience obtenus lors des entretiens et les principales conclusions à tirer concernant les méthodes pouvant s'appliquer en milieu marin.

Les connaissances sur la connectivité naturelle des espèces marines et des écosystèmes marins sont moins avancées que pour leurs équivalents terrestres, mais s'améliorent néanmoins chaque jour. En effet, de nombreux scientifiques étudient la connectivité en milieu marin via :

- les méthodes par modélisation océanographique : analyse du modèle physique de courantologie qui permet d'identifier un modèle de circulation physique. Combinés à des paramètres environnementaux, ces modèles permettent de prédire le déplacement des larves dans les masses d'eau. Ces modèles se fondent sur des flux,
- les méthodes par analyse chimique : permettent de déterminer la position des individus d'une espèce à différents stades de vie. La position des individus dans le temps pour retracer leur migration,
- les méthodes génétiques : analyse de parentés des individus entre eux et la distance qui les séparent,
- le suivi de populations par marquage ou photo-identification.

<i>Projets de recherche, programmes scientifiques et campagnes océanographiques</i>	<i>Localisation</i>	<i>Objectifs</i>
Programme eCATE : évaluation de la connectivité entre aires marines protégées et rôle des habitats essentiels	De Cap Leucates jusqu'à Rosas	Évaluer la connectivité des populations de poissons au stade adultes entre trois AMPs de la côte catalane française et espagnole ainsi que le rôle des habitats essentiels
Programme ROC CONNECT : connectivités des habitats rocheux fragmentés du Golfe du Lion	Golfe du lion (de Marseille à Cap de Creus)	Quantifier la connectivité potentielle des populations d'invertébrés présentes dans l'habitat rocheux fragmenté du golfe du Lion et son rôle dans la persistance régionale de ces espèces
Projet NUHAGE : Nurserie; hAbitats, Genie Ecologique	Département du Var	Identifier les zones de recrutement, caractériser la structure des nurseries et qualifier le peuplement des juvéniles associés dans les petits fonds côtiers du département
Projet CONNECT-MED : Connectivité des poissons côtiers à l'interface lagune-mer en Méditerranée	Littoral méditerranéen	Comprendre la connectivité des espèces entre les lagunes et la mer en fonction de différents types d'habitats, naturels ou exploités et des conditions environnementales
Projet Life Adapto	10 sites pilotes en France métropolitaine	Explorer les solutions face aux effets du changement climatique sur le littoral en préconisant une gestion souple du trait de côte. Permettre, entre autres, de caractériser le rôle des milieux naturels dans l'organisation d'une interface terre-mer efficace en termes d'adaptation au changement climatique.
Projet CERPEDIEM : Modélisation spatiale des pressions anthropiques et de leurs effets sur les habitats benthiques	France métropolitaine	Produire des cartographies de synthèse des pressions anthropiques et de leur effets probables ou potentiels sur les écosystèmes marins
Campagne NURSE	Golfe de Gascogne	Connaître le fonctionnement et l'état de santé des nourriceries côtières via l'étude écologique au travers de l'abondance et de la qualité des juvéniles de poissons benthiques et démersaux en lien avec les paramètres physiques des habitats

Tableau 6 : Liste non exhaustive des différents projets de recherches, programmes scientifiques et campagnes océanographiques pour l'acquisition de connaissance et le suivi en lien avec la connectivité et les continuités écologiques en mer

Le tableau 6 présente une liste non exhaustive des différents projets scientifiques en lien avec la connectivité et les continuités écologiques en mer.

La connaissance de la connectivité marine est nécessaire pour une meilleure gestion du milieu marin (plan de gestion et politiques maritimes) face aux changements climatiques. L'avancée des recherches permet une meilleure compréhension des relations complexes entre les espèces et le fonctionnement des différents habitats dont elles sont dépendantes. Cependant, estimer cette connectivité reste très complexe (vastes écosystèmes, difficultés de collecte de données...).

L'action Européenne COST SEA-UNICORN a pour objectif de rassembler de nombreux scientifiques, gestionnaires et décideurs afin de mieux décrire la connectivité marine pour développer une économie bleue durable et respectueuse de l'environnement (SEA-UNICORN, 2021). Cette action permet aux scientifiques de rassembler les données existantes, faire progresser les méthodes et d'intégrer les différentes disciplines associées à la connectivité en mer pour étudier la connectivité fonctionnelle marine (CNRS, 2021)

3.3 Analyse des Possibilité de déclinaison d'une Trame marine au sein des politiques marines et du littoral

Pour traiter des questions de continuités écologiques en milieu marin et à l'interface terre-mer, il est nécessaire de s'intéresser aux différents outils de gestion et de planification, qu'ils soient terrestres et marins.

3.3.1 La zone littorale : lieu de rencontre de nombreuses politiques

3.3.1.1 La réglementation en faveur de la protection de la biodiversité à l'interface terre-mer et en zone côtière

Depuis les années 70, le contexte réglementaire du milieu marin a fortement évolué pour une meilleure prise en compte de l'environnement, au niveau international (convention des mers régionales), européen (DCE, DCSMM) et français (Lois sur l'eau, PAMM...) [annexe 4].

Aujourd'hui, de nombreuses politiques publiques, conventions et directives européennes encadrent les activités et usages à terre et en mer, permettant une meilleure prise en compte de l'environnement (telles que la loi « littoral » en 1986 ou encore la loi « Grenelle II » en 2010).

Le littoral étant une zone d'interface entre terre et mer, de nombreux outils de gouvernance, de gestion et de planification s'appliquent (Khayati A, 2011). Ces différents dispositifs peuvent être répartis en 3 secteurs : marin, dulçaquicole et terrestre. Ils se veulent complémentaires en travaillant à des échelles différentes. En effet, ces différents documents de planification partagent des territoires d'interventions communs avec des portées juridiques différentes. De plus, en fonction des documents, les objectifs sont différents (comme la protection du patrimoine naturel, la gestion qualitative et quantitative de l'eau, la gestion des usages...) (DIRM SA, (n.a)).

L'annexe 5 résume les différentes politiques et documents en faveur d'une prise en compte de la biodiversité.

3.3.1.2 Les interactions entre les différents documents de planification et de gestion des espaces naturels

Tous ces objectifs permettent de répondre à un objectif plus global : le développement durable du littoral dans une gestion intégrée de la zone côtière, c'est-à-dire une gestion intégrée de l'espace et des ressources en prenant en compte simultanément les enjeux terrestres et marins.

Ainsi, une articulation et une cohérence entre tous ces documents sont nécessaires. Ces articulations sont définies par les textes de loi, avec trois niveaux d'opposabilité (AudaB, 2015).

Prise en compte	Ne pas s'écarter des orientations fondamentales de la norme supérieure.
Compatibilité	Obligation de non-contrariété aux orientations fondamentales de la norme supérieure. La norme inférieure ne fait pas obstacle à la norme supérieure.
Conformité	Obligation positive d'identité de la norme inférieure à la norme supérieure.

Tableau 7 : Les niveaux d'opposabilité (du moins contraignant au plus contraignant)

La figure 13 présente une synthèse des différents documents et politiques en lien avec la prise en compte des continuités écologiques. Il représente les articulations entre les différents documents de nature très diverse pour la France métropolitaine. En effet, concernant les outre-mer, certaines directives ne s'appliquent pas. Ainsi, l'une des grandes différences avec l'hexagone est l'absence d'applicabilité de la Directive Cadre Stratégie Milieu Marin, des directives N2000 DHFF et DO et Directives Habitats et Espèces en outre-mer. De plus, en outre-mer, les stratégies régionales d'aménagement et de développement sont régies non pas par un SRADDET, mais par le Schéma d'Aménagement Régional (SAR) (CEREMA, n.a).

Au sein de chaque domaine d'application - politique marine, terrestre et eau continentale - les interactions entre les documents sont nombreuses, principalement avec un rapport de compatibilité de la norme inférieure avec la norme supérieure.

Concernant les interactions entre le milieu terrestre et le milieu marin, le Document Stratégique de Façade (DSF) est l'élément central. Il est à la croisée de toutes les politiques que l'on peut retrouver en zone côtière. En effet, le DSF est le cadre de référence, à l'échelle de la façade (4 façades en France : Méditerranée, Manche Est mer du Nord, Nord Atlantique Manche Ouest, et Sud Atlantique [annexe 6]), pour la planification de l'espace maritime et de l'interface terre mer (AFB, 2017). L'objectif du DSF est, entre autres, de gérer les conflits d'usages pour préserver la biodiversité tout en valorisant le potentiel économique du littoral (Bretagne Vivante, 2019).

Le DSF impose une obligation de compatibilité à tous les plans, programmes et schémas situés au sein de son périmètre marin du DSF (tels que les plans de gestion des AMP par exemple). Ainsi, les volets littoraux et maritimes des SCOT doivent être compatibles avec le DSF. Concernant la partie terrestre, les plans, programmes et schémas doivent le prendre en compte dès qu'ils sont susceptibles d'avoir des incidences significatives sur la façade et sur la partie marine (cela concerne par exemple les SRADDET) (DIRM SA, 2018). Il est à noter que les limites du DSF sont les limites du DPM, et donc s'applique uniquement au milieu marin. Le DSF se veut être très intégrateur.

On constate une volonté de faire le lien entre terre et mer, à l'image de la nouvelle stratégie nationale des aires protégées dans laquelle, pour la première fois, la France a fait le choix d'une stratégie commune entre terre et mer pour la gestion de ses espaces protégés.

Les entretiens révèlent plusieurs freins et limites concernant ce tissu constitutionnel.

- Malgré une volonté politique d'articuler les directives entre la DCSMM, la DCE et la DHFF, la majorité des acteurs du milieu marin soulève le manque d'articulation entre les différents documents et les difficultés de compréhension. Cela peut mener jusqu'à des incohérences et des contradictions lors de la mise en place de projets.
- À l'image de ce schéma, la compréhension du cadre réglementaire en zone littorale est difficile. En effet, la plupart des acteurs terrestres trouvent cette dimension réglementaire très compliquée, ce qui pose un problème dans la compréhension. Les acteurs du milieu terrestre sont encore dans une phase d'appropriation et de compréhension du DSF. L'articulation entre les différents documents et l'interface terre-mer posent est une réelle problématique pour les élus, notamment dans la compréhension des limites de la planification terrestre et la planification du DSF. Ils sont au début de l'articulation entre le DSF et le SRADDET.
- La majorité des acteurs ont conscience que le DSF est nouveau, mais ils trouvent que la DCSMM et la DCPEM restent encore segmentées et les données ne se croisent pas forcément. Les acteurs interrogés estiment que le DSF permet d'avoir une vision globale des enjeux, mais considèrent un manque de maturité et de recul sur la planification vis-à-vis des enjeux environnementaux.

4.3.1.3 Les nombreux acteurs impliqués

Une meilleure organisation des usages passe par une gestion partagée du DPM avec un certain nombre de schémas concertés et partagés. De nombreux acteurs sont donc mobilisés pour élaborer ces différents documents stratégiques avec de multiples concertations (CMF Méditerranée, 2016).

Les collectivités territoriales, tout comme les gestionnaires d'aires marines protégées, sont des acteurs majeurs de la mise en œuvre des politiques sur le littoral.

Il y a donc une compétence partagée entre État et collectivités territoriales lorsque des schémas de planification relevant des collectivités telles que les SCOT s'appliquent sur le DPM (Corse, 2017).

3.3.2 Les continuités écologiques et leurs cartographies dans les différents documents de planification et de gestion de la biodiversité



Figure 15 : Carte de la trame bleue maritime du volet littoral et maritime du SCOT du Golfe de Saint-Tropez (Communauté de communes Golfe de Saint-Tropez, 2019)

3.3.2.1 Documents de planification

Cinq documents de planification ayant un lien direct avec l'espace maritime sont étudiés dans cette partie, les DSF, les SCOT, les SRADDET, les SMVM et les STERE. Les enjeux de continuités écologiques y sont d'une manière générale affichés, mais l'axe d'une Trame marine n'a pas été choisi.

On retrouve une volonté de gestion intégrée de la zone côtière ou le maintien de la connectivité entre terre et mer pour les espèces amphihalines et euryhalines*.

Concernant les DSF, ils identifient tous de nombreux objectifs pour la préservation des fonctionnalités écologiques des sites tels que le maintien d'habitat fonctionnel, la réduction des pressions. Cette identification a pour but l'atteinte du bon état écologique des eaux marines.

Du côté des SRADDET, les objectifs sont très globaux comme dans celui de la région Pays de la Loire, dont l'objectif 18 est de « Concilier préservation des espaces naturels et développement des activités des territoires littoraux ». Les SRADDET ne mettent en place que des objectifs et des règles peu précis et peu contraignants concernant ces questions de continuités écologiques à l'interface terre-mer et en milieu marin.

Pour les SCOT, seul un faible nombre comporte un volet littoral et maritime ont clairement identifié et cartographié une Trame marine. C'est par exemple le cas pour le SCOT de la Communauté de Communes du Golfe de Saint-Tropez. La plupart du temps, ces cartes ont été réalisées à « dire d'experts ». Dans ce dernier, le service "espaces littoraux" a permis de fournir un grand nombre de données permettant d'identifier cette Trame marine.

Cette identification permet aux acteurs du SCOT de prendre en compte les enjeux identifiés dans la Trame marine pour la réalisation des cartes de vocations, qui permettent de donner un certain poids à un enjeu environnemental ou socio-économique. Pour chaque espace identifié, une ou plusieurs vocations peuvent être associées, certaines pouvant avoir un caractère exclusif. Par conséquent, lors de la mise en place de nouveau projet sur le territoire du SCOT ayant un volet littoral et maritime, tout nouveau projet devra être confronté à cette carte des vocations.

La figure 14 représente l'évolution de la mise en place de volets littoraux et maritimes dans les SCOT sur les différentes façades maritimes françaises. À l'heure actuelle, ce nombre reste faible. La majorité se situe en Méditerranée, tandis qu'en Atlantique, on retrouve des Schémas de Mise en Valeur de la Mer.

Cependant, depuis le 17 juin 2020, une nouvelle ordonnance⁸ est née concernant la modernisation des SCOT. Il leur est désormais possible de donner des prescriptions sur le DPM sans passer par un SMVM ou un chapitre individualisé valant SMVM. Les démarches sont donc simplifiées pour les porteurs de SCOT et de volets littoraux et maritimes. Ainsi, les collectivités territoriales devront, à terme, travailler sur le milieu marin (Olei S, 2020).

Enfin, concernant les Schémas Territoriaux de Restauration Écologique (STERE), ils sont relatifs à des territoires méditerranéens et sont élaborés dans le cadre du Programme d'Action pour le Milieu Marin. Ils sont actuellement en cours d'élaboration.

Le STERE représente un outil de programmation et de planification (composante temporelle et spatiale) de mise en œuvre d'actions de restauration écologique et de non-dégradation, ce qui revient à traiter de la connectivité des habitats (particulièrement si le travail porte sur les fonctions écologiques). S'il ne s'agit pas à proprement parler d'une Trame marine, la même logique est présente, les actions visant à permettre de maintenir en bon état ou de restaurer des continuités écologiques en milieu marin (Lenfant P et al., (n.a)).

⁸ ordonnance n°2020-744 du 17 juin 2020 relative à la modernisation des schémas de cohérence territoriale.

3.3.2.2 Documents de gestion

D'un point de vue de la gestion locale, les acteurs ont conscience que la connectivité est un enjeu écologique important. C'est un paramètre qu'ils aimeraient mieux prendre en considération, mais cela reste difficile, autant d'un point de vue écologique (connaissance de la connectivité) que réglementaire.

Dans les plans de gestion des AMP, la connectivité apparaît de manière indirecte via de nombreuses mesures associées à la protection et au maintien en bon état des sites fonctionnels. La connectivité des sites et la connectivité de population sont des éléments très étudiés, et plusieurs actions sont en lien avec l'acquisition de connaissances (suivi de populations, étude de la dispersion larvaire).

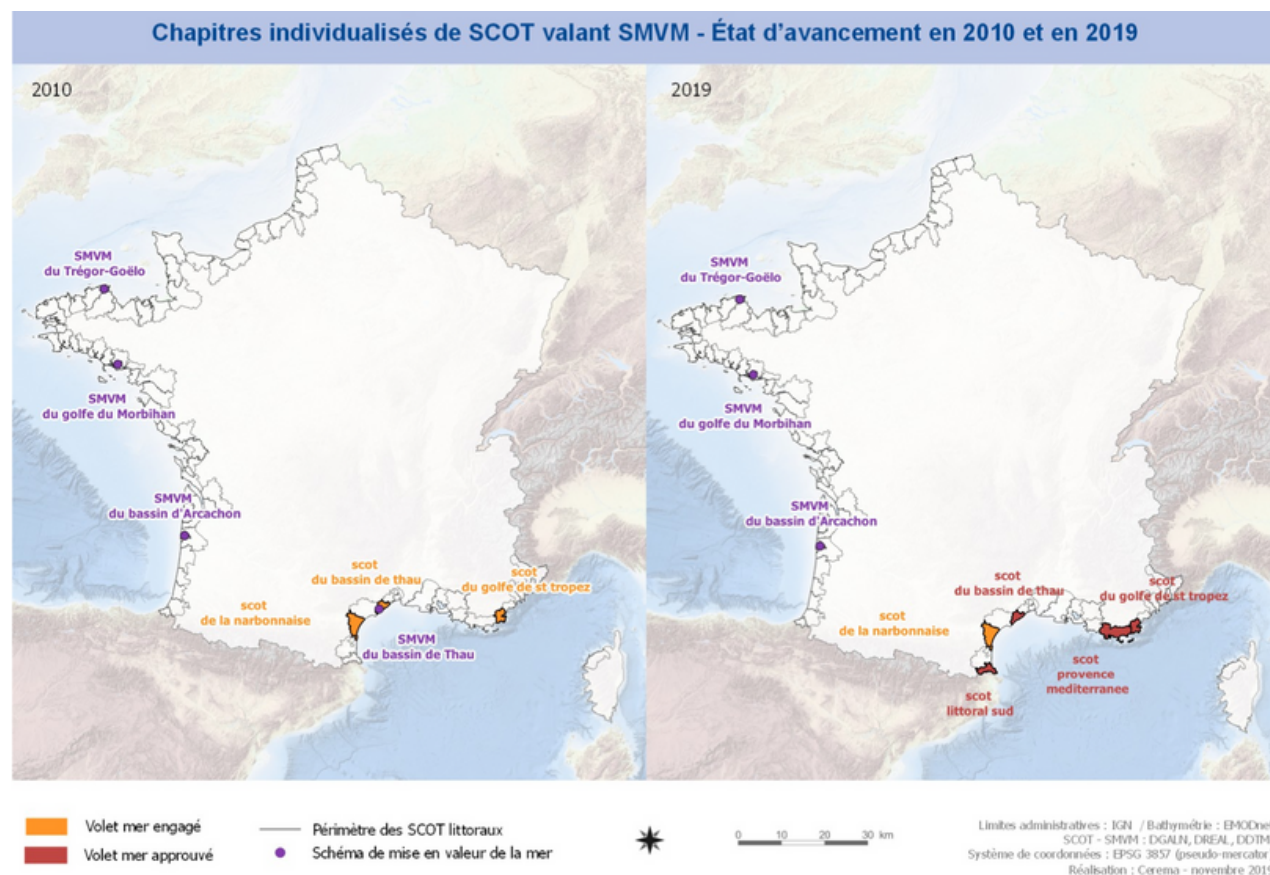


Figure 14 : Cartographie de l'état d'avancement des « volets mer » des SCOT au 1er septembre 2010 et au 1er novembre 2019 (Guillory Q, 2021)

D'un point de vue de la gestion locale, les acteurs ont conscience que la connectivité est un enjeu écologique important. C'est un paramètre qu'ils aimeraient mieux prendre en considération, mais cela reste difficile, autant d'un point de vue écologique (connaissance de la connectivité) que réglementaire.

Dans les plans de gestion des AMP, la connectivité apparaît de manière indirecte via de nombreuses mesures associées à la protection et au maintien en bon état des sites fonctionnels. La connectivité des sites et la connectivité de population sont des éléments très étudiés, et plusieurs actions sont en lien avec l'acquisition de connaissances (suivi de populations, étude de la dispersion larvaire).

Certains plans de gestion abordent le sujet de manière directe, comme par exemple le Parc naturel marin du Golfe du Lion. Ce dernier a identifié comme objectif dans son plan de gestion de favoriser la connectivité entre des écosystèmes clés à forts enjeux écologiques protégés et connectés entre eux.

Il est à noter que pour la création des AMP, des analyses stratégiques régionales ont été conduites. Ces études permettent de localiser et de qualifier pour une région, les enjeux de créations et de gestions d'aires marines protégées en étudiant les paramètres environnementaux et socio-économiques afin de connaître les zones de conflits. Elles ont été réalisées par l'Agence des aires marines protégées (intégrée à l'OFB), et posent la base d'une réflexion sur la Trame marine.

3.3.3 Quelles échelles pour identifier les enjeux de continuités écologiques et cartographier une Trame marine ?

Comme indiqué dans les chapitres précédents, les déplacements des animaux marins peuvent intervenir à différentes échelles. Il paraît ainsi nécessaire d'identifier les enjeux de continuités écologiques et de cartographier des Trames marines à différentes échelles.

Les résultats de l'enquête montrent que la majorité des acteurs ont évoqué l'aspect multiéchelle comme un élément indispensable pour envisager une Trame marine et pour une mise en œuvre opérationnelle de celle-ci.

Concernant les échelles pour cartographier d'une Trame marine, cette même majorité estime que la façade est une échelle pertinente puisque certains de ces enjeux ont lieu sur des échelles spatiales relativement grandes (comme la dispersion larvaire ou les déplacements de la mégafaune).

L'échelle de la région n'a pas été retenue comme pertinente de par le manque de pertinence écologique de cette découpe administrative.

À l'inverse, la majorité des acteurs estiment que l'échelle la plus pertinente permettant d'allier approche écologique et planification est celle d'une entité « territoriale » cohérente telle qu'un golfe. Cela permettrait d'avoir une vision suffisamment locale du territoire ainsi que l'approche macro nécessaire pour étudier ces enjeux et cartographier une Trame marine.

Enfin, l'échelle locale est ressortie des entretiens comme étant également pertinente d'un point de vue opérationnel, car c'est à ce niveau que les projets vont pouvoir se concrétiser. Pour les acteurs, c'est celle qui correspond aux limites des SCOT ou encore des AMP.

Toute échelle inférieure au SCOT a été unanimement considérée comme non pertinente aux regards des enjeux traités.

4

Freins et limites à la mise en place d'une Trame marine



Les résultats de l'enquête ont permis de faire ressortir les principaux freins concernant l'identification et la mise en place d'une Trame marine.

4.1 Freins et limites à l'identification d'une Trame marine

4.1.1 Connaissance du milieu marin et accessibilité aux données

Même si les zones côtières commencent à être bien documentées, la connaissance du milieu marin et l'accessibilité aux données sont les freins qui sont majoritairement ressortis. En effet, certains phénomènes tels que la dispersion larvaire sont complexes à aborder et les acteurs soulignent la nécessité d'améliorer la compréhension du fonctionnement des écosystèmes marins.

Les campagnes d'acquisition de connaissances sont longues et très coûteuses. La collecte de données est plus complexe qu'en milieu terrestre, certaines sont anciennes et nécessitent d'être actualisées. De plus, il a été souligné l'hétérogénéité des connaissances disponibles au sein et en dehors des AMP.

La limite que les gestionnaires ont fait ressortir est le problème de diffusion des connaissances, de vulgarisation et de « traduction » entre le monde scientifique et les gestionnaires. De plus, les acteurs soulignent des faiblesses dans la compréhension des enjeux à l'interface terre-mer et en milieu marin. Si les acteurs du milieu terrestre ont conscience de la fragilité de leur littoral, des lacunes persistent quant à l'appropriation de ces enjeux.

De par ces difficultés, il semble plus problématique pour une collectivité territoriale sans observatoire marin de mettre en place une Trame marine.

4.1.2 Des phénomènes très complexes, fluctuants dans le temps et l'espace

La zone côtière est caractérisée par la variation de ses paramètres abiotiques (courants et marées). Cela complexifie l'identification d'une trame et sa cartographie. Parmi les retours d'expérience, la matrice d'eau est apparue comme l'élément le plus compliqué à appréhender.

4.2 Freins et limites à la mise en place d'une Trame marine

4.2.1 Un lien terre-mer encore trop faible

La limite unanimement mentionnée lors des entretiens est le lien terre-mer. En effet, malgré une volonté ministérielle de plus en plus forte pour une gestion intégrée de la zone côtière et pour faire des ponts entre le milieu marin et le milieu terrestre, il y a des difficultés à créer des conditions permettant d'assurer une cohérence entre les acteurs terrestres et marins. De plus, la zone d'interface littorale n'est pas bien définie, ce qui complique la situation notamment dans la répartition des rôles des différents acteurs et services de l'État. Il ressort des entretiens un manque d'organisation et de cohérence entre les acteurs du littoral (terrestres et marins) pour avoir une réelle gestion intégrée.

Tous les acteurs du milieu marin notent un manque d'appropriation des enjeux du milieu marin par les élus locaux. Ces derniers ont en effet conscience de la fragilité de leurs littoraux, mais méconnaissent souvent ces sujets, rendant difficile l'appropriation des enjeux. Il subsiste par conséquent un décalage entre les acteurs du milieu terrestre et ceux du milieu marin.

Les entretiens ont permis de dégager plusieurs raisons expliquant pourquoi les enjeux sont mal appropriés par les acteurs du milieu terrestre :

- la difficulté d'investir ces sujets, car cela ne relève pas de leurs domaines de compétences,
- le manque d'intérêt et de volonté politique,
- le morcellement des compétences et des responsabilités tout le long du littoral qui ne joue pas en faveur de l'appropriation des enjeux du milieu marin par les acteurs locaux,
- la vision que les acteurs du milieu terrestre ont de l'océan et de l'interface terre mer est souvent partielle vis-à-vis enjeux écologiques.

4.2.2 Des réseaux d'acteurs qui se sont construits en parallèle et un manque de communication

S'il existe une volonté de faire plus de liens entre milieu marin et milieu terrestre, les acteurs soulignent le manque de communication entre ces deux réseaux qui se sont constitués en parallèle. Ceci limite la mise en place d'une Trame marine pour laquelle un travail en coopération avec tous les acteurs locaux et pouvoirs publics est nécessaire. Ainsi la communication et la coordination sont des éléments clés, car parfois les acteurs peuvent confondre les rôles.

On peut cependant noter que plusieurs dynamiques de coopérations existent, mais restent très locales.

4.2.3 Un cadre réglementaire lourd

Comme indiqué précédemment, de nombreuses politiques, directives et documents s'appliquent en milieu marin. Ce cadre réglementaire participe à la non-opérationnalisation de la Trame marine. En effet, de nombreuses compétences se superposent, ce qui complexifie l'articulation des documents et l'appropriation des enjeux.

Même si le DSF se veut très intégrateur, les acteurs soulignent le fait que, d'un point de vue opérationnel, les politiques sont encore trop cloisonnées avec des politiques terrestres d'un côté et marines de l'autre. Cette difficulté d'articulation dans la compréhension ainsi que la prise en compte est à l'origine de nombreux obstacles à l'application effective des mesures de lutte contre la perte de la biodiversité en milieu marin.

5

Recommandations pour l'identification et la mise en œuvre d'une Trame marine

5.1 Recommandations méthodologiques

En vue de l'identification et de la cartographie d'une Trame marine, les méthodes mises en place au sein des territoires doivent chercher à sélectionner des espèces et milieux naturels pour lesquels la préservation des continuités écologiques conditionne l'existence et le maintien de la diversité (ASCONIT-ECODDEN-PARETO, 2014). La méthode choisie doit être adaptée aux caractéristiques du territoire pour identifier les réservoirs de biodiversité et les potentiels corridors écologiques représentatifs du territoire.

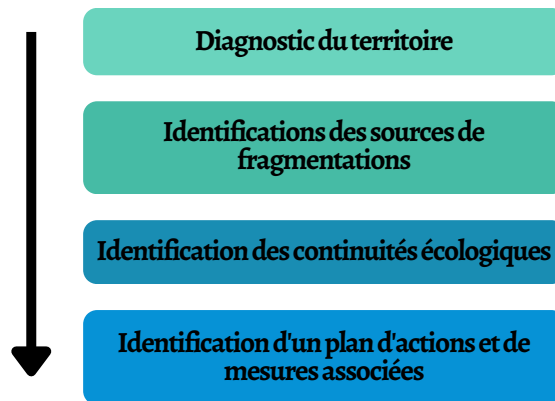


Figure 15 : Étapes d'identification pour une Trame marine

L'élaboration d'une Trame marine repose sur plusieurs étapes, représentées par la figure 15.

5.1.1 Diagnostic du territoire

Cette phase de diagnostic permet de prendre connaissance du contexte territorial, à la fois écologique et socio-économique, afin de faire les choix méthodologiques les plus adaptés et définir les acteurs à associer à la démarche (SRCE Bretagne, n.a).

Cette étape consiste à :

- établir le contexte dans lequel s'inscrit l'identification de cette Trame marine,
- établir la finalité de cette Trame marine. En fonction de la finalité (intégration dans un document d'urbanisme, plan de gestion, orientations associées à d'autres politiques...), le niveau de précision attendu sera différent, notamment en termes d'apports scientifiques,
- recenser l'ensemble des éléments cartographiques et bibliographiques,
- recenser les espaces écologiques connus,
- choisir les méthodes d'identification de la trame marine les plus adaptées au contexte local.

Pour cela, le diagnostic s'appuie sur plusieurs éléments :

- le contexte hydrodynamique, les grands types d'habitats présents, les espèces présentes, la topographie sous-marine...
- le contexte socio-économique avec les activités anthropiques susceptibles d'impacter le milieu marin et d'être à l'origine de rupture de continuité,
- les documents de cadrage concernant le périmètre d'étude et pouvant apporter un premier éclairage sur la trame marine (Volet littoral et maritime d'un SCOT, DCSMM, DCE, plan de gestion d'une AMP...), les enjeux associés aux territoires limitrophes (état d'avancement dans l'identification d'une trame marine, continuité écologique entre territoires...).

Il convient donc d'identifier les sources de données disponibles sur le territoire et les partenaires susceptibles de contribuer à la connaissance de celui-ci (producteurs de données, acteurs institutionnels, acteurs locaux, experts, associations naturalistes...). De même, il est nécessaire de définir les modalités de concertation et d'échanges avec ces partenaires.

Il convient donc d'identifier les sources de données disponibles sur le territoire et les partenaires susceptibles de contribuer à la connaissance de celui-ci (producteurs de données, acteurs institutionnels, acteurs locaux, experts, associations naturalistes...). De même, il est nécessaire de définir les modalités de concertation et d'échanges avec ces partenaires.

Cette première étape de diagnostic est indispensable et permet d'identifier les enjeux écologiques et les dynamiques du territoire d'étude. Elle va venir recenser les espaces écologiques connus tels que les AMP ou les ZNIEFF, mais également compléter la connaissance des secteurs à fort enjeu écologique, de cibler les zones mal connues ou susceptibles d'être modifiées à court terme et d'identifier les espaces ayant des enjeux en termes de connexions écologiques (notamment ceux à l'interface terre-mer).

Si ce diagnostic est connu des AMP, car affiché dans leurs plans de gestion, cela reste moins évident pour les collectivités territoriales. En effet, en dehors de celles possédant un observatoire marin, il existe très peu de données disponibles à l'interface terre-mer et en milieu marin. De plus, les collectivités territoriales ne savent pas forcément quelles données sont accessibles.

Pour ces collectivités et notamment les communautés de communes, une étape préliminaire à la mise en place d'une Trame marine pourrait être la création d'un atlas de la biodiversité marine. Celui-ci se calquerait sur le modèle des ABC (Atlas de la Biodiversité Communale) en l'adaptant aux milieux littoraux et marins. Plusieurs métropoles (comme Marseille par exemple) ont ce type de projet en cours. Ces atlas deviendraient un atout pour la réalisation du diagnostic des territoires puis l'élaboration d'une Trame marine.

Cette première étape permet le recueil des données et l'obtention d'un diagnostic partagé du patrimoine naturel du territoire concerné le plus exhaustif possible, composé d'un volet inventaire écologique et d'un volet socio-économique, avec une approche mettant en évidence les interactions activité humaine/biodiversité (Eau et Rivières de Bretagne, 2012).

5.1.2 Identification des continuités écologiques

Les méthodes choisies doivent être adaptées à chaque territoire en fonction :

- du contexte naturel du territoire (caractéristiques du territoire, espèces et habitats présents),
- du contexte anthropique (activités humaines qui constituent des pressions),
- des objectifs de travail,
- des moyens disponibles,
- des données disponibles.

5.1.2.1 Choix des espèces

Toutes les espèces n'ont pas les mêmes besoins de continuités écologiques et ne sont pas sensibles de la même manière à la fragmentation. Or, la Trame marine tout comme la Trame verte et bleue doit permettre de préserver en priorité des espèces sensibles à la fragmentation et pour lesquelles la préservation ou la remise en bon état des continuités écologiques est une solution adaptée (DREAL PACA, 2019). Un choix doit donc être réalisé dans l'identification des espèces cibles pour une trame marine (H Albert C et al., 2018).

Ce choix d'espèces cibles dépend des caractéristiques du territoire d'étude et plusieurs critères sont à considérer (Sordello R et al., 2011) :

- elles possèdent des besoins en continuité écologique, comme la nécessité d'avoir une mosaïque d'habitats pour répondre aux besoins des espèces aux différents stades du cycle de vie,
- elles sont sensibles à la fragmentation,
- elles présentent un statut de protection ou sont menacées (par exemple des espèces présentes sur Liste rouge UICN nationale ou régionale),
- elles sont caractéristiques d'un habitat sensible à la fragmentation,
- et/ou elles caractérisent les besoins en continuités écologiques d'une diversité d'espèces (exigences écologiques voisines),
- et/ou elles jouent un rôle clé dans l'écosystème (rôle structurant, espèces clés de voûte par exemple),
- et le niveau de connaissance de ces espèces est suffisant pour appliquer les méthodes considérées.

Le choix de ces espèces conduit, entre autres, à déterminer les sous-trames nécessaires pour assurer leur cycle de vie. De plus, cette sélection permettra de lier une approche structurelle et fonctionnelle de ces continuités écologiques, c'est-à-dire le lien entre habitats et utilisations de ces habitats par les espèces (Willaume J-P, 2021).

5.1.2.2 Choix des méthodes d'identification et de cartographie

Les méthodes à mettre en place pour les identifications de trames varient suivant les milieux (estuariens, côtiers). L'échelle d'étude est extrêmement importante. Chaque territoire ne doit pas rester cloisonné dans ses frontières et doit s'inscrire dans un réseau plus large, car les enjeux de continuités écologiques se retrouvent à différentes échelles. Ainsi, en fonction des enjeux présents sur le territoire, les bonnes échelles doivent être considérées. Par exemple, pour une identification d'une Trame marine à l'échelle locale : les enjeux de continuités écologiques s'inscrivent généralement dans une échelle plus large, il faut prendre en compte les démarches des échelles supérieures (à l'échelle régionale ou de façade par exemple).

L'approche par les habitats est celle requérant le moins de données. Elle paraît donc pertinente pour les territoires qui en sont au début de leur réflexion. Pour aller plus loin, les autres approches peuvent venir compléter les premières identifications de trame. Plusieurs éléments permettent en effet de caractériser un réservoir de biodiversité et un corridor écologique. Ainsi, en fonction des données disponibles et de l'état d'avancement de la réflexion, il est tout à fait possible d'envisager une approche multicritère en combinant des entrées espèces et qualité des milieux pour identifier les éléments d'une Trame marine.

5.1.3 Identification des sources de fragmentation

Les éléments de fragmentation correspondent à des ruptures au sein des continuités écologiques, ces dernières pouvant impacter les réservoirs de biodiversité. Ces sources de fragmentation entraînent une perte de connectivité, et donc l'impossibilité pour les espèces de réaliser leur cycle de vie.

Ces sources de fragmentations peuvent être physiques, mais également diffuses. Pour la cartographie de la Trame marine, il paraît intéressant de se concentrer, dans un premier temps, sur les pressions physiques pouvant impacter les continuités écologiques (que cela soit fragmentation d'habitats, fragmentation des continuités hydrologiques, sédimentaires et paysagères...), les pressions diffuses étant plus difficiles à quantifier et à représenter d'un point de vue cartographique.

5.1.4 Identification d'un plan d'action et de mesures associées

L'efficacité d'une Trame marine repose sur son caractère opérationnel. Elle ne doit pas seulement être une carte en annexe ; un plan d'action et des objectifs doivent être définis.

Cette phase permet ainsi de définir les objectifs du territoire en termes de préservation et de restauration de la Trame marine et les actions permettant de les atteindre : prescriptions, règlements, zonage... En effet, la Trame marine permet entre autres d'identifier les zones à enjeux prioritaires, orientant de fait les actions de gestion.

Il a été établi que la plupart des enjeux étaient liés aux réservoirs de biodiversité. Les mesures à prendre peuvent donc être les suivantes :

- remise en bon état du réservoir avec des actions de restauration écologique,
- préservation du réservoir avec des actions de maintien de la qualité et de la fonctionnalité de l'habitat,
- acquisition de connaissances sur une zone particulière, un habitat ou une espèce,
- mesure de suivi sur tel réservoir.

Le contrôle des corridors diffus et des courants marins étant particulièrement complexe, les seules actions envisageables sont celles impactant les corridors physiques. Des mesures de préservation et de remise en bon état pourront être envisagées pour les estuaires (par exemple, la levée des filets de pêche à certaines périodes de l'année), les pas japonais ou les grands couloirs de migrations (par exemple, limitation de vitesse des bateaux).

5.2 Recommandations pour l'intégration d'une Trame marine dans les politiques marines et littorales

5.2.1 Prise en compte des enjeux dans des échelles emboîtées

Comme précédemment établi, les enjeux de continuité écologique dans les documents de planification sont la plupart du temps pris en compte de manière indirecte. Ainsi, une meilleure prise en compte de ces enjeux de continuité écologique à toutes les échelles de planification, que cela soit en milieu terrestre et en milieu marin, permettrait de rendre plus opérationnelle la trame marine.

La préservation de la biodiversité demande en effet très souvent des réponses coordonnées à une échelle interterritoriale. Il est à noter qu'une prise en compte de la Trame marine dans les différentes échelles de planification terrestre permettrait une meilleure considération des enjeux du milieu marin par les acteurs du milieu terrestre et renforcerait le lien terre mer, renforçant de fait la comptabilisation des continuités écologiques en interface terre-mer ainsi qu'en zone côtière.

Une prise en compte des enjeux de continuité écologique dans toutes les échelles et documents de planification en lien avec ces problématiques permettrait d'assurer une certaine cohérence nationale vis-à-vis de ces enjeux multiéchelles. Cette approche favoriserait une gestion locale avec des mesures opérationnelles pour protéger les continuités écologiques et répondre à des enjeux identifiés à des échelles plus larges.

5.2.2 Outil de gestion permettant d'identifier les zones à enjeux pour prioriser les action de gestion

La Trame marine permet d'étudier le réseau fonctionnel et connecté d'habitats naturels en identifiant les sites sources (sites émetteurs de larves et d'individus) et les sites puits (sites récepteurs de larves et d'individus). La démarche participe à la connaissance de l'utilité des différents sites dans la persistance du réseau dans son ensemble.

Du point de vue de la gestion, la Trame marine permet de déterminer le potentiel rôle de chaque site au sein du réseau et ainsi d'orienter les efforts de préservation et les objectifs de gestion vis-à-vis de l'importance des sites au sein du réseau. Ainsi, au sein d'une AMP, les réflexions sur les mesures de gestion sur les sites prioritaires pourraient être identifiées : sensibilisation, réduction des pressions, assurer le suivi de l'état écologique des récifs identifiés comme sources.

Cette approche permet également de déterminer la responsabilité de chaque AMP vis-à-vis des enjeux de continuités écologiques identifiés. Ainsi, une Trame marine multiéchelle participe à un réseau marin cohérent, accompagnant une gestion locale des habitats selon des enjeux déterminés à plus large échelle (échelle du réseau de population qui dépasse souvent l'échelle de façade voire du national). Par exemple, un gestionnaire d'AMP ayant des « sites puits » pourra adapter ses mesures de gestion pour s'assurer du bon état d'accueil (pour permettre la colonisation des individus) des espèces et éventuellement identifier des opérations de restauration. Cela permettrait d'avoir un emboîtement des échelles et des responsabilités, permettant ainsi une articulation continue.

5.2.3 Outil de planification

5.2.3.1 Participer au développement du réseau d'aires protégées

Avec la nouvelle stratégie pour les aires protégées adoptée en 2021, deux objectifs se dégagent et l'approche par une Trame marine permettrait de répondre en partie à ces enjeux (MTE, 2021) :

- Les questions de dimensionnement et de distance entre les AMP pour en faire des zones protégées interconnectées via un réseau d'AMP cohérent, objectif présent dans la nouvelle stratégie des aires protégées. En effet, les AMP ont pour finalité la conservation des espèces, habitats et écosystèmes qui sont menacés. Plutôt que de considérer uniquement des AMP comme des entités isolées, le fonctionnement en réseau permet d'avoir des populations connectées entre elles, augmentant ainsi la persistance locale et régionale des espèces et le maintien démographique des populations (Magris RA et al., 2018). La prise en compte de la Trame marine permettrait donc d'optimiser les méthodes de planification spatiales pour la définition des nouvelles AMP, qui ne se résumerait pas uniquement à la sélection d'habitats de bonne qualité et à la présence d'espèces (Guizien K, 2016) et participerait ainsi à l'objectif d'un réseau d'Aires marines protégées suffisant et cohérent.
- Au sein d'une AMP, en complément des suivis scientifiques in situ, ces travaux sur la Trame marine peuvent contribuer à la détermination des zones de protection forte en raisonnant en réseau.

5.2.3.1 Allier bon état écologique et planification des usages en mer

L'élaboration d'une Trame marine est un outil supplémentaire dans la médiation territoriale dans les zones côtières. Comme pour la TVB

celle-ci permet de croiser les enjeux en termes de biodiversité et les différents usages en mer. Elle fait ainsi le lien entre bon état écologique du milieu marin et planification spatiale maritime et permet d'organiser au mieux tous les usages. Elle permettrait de plus de connaître les réseaux écologiques et de superposer les usages pour connaître les zones à enjeux, les zones où les actions sont prioritaires, etc. Par la suite, des vocations et zonages peuvent être définis et des compromis d'un point de vue politique et planification peuvent être trouvés.

À ce titre, la Trame marine pourrait alimenter les DSF, mais également les démarches de planification et d'aménagement local telles que les volets littoraux et maritimes des SCOT. Cependant, il est à noter que les forts enjeux socio-économiques prennent souvent le pas sur les enjeux environnementaux et constituent un frein à cette réflexion.

5.2.4 Outil de gestion intégrée

De plus en plus d'acteurs sont mobilisés sur le sujet de la Trame marine. La gestion intégrée des territoires en zone littorale comporte un enjeu fort en termes de continuité écologique. En plus de consolider les liens terre-mer, la Trame marine permettrait d'avoir une gestion et des outils communs entre terre et mer favorisant ainsi la gestion intégrée du littoral et des zones côtières.

La Trame marine participerait ainsi au besoin de décloisonner les politiques publiques terrestres et marines pour une gestion adaptative des espaces fonctionnels constituant des continuités écologiques. La notion de solidarité écologique pourra être intégrée aux politiques publiques, fédérant de fait les acteurs autour des mêmes objectifs et renforçant le lien entre terre et mer.

Enfin, cette démarche participerait à dépasser les limites administratives pour construire un projet de territoire avec une vision fonctionnelle des écosystèmes marins et littoraux. L'amélioration de la cohérence territoriale entre terre et mer permettrait d'identifier collectivement les bons leviers d'actions pour préserver les continuités écologiques. De plus, la Trame marine participerait à une appropriation locale des politiques tout en apportant des réponses opérationnelles et concrètes aux enjeux locaux. Cela favoriserait ainsi cette gestion locale et intégrée de la zone côtière.

5.3 De nombreux besoins de la part des acteurs pour envisager une identification et une mise en place d'une trame marine

5.3.1 Un besoin de connaissance et de partage de l'information

Les besoins en données et connaissances s'expriment à plusieurs échelles et sont nombreux ; un décloisonnement entre chercheurs et gestionnaires permettrait de les rendre plus accessibles.

Un rapprochement avec les équipes scientifiques travaillant sur la connectivité permettrait d'alimenter ces méthodes pour obtenir des méthodes les plus robustes possibles et utilisables par les acteurs opérationnels d'une Trame marine.

L'information se doit d'être accessible et compréhensible aux acteurs opérationnels et aux élus locaux par l'élaboration d'un discours adapté et pédagogique. Cette appropriation est la clé pour l'identification des actions à mener sur le territoire.

5.3.2 Un besoin d'accompagnement, d'animation et de communication

Face au manque d'appropriation des enjeux littoraux par certains élus locaux, l'animation et la communication semblent indispensables pour déployer efficacement une Trame marine et que les mesures d'actions de protection du milieu marin soient acceptées par tous les acteurs. La sensibilisation représente en effet un enjeu de taille puisqu'une bonne application d'une Trame marine découle d'une bonne prise en compte et acceptation des enjeux. Un travail d'animation à la fois en milieu terrestre et marin reste ainsi à initier pour permettre une prise de conscience des enjeux. Réussir à former et à accompagner les élus se révèle primordial pour la mise en place d'une Trame marine.

Par ailleurs, initier un réseau d'acteurs communs aux milieux terrestres et marins permettrait de créer une dynamique de coopération et de décloisonnement de ces deux milieux. Cette mise en place est indispensable pour améliorer la communication entre acteurs, partager des informations.

Via ce réseau, des discussions pourraient être initiées concernant les solutions possibles et les plans d'action. Ce dialogue et cette concertation participent à une meilleure acceptation et compréhension de la Trame marine ainsi qu'à sa déclinaison opérationnelle.

Enfin, l'accompagnement est déterminant dans l'acceptabilité de cette démarche. En effet, cela permet à tous les acteurs (marins et terrestres) d'appréhender au mieux les outils disponibles. Une réflexion reste à mener sur les porteurs de cet accompagnement.

Initier un réseau d'acteurs commun et unique aux milieux terrestre et marin favorisera la communication et le partage des informations et des outils. Il permettra de répondre à de nombreux besoins opérationnels tels que :

- la mise à disposition de ressources et d'outils techniques, méthodologiques et scientifiques,
- le partage de l'information, des données et des retours d'expérience sur ce sujet innovant et une facilité d'échanges entre les acteurs.

Ce décloisonnement favorisera la participation de chacun et contribuera à l'identification des acteurs ressources pour l'élaboration d'une Trame marine sur un territoire donné, la compilation des informations et leur mobilisation de façon cohérente. Ainsi, ce partage permettra de gagner en efficacité, tandis qu'un dialogue collectif conduira les acteurs à mieux appréhender les enjeux. Une animation dédiée est nécessaire pour faire vivre ce réseau.

6 Limites et perspectives

Le travail réalisé au cours de cette synthèse a suscité des intérêts marqués. Il s'agit d'un sujet d'actualité, transversal, par lequel de nombreuses parties sont concernées et impliquées. Beaucoup d'acteurs opérationnels de la TVB s'interrogent sur les méthodes à appliquer à ces interfaces terre-mer et en milieu marin, ainsi que sur la pertinence de prendre en compte les continuités écologiques en milieu marin. En conséquence, plusieurs points doivent être abordés comme perspectives des Trames marines, et les limites de cette synthèse doivent être identifiées.

6.1 L'intégration des acteurs de l'aménagement du territoire

Le sujet de la Trame marine étant novateur, peu de retours d'expériences sont disponibles, et plusieurs questions restent encore en suspens quant à sa mise en place :

- Quelle animation pour cette Trame marine ? Quelle structure serait la plus adaptée pour la porter ?
- Quelle évaluation pour la Trame marine ? Quels acteurs pour mener à bien cette évaluation ? Il faut, de plus, que ce contrôle se fixe sur une grille d'analyse unique pour chaque façade. En effet, il est difficilement concevable de penser une grille fonctionnelle à la fois pour les côtes atlantiques et méditerranéennes, celles-ci n'étant pas soumises aux mêmes contraintes abiotique, biotique et anthropique.
- Comment définir la répartition de compétence entre l'État et les collectivités ? La problématique des espèces amphihalines nécessite la prise en compte par les acteurs de la Trame marine de zones situées sur les terres et non en mer. Il faut par conséquent une définition précise du commencement de la Trame marine et l'articulation nécessaire entre services de l'État et collectivités territoriales.

6.2 Prise en compte incomplète des données

Ce rapport ne prend pas en compte l'intégralité des données disponibles, pour des raisons de manque de temps, de lisibilité, de compréhension, mais aussi de recul sur certaines de ces données. Elles peuvent cependant s'avérer essentielles à la mise en place efficace d'une Trame marine, il convient donc de les mettre en évidence.

Afin de maintenir à jour cette synthèse, et particulièrement dans le cas des données dont le manque de recul ne permet pas une analyse efficiente, des notes et un compte-rendu seront publiés sur le site du Centre de Ressource TVB.

6.2.1 Les territoires d'outre-mer

Cette synthèse ne s'intéresse qu'au territoire français, outre-mer compris. Il serait intéressant de la poursuivre via l'étude des actions déjà menées à l'étranger sur le même thème.

6.2.2 Les groupes faunistiques

Certains points ont été volontairement omis de ce rapport, par manque de temps ou de données. Par exemple, certaines guildes ou groupes d'espèces n'ont pas été pris en compte, tels que les pinnipèdes, les oiseaux laro-limicoles ou les requins.

6.2.3 Pressions diffuses et énergies renouvelables

Le choix a ainsi été fait de ne pas traiter le sujet des pressions diffuses, or les entretiens ont révélé l'importance de ces pressions concernant les enjeux de continuités écologiques. L'ampleur de ce thème, bien que crucial, ne permettait pas d'être correctement traité dans le format de ce rapport. De même, les sujets des énergies renouvelables en mer et du recul du trait de côte sont d'actualité, mais n'ont pu être traités dans le cadre de cette synthèse. En effet, l'impact des installations éoliennes marines n'est pas encore parfaitement maîtrisé, et les quelques retours d'expérience disponible indique des résultats mitigés par rapport à la faune et aux habitats marins.

Balance bénéfique/risque de l'éolien en mer

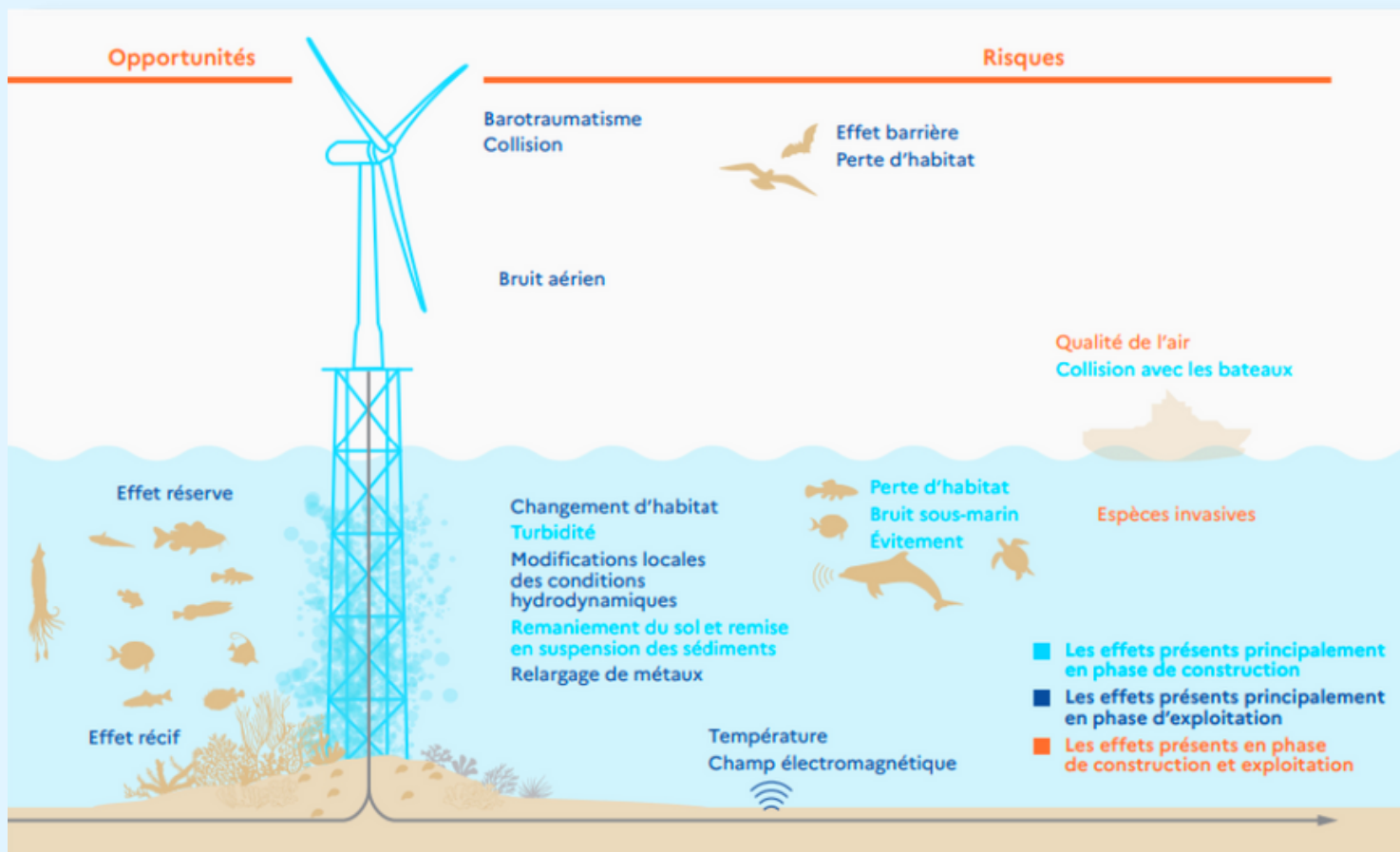


Figure 16 : Représentation de la balance bénéfique/risque des éoliennes en mer (République française, 2021)

La plupart des études effectuées tendent à montrer que les principales sources de perturbations trouvent leur origine dans la phase de construction, et doivent faire l'objet de mesure **ERC***.

Des retours d'expérience indiquent la formation d'un effet de réserve au sein des parcs éoliens marins, avec une augmentation de la richesse spécifique (Gouty, 2021). Cependant, une échelle d'observation plus large n'a pas pu mettre en évidence un effet significatif en termes d'abondance. De plus, il apparaîtrait que cette augmentation de la biodiversité se fait au détriment de certaines espèces. En effet, le substrat dur offert par les constructions favorise certaines espèces au détriment des poissons plats (qui recherchent des fonds sableux).

Concernant les oiseaux, l'étude la plus poussée à ce jour (Degraer et al., 2018) révèle les stratégies d'évitement des éoliennes par les individus de 5 espèces étudiées. Toutefois, cette étude n'est pas transposable, les populations avicoles n'étant pas similaires d'un secteur à un autre. Le manque de données actuelles ne permet pas de tirer de conclusion concernant les chauves-souris, bien que leur présence au large soit attestée. L'hypothèse issue des observations effectuées est que les chiroptères présents sur site volent trop bas pour rentrer en collision avec les pales.

6.2.4 Connectivité verticale

Autre élément qui n'a pas été pris en compte dans ce rapport, mais qui le sera probablement dans la deuxième phase du projet (création d'une méthode d'identification cartographique des Trames marines), la question de la connectivité verticale. Il apparaît que certaines espèces utilisent leurs habitats uniquement sur une certaine amplitude de profondeur. Par conséquent, il ne faut pas considérer le patch d'habitat en lui-même comme homogène, car en fonction de la bathymétrie, il ne sera pas constitué par les mêmes groupements d'espèces. Par exemple, si l'on considère le genre *Gobius*, avec des capacités de déplacement relativement faible et une amplitude bathymétrique changeante en fonction des espèces, il ne sera pas possible de considérer une zone allant de 2m de profondeur à 50m de profondeur comme une seule entité. Certaines espèces utiliseront la zone des 0-10m, tandis que d'autres celle des 40-50m. C'est donc un critère supplémentaire à prendre en compte pour une bonne identification d'une Trame marine. Il serait donc pertinent, pour la suite, d'approfondir dans ces directions.

6.3 La Trame marine comme outil de restauration écologique

Dans certaines zones où des habitats ont été dégradés, voire supprimés, la restauration écologique peut être intéressante pour la remise en bon état d'un habitat et/ou pour restaurer une connectivité perdue (comme la destruction des zones de nurseries lors de la création d'un port). La restauration écologique en milieu marin est un domaine récent. La restauration permet de remettre en bon état les habitats constituant un réservoir de biodiversité essentiel ou d'en recréer un dans la matrice paysagère. Cela permettrait ainsi une meilleure connectivité entre les différents habitats et réservoirs de diversité (Pinault M, 2013).

Comme indiqué précédemment, la problématique en mer n'est pas tant celle de la reconnexion d'habitats fragmentés, mais plutôt celle de la restauration des milieux favorables. Les solutions sont donc à adapter par rapport à celle de la TVB. Si l'objectif de ce rapport n'est pas de donner ces solutions, les entretiens et recherches bibliographiques ont tout de même permis d'établir quelques pistes :

- désignation de zones « réservoirs de biodiversité » permettant leur protection par l'interdiction d'un certain nombre d'activités destructrices de l'habitat.
- Mise en place de bouée d'ancrage pour les navires de plaisance dans des mouillages, afin d'éviter la destruction d'habitats essentiels par l'ancrage.
- Étudier la question des récifs artificiels et de leur emplacement d'implantation. Différentes techniques, formes et matériaux existent en fonction des objectifs escomptés.
- Réduction des lumières nocturnes d'origine anthropique dans les ports et sur les rivages, celles-ci ayant pour effet de perturber le cycle circadien des animaux marins et donc les relations trophiques.
- Restauration écologique des milieux portuaires, par la mise en place de nourriceries et d'aménagement propres à développer l'intérêt écologique de ces zones.

Cependant, il est plus pertinent et plus efficace d'agir en priorité sur la gestion des pressions (usages et pollutions par exemple) et sur la protection des espaces essentiels aux continuités écologiques (PNM Gironde, 2018). La restauration écologique est la solution à mettre en place en dernier lieu (PNM Gironde, 2018). Ainsi, la Trame marine doit être mise en place en parallèle de l'urgence de réduire les pressions sur les milieux marins et littoraux.

6.4 Suite à cette synthèse

Cette synthèse ne représente que la première partie du travail entamé par l'INRAE dans le cadre du Centre de Ressources Trame verte et bleue, piloté par le Ministère de la Transition Écologique et l'Office français de la biodiversité. D'autres actions sont prévues pour avancer sur ce sujet :

- L'organisation de journée d'échanges techniques et de rencontres entre acteurs. Ces journées permettent de réunir un plus grand nombre de personnes et permettent, entre autres, d'initier un échange et un réseau d'acteurs. Les objectifs de ces journées sont :
 - Faire échanger acteurs du milieu marin et du milieu terrestre sur les réflexions en lien avec la trame marine
 - Suivre l'avancement de la déclinaison de la Trame marine et les avancées en recherche et connaissance.
 - Présenter des retours d'expérience sur les projets et études menées sur les continuités écologiques et l'identification et la cartographie de trames marines.
 - Échanges sur les freins et les leviers
- Réalisation de guides méthodologiques à destination des collectivités territoriales notamment pour la prise en compte des milieux marins, des enjeux de continuités écologiques et des trames marines dans les documents de planification et d'urbanisme terrestres (tels que les SCOT ou encore les SRADDET). D'autres guides méthodologiques à destination des gestionnaires permettraient un accompagnement dans cette démarche pour une meilleure prise en compte des trames dans la gestion de ces aires marines protégées.
- Réalisation de tests méthodologiques pour investir les méthodes de cartographie des trames marines. En effet, sur des territoires d'expérimentation, à l'échelle de territoires littoraux ou encore d'AMP, ces essais permettront de tester de manière opérationnelle et avec des données de terrain les méthodes identifiées au cours de cette étude. Cela permettra de creuser la réflexion pour matérialiser le concept sur des territoires précis.

7

Conclusion

Comme il a été établi dans ce rapport, la Trame marine est un sujet qui a suscité un grand intérêt chez un panel d'acteur varié. C'est un outil présentant de nombreux avantages, qui permettrait de répondre aux grands enjeux actuels concernant la protection de l'environnement marin et de l'interface terre-mer dans un contexte de changement climatique.

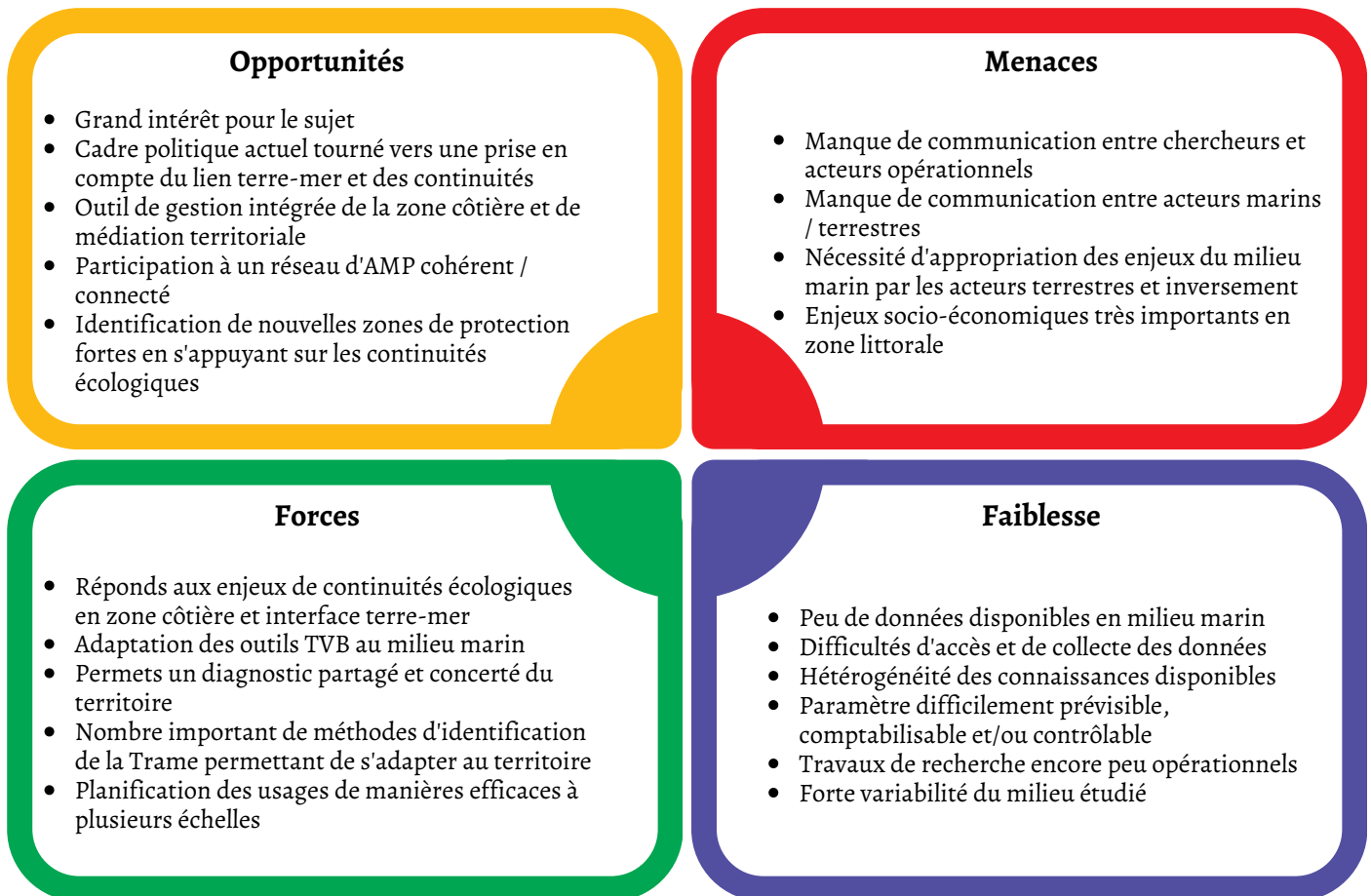


Figure 17 : Analyse des forces, faiblesses, opportunités et menaces d'une Trame marine

La figure 17 résume les différentes forces, faiblesses, opportunités et menaces qui ont pu être identifiées au cours de cette synthèse.

Pour les espèces mobiles devant réaliser des déplacements au cours de leur cycle de vie entre leurs différents habitats essentiels, le maintien des continuités écologiques n'est pas suffisant pour maintenir le bon état des populations (Rollet C et al., 2011). En effet, le maintien des zones fonctionnelles et de leur accessibilité ainsi que garantir les possibilités de mouvement entre ces dites zones fonctionnelles est insuffisant. Il faut à la fois protéger les continuités écologiques et l'ensemble des habitats essentiels fréquentés lors des différents stades de vie (zone de nurseries pour les juvéniles et zones de reproduction pour les adultes notamment), mais également maîtriser la gestion des stocks de poissons en contrôlant les prélèvements associés (Porro B et al., 2019).

Ainsi la Trame marine, tout comme la TVB en milieu terrestre et aquatique, a pour vocation d'être un outil transversal et complémentaire aux nombreuses autres politiques et instrument de protection de l'environnement marin, telle que la Politique Commune de la Pêche (PCP).

Enfin, dans certaines zones où des habitats ont été dégradés, voire supprimés, la restauration écologique peut être intéressante pour la remise en bon état d'un habitat et/ou pour restaurer une connectivité perdue (comme la destruction des zones de nurseries lors de la création d'un port). La restauration écologique en milieu marin est un domaine récent. La restauration permet de remettre en bon état les habitats constituant un réservoir de biodiversité essentiel ou d'en recréer un dans la matrice paysagère. Cela permettrait ainsi une meilleure connectivité entre les différents habitats et réservoirs de diversité (Pinault M, 2013).

Cependant, il est plus pertinent et plus efficace d'agir en priorité sur la gestion des pressions (usages et pollutions par exemple) et sur la protection des espaces essentiels aux continuités écologiques (PNM Gironde, 2018). La restauration écologique est la solution à mettre en place en dernier lieu (PNM Gironde, 2018). Ainsi, la Trame marine doit être mise en place en parallèle de l'urgence de réduire les pressions sur les milieux marins et littoraux.

Annexes

Annexe I : Liste des personnes contactées dans le cadres des entretiens

Qui	Poste	Organisme
Mathieu Pinault	Expert en environnement marin	MAREX
Jean-Benoît NICET	Fondateur	MAREX
Pierre Boissery	Expert eaux côtières et littoral méditerranéen	Agence de l'Eau RMC
Angélique Masvidal	Chargée de mission Biodiversité	PNR de la Narbonnaise en Méditerranée
Julia Hégédus	Stagiaire TVB	PNR Camargue
Agathe Larzillière	Chargée de mission Biodiversité	PNR Armorique
Adrien Cheminée	Enseignant-chercheur en écologie et biologie marine	Université de Perpignan UPVD, Centre de recherche sur les écosystèmes marins (CREM)
Valentin Le Tellier	Chargé de mission connaissance et trames écologiques	DEAL Réunion
Annabelle Aish	Chef de projet "Bioinspire-Muséum"	Muséum National d'Histoire Naturelle
Katell Guizien	Chercheure en écologie	Observatoire Océanologique de Banyuls
Stéphanie Manel	Directrice d'études EPHE	CEFE / CNRS
Marine Dedeken	Directrice de la réserve marine de la Réunion	Réserve marine de la Réunion
Annaëlle Mezac	Responsable de pôle et chargée de mission Biodiversité-Urbanisme	PNR du Golfe du Morbihan
Neil Alloncle	Chargée de mission planification spatiale marine	OFB
Isabelle Gailhard-rocher	Chargée de mission recherche sur les milieux marins	OFB
Éric Thiebaul	Enseignant-chercheur en écologie benthique et en océanologie biologique et directeur adjoint de la station	CNRS Station Biologique de Roscoff
Gérald Mannaerts	Chef de projet - Coordination technique et administrative du projet Interreg CARIMAM au sanctuaire Agoa	OFB
Thibaut de Bettignies	Chargé de mission scientifique "Écologie et Évaluation des Habitats/Espèces marines"	MNHN
Joachim Claudet	Directeur de recherche	CNRS et université de Perpignan
Nathalie Barré	Chargée de projet Occitanie	CEN L-R / Pôle relais lagunes méditerranéennes
Antoine Balazuc	Chargé de mission pêche et environnement	CRPME de Nouvelle Aquitaine
Philippe Lenfant	Chercheur	CEFREM Université de Perpignan
Frédéric Ducarme	Secrétaire Exécutif de l'association MedPAN Réseau des gestionnaires d'AMP en Méditerranée	Medpan
	Responsable scientifique MedPAN	
Antoine Pebayle	Chargé de mission « Biodiversité marine et Récifs Coralliens »	Ministère de la Transition écologique
Anne Sophie Carnuccini	Chargée de mission environnement - biodiversité	Ministère des outre-mer
Catherine Gabrié	Animation et coordination des actions IFRECOR	IFRECOR
Pascal Talec	Chargé de mission milieu marin	DEAL Réunion
Gilles Lecaillon	Fondateur ECOCEAN	ECOCEAN

Alain Barcelo	Chef du service connaissance pour la gestion de la biodiversité	Parc national de Port Cros
Paul Chemin	Directeur de la division milieux marins et côtiers	DREAL Occitanie
Anik Brind'Amour	Chercheuse en écologie	IFREMER
Marion Coquet	Chargée de projet Life ADAPTO Méditerranée	Conservatoire du Littoral
Adrien Privat	Responsable de mission interface terre-mer	Conservatoire du Littoral
Annelise Muller	Chargée de mission Eau & mer, biodiversité	FNE PACA
Olivier Abellard	Chargé de mission Natura 2000	OFB
Pierre Caesstecker	Chargé de mission zones humides et marais	OFB
Anthony Acou	Chef de projet "Poissons et Céphalopodes pélagiques côtiers, espèces rares et/ou amphihalines"	MNHN
Olivier Le Pape	Professeur d'écologie marine et côtière	Agro Campus Ouest Rennes
Françoise Claro	Coordinateur du groupe Tortues Marines France	MNHN
Frédéric Quemmerais-Amice	Chargé de mission	OFB
Jérôme Bourjea	Chercheur - Biologiste des pêches et de la conservation	IFREMER
Laurent Beaulaton	Directeur du pôle R&D pour la gestion des migrateurs amphihalins dans leur environnement	OFB, INRAE, Institut Agro, UPPA
Sylvain Pioch	Docteur en Géographie et aménagement (littoral) + Ingénieur écologue	Université Paul Valéry
Hélène Gobert	Responsable équipe projet	Agence Française de Développement
Véronique Ventre	Chargée de projets ERC	ARB occitanie
Emeline Vanpeperstraete	Chargée Environnement Maritime, Direction de la Mer Région Occitanie,	Direction de la mer, région Occitanie, Service Aménagement Durable et Économie Littorale
Florence Galletti	Chargée de recherches IRD, HRD, Juriste	UMR Marbec
François Galgani	Responsable de projet IFREMER	IFREMER
Antoine Collin	Maître de conférence	EPHE / PSL
Agnès Mechin	Chef de projet	ECO-MED
Marion Bricchet	Chargée de mission milieu marin	DIRM Méditerranée
Emmanuel Caillot	Chargé de projet suivis limicoles côtiers	Réserves naturelles de France
Cécile Gicquel	Chargée de mission patrimoine naturel	PNM d'Iroise
Amandine Eynaudi	Chargée de mission écosystèmes marins	PNM de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis
Sylvain Blouet	Chef de projet/ responsable scientifique	Aire marine protégée de la côte agathoise
Olivier Duriez	Chercheur - Oiseau marin	
Céline Hayot	Chef de service - Direction de la biodiversité et de la mer	Région PACA
Ludovic Juret	Chef de projet SRADDET	Conseil Régional des Pays de la Loire
François Siorat	Chef de pôle Nature et Paysage	Observatoire de l'environnement en Bretagne

Cyrielle Zanuttini	Chargée de mission "Connaissance et Surveillance du milieu marin"	Ministère de la transition écologique
Emmanuelle Brisson	Chargée de projet Aménagement du territoire	Région Occitanie
David Cottalorda	Chargé de mission SCOT du Bassin de Thau	Syndicat mixte bassin de thau
Frédérique Huet	Responsable de l'unité patrimoine naturel et biodiversité	Lorient Agglomération
Laure Maraval-Rosier	Chargée de l'animation du Contrat de baie des Iles d'Or	Métropole Toulon Provence Méditerranée
Stéphanie Guiraud	Coordination du contrat de baie de Marseille	Métropole Aix Marseille Provence
Julien Benmamar	Chargé de mission SCOT	Communauté de communes Golfe de Saint-Tropez
Catherine Gueguen	Cheffe de pôle planifications territoriales	Région Bretagne
Gaëlle Namont	Chargée de la trame verte et bleue et des paysages	Région Bretagne
Jérôme Major	Chargé de gestion du DPM	DDTM 56
Grégory Sylla	Chargé de missions scientifiques et techniques	Communauté de commun golfe de Saint-Tropez
Pierre Sagnes	Chef Pôle R&D Ecohydraulique	OFB
Jérémy Lobry	Chercheur Laboratoire EABX	INRAE
Alexis Ulrich	Service Mer et Littoral	Région PACA
Audrey Benedetti	Responsable de la coordination du Livre Bleu	Aix Marseille Provence Métropole

Annexe II : Grille d'analyse

Rôle, implication, prise en compte des continuités écologiques dans leur projets	Remarques sur la structure
	Rôle des acteurs/structure
	Prise en compte des continuités écologiques
	Projets (actuels et futurs) en lien avec les continuités écologiques
	Intéactions avec les autres acteurs
Les continuités écologiques en milieu marin	Les enjeux des continuités écologiques en milieu marin
	Les paramètres à prendre en compte pour étudier ces continuités
	La connectivité en milieu marin
	Facteurs conditionnant la répartition et les déplacements des espèces
	Espèces ayant des besoins en continuités écologiques
	Habitats et enjeux de continuités écologiques
	Les échelles pour étudier les continuités écologiques
	Source de fragmentation
	Restauration écologique en milieu marin
	Niveau de connaissance du milieu marin / Données en milieu marin
	Projets scientifiques en lien avec les continuités écologiques
	Indicateurs
	Freins et limites
Documents de planification et de gestion en milieu marin (Objectifs, prise en compte des continuités écologiques)	SDAGE
	Contrat de baie
	DSF
	Plan de gestion des AMP et réseau AMP
	STERE
	SRADDET
	SCOT
	Autres documents
	Articulation entre les documents
	Implications des acteurs et interactions entre acteurs
	Freins et limites
Cadre réglementaire	Prise en compte des continuités écologiques dans les politiques et les stratégies nationales/régionales
	Gestion intégrée des zones côtières
	Emboîtement d'échelle de gestion
	Intéraction terre-mer
	Séquence ERC
	Dispositif de suivi et d'évaluation
	Freins et limites
	Recommandation
Vision des acteurs	Pertinence et intérêt d'une TM
	Besoin des acteurs

Annexe III : Historique des différentes conventions, politiques et stratégies en faveur de la biodiversité



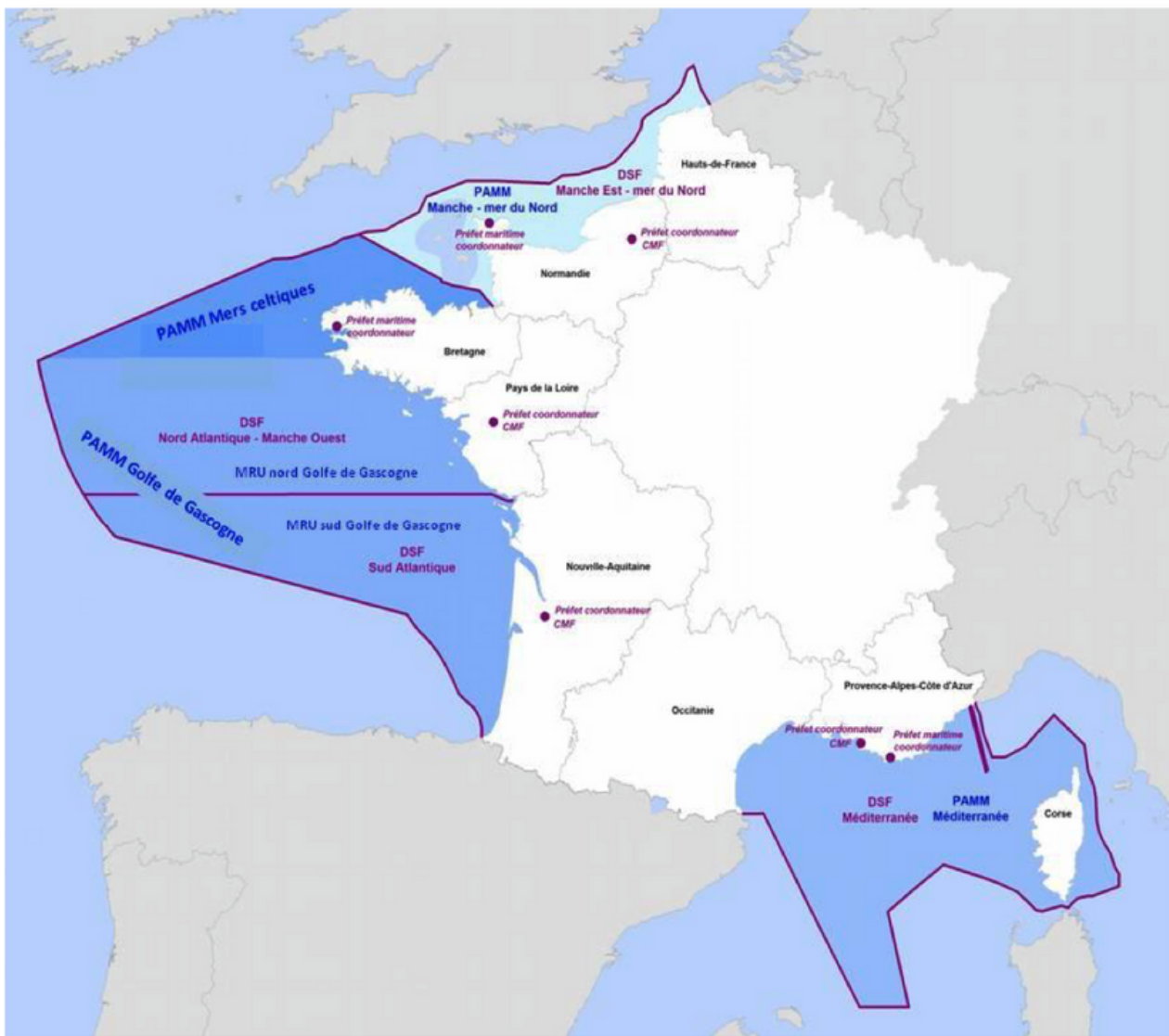
Légende :

- Document stratégique
- Traité international
- Convention de mer régionale
- Directive européenne
- Politique française

Annexe IV : Présentation des différentes politiques et des différents outils de gestion et de planification en zone côtière

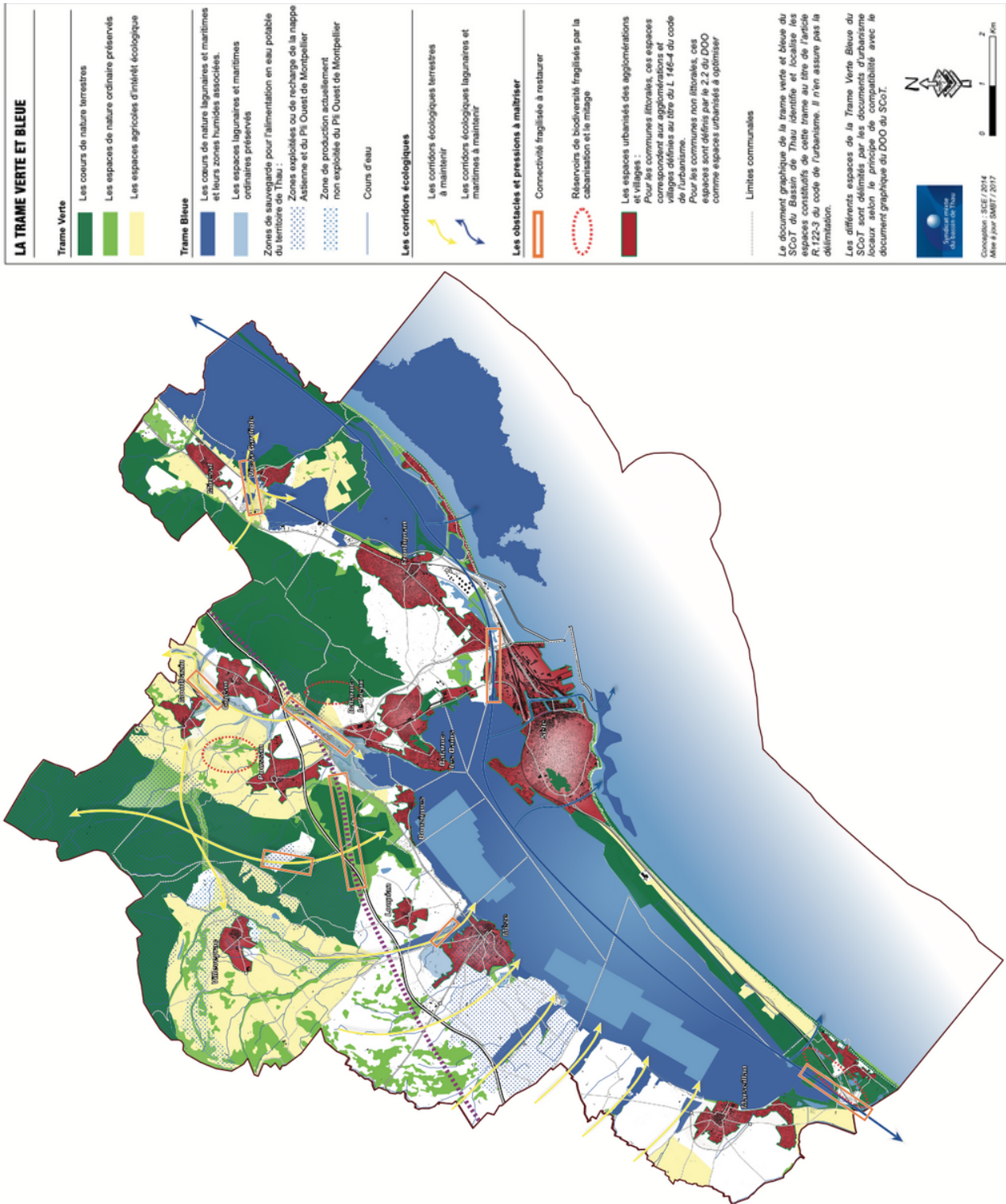
Politique	Objectif	Outil
Directive Cadre Stratégique pour le Milieu Marin	Atteinte du bon état écologique des eaux marine	PAMM intégré au DSF
Directive Cadre pour la Planification de l'Espace Maritime	Planification des espaces maritimes dans le cadre du développement durable	DSF
Directive Habitat Faune Flore et Directive Oiseau	Protection des habitats et des espèces d'intérêt communautaire	Document d'objectif
Loi littoral	Concilier activités humaines et préservation des zones fragiles de la frange littorale	SMVM ou volet mer et littoral des SCOT

Outil	Objectif	Limite d'application	Animation assurée par
DSF	Planification spatiale maritime et atteinte du bon état écologiques des eaux marines	DPM	DIRM
Parc Naturel Marin	Développement durable, améliorer la connaissance, protection de la nature	DPM	OFB
Natura 2000	Protection des habitats et espèces Natura 2000	En mer et sur terre	OFB / collectivités territoriales
SDAGE	Qualité des eaux et des milieux aquatiques	Bassin hydrologiques (s'arrêtent aux 2000 miles nautiques en mer	Agence de l'eau
Volet mer et littoral des SCOT	Planification des usages maritimes	Communautés de communes littorales et la bande des 3000 en mer	Communauté de commune, syndicat mixte VLM validé par le préfet maritime
SRADDET	Schéma régional de planification	Région	Région



Annexe VI : Exemple de carte dans les documents de planification où certains enjeux de la Trame marine sont représentés

1) Carte de la trame verte et bleue du SCOT du Bassin de Thau (SCOT qui possède un volet individualisé valant SMVM) (Syndicat Mixte du Bassin de Thau, 2017)



Bibliographie

- AFB. (2017). *Documents Stratégiques de Façade et de Bassin Maritime*. Volet stratégique Guide d'élaboration.
- Alizier S et al. (2010). *Le Benthos de l'estuaire de la Seine*. Fascicules Seine-Aval, GIP Sein-Aval.
- ARPE PACA. (2016). *Élaborer la trame verte et bleue : des choix méthodologiques et une démarche à mettre en œuvre*. SCOT de la Communauté d'agglomération Sophia-Antipolis.
- ASCONIT-ECODDEN-PARETO. (2014). *Etude préalable d'identification et de cartographie des réseaux écologiques à la Réunion*. Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de la Réunion.
- Auda B. (2015). *Comprendre les relations entre les documents d'urbanisme : explications et conseils*. Fiche pratique.
- Basilico L., Paquier F., Jabouin C., Dumonteil H., et Amsallem J. (2023) *Vents porteur pour la Trame marine et littorale*. Office français de la biodiversité.
- Birrolleau et al. (2019). *Guide pour la gestion des données "milieu marin", de l'acquisition à la diffusion*. Agence Française pour la Biodiversité.
- Bourjea J. (2021). UMR Marbec. Récupéré sur Connect-Med: <https://umr-marbec.fr/projets/connect-med/>
- Bradai M et al. (2015). *Les tortues, les dauphins et les baleines de Tunisie : Biodiversité et effort de conservation*.
- Bourjea J. (2021). UMR Marbec. Récupéré sur Connect-Med: <https://umr-marbec.fr/projets/connect-med/>
- Bretagne Vivante. (2019). *Document Stratégique de Façade NAMO Avis de Bretagne Vivante*.
- CDR TVB. (2021a). *Présentation de la Trame Verte et Bleue*. Récupéré sur Centre de ressources Trame verte et Bleue: <http://www.trameverteetbleue.fr/presentation-tvb/qu-est-ce-que-trame-verte-bleue/definitions-trame-verte-bleue>
- CDR TVB. (2021b). *Organisation et composition*. Récupéré sur Centre de Ressources Trame Verte et Bleue: <http://www.trameverteetbleue.fr/qui-sommes-nous/organisation-composition>
- CEREMA . (2021). *Protéger les grands cétacés vis-à-vis du risque de collision avec les navires en Méditerranée*. Synthèse de l'étude préparatoire à la soumission auprès de l'Organisation Maritime Internationale (OMI) d'un dossier de désignation d'une Zone Maritime Particulier.
- CEREMA. (n.a). *Le schéma d'aménagement régional (SAR)*. Récupéré sur CEREMA: <http://outil2amenagement.cerema.fr/le-schema-d-amenagement-regional-sar-r819.html>
- CERIC et al. (2020). *Conflits d'usages en mer et droit de l'Union Européenne*. Appel à communication.
- Chateau O. (2008). *Activité et typologie des déplacements de poissons coralliens dans un habitat fragmenté: application aux réserves marines de Nouvelle-Calédonie*. Thèse de Doctorat, Université de la Nouvelle-Calédonie, Nouméa.
- Cheminée A. (2012). *Fonctionnalités écologiques, transformations et gestion des habitats de l'Infralittoral rocheux en Méditerranée Nord- occidentale: le cas des nourriceries de poissons (Téléostéens)*. Rapport de Thèse , UNIVERSITE DE NICE-SOPHIA ANTIPOLIS - UFR Sciences Ecole Doctorale en Sciences Fondamentales et Appliquées.
- CMF Méditerranée. (2016). *L'État sur le littoral et en mer Méditerranée*. Conseil Maritime de Façade.
- CNRS. (2021). *Connectivité marine et gestion durable des mers et des océans*. Récupéré sur Communiqué de presse écologie et environnement: Connectivité marine et gestion durable des mers et des océans
- Communauté de communes Golfe de Saint-Tropez. (2019). Révision du SCOT du Golfe de Saint-Tropez - Document d'orientations et d'objectifs. Capitre individualisé valant schéma de mise en valeur de la mer - Les annexes Approuvé par délibération n°2019/10/02-06 du 2 octobre 2019.
- Corse, P. d. (2017). *Dossiers : Protection de la mer et du littoral*. Récupéré sur La Préfecture et les services de l'État en région Corse: <https://www.prefectures-regions.gouv.fr/corse/Grands-dossiers/Securite/Protection-de-la-mer-et-du-littoral/Les-principes-generaux-applicables-a-la-gestion-du-domaine-public-maritime/#titre>
- Décret n° 2017-370. (2017, mars 21). Décret n° 2017-370 du 21 mars 2017 relatif aux comités régionaux de la biodiversité. NOR : DEVL1628201D.
- Dehouck H et al. (2017). *Analyse des méthodes de précision des continuités écologiques à l'échelle locale en France*. (p. 96). Irstea – UMR TETIS, Centre de ressources Trame verte et bleue.
- Delahayes A. (2021). *La zone côtière et littorale, lieu de confrontation Homme/Océan*. Décryptage océan atmosphère.
- Delclaux J, & Fleury P. (2020). *Politique de conservation de la biodiversité et d'aménagement du territoire : état de l'art sur la mise en œuvre de la Trame verte et bleue en France*.
- DIRM Martinique. (2018). *Les usages, pressions ou menaces qui pèsent sur les écosystèmes marins*. Récupéré sur Direction de la Mer de la Martinique: <http://www.dm.martinique.developpement-durable.gouv.fr/les-usages-pressions-ou-menaces-qui-pesent-sur-les-a198.html>
- DIRM Méditerranée. (2017). *Les différentes bases de données existantes*. Récupéré sur Politique intégrée mer et littoral.
- DIRM Méditerranée. (n.a). *Stratégie de façade maritime, Façade Méditerranée, Annexe 6 : tableaux des zones*. Annexe.

DIRM MEMN. (2015). Note de synthèses - Gestion intégrée de la mer et du littoral dans ses composantes « Stratégie nationale pour la mer et le littoral », « planification de l'espace maritime » et « documents stratégiques de façade ».

DIRM SA. (n.a)a. *La planification des espaces littoraux et de la mer.*

DIRM SA. (n.a)b. *Stratégie de façade maritime, Document Stratégique de la façade Sud-Atlantique, fiches descriptives des objectifs stratégiques environnementaux.* Annexe 6.c.

DIRM SA. (2018). *Articulation entre stratégie de façade maritime et plan de gestion de parc naturel marin ou charte de parc national.* Délégation de la mer et au littoral .

Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B., & Vigin, L. (2018). *Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea : Assessing and Managing Effect Spheres of Influence.* Brussels : Royal Belgian Institute of Natural Sciences. : https://odnature.naturalsciences.be/downloads/mumm/windfarms/winmon_report_2018_final.pdf

DREAL PACA. (2019). *Les espèces de cohérence trame verte et bleue.* Récupéré sur DREAL PACA, biodiversité, paysage et eau: <http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/les-especes-de-coherence-trame-verte-et-bleue-a12036.html>

Dugornay, O. (n.d). *L'océan Composante essentiel du climat.* IFREMER.

Eau et Rivières de Bretagne. (2012). *La trame verte et bleue, pour une contribution bretonne.*

DUMONTEIL H., AMSALLEM J., (2023). *Continuités écologiques en milieu marin : méthode d'identification et de mise en place d'une Trame marine et littorale. Concepts scientifiques, outils, données et méthodes.* Consulté à <https://www.trameverteetbleue.fr/documentation/references-bibliographiques/continuites-ecologiques-milieu-marin-methode>

Grenelle de la Mer. (2009). *Le Livre Bleu des engagements du Grenelle de la Mer.*

Grober-Dunsmore R et al. (2010). *A Landscape Ecology Approach for the Study of Ecological Connectivity Across Tropical Marine Seascapes.* Ecological Connectivity among Tropical Coastal Ecosystems(DOI 10.1007/978-90-481-2406-0 14).

Guillarmé J. (2020). *Etude des sites à fort potentiel de gain écologique pour la compensation en mer, perspectives d'application en région Occitanie (Golfe du Lion).* Rapport d'étude scientifique et technique, Direction Interrégionale de la Mer (DIRM) Méditerranée.

Guillory Q. (2021). *Gestion intégrée des espaces maritimes Retour sur les SMVM et autres outils existants et utilisés.* CEREMA.

Guizien K. (2014). *Connectivité et conservation de la biodiversité marine.* Regard n°60.

Guizien K. (2016). *Roc Connect : Connectivité des populations d'invertébrés benthiques de l'habitat rocheux du Golfe du Lion.* Rapport final, Programme LITEAU IV.

H Albert C et al. (2018). *Comment choisir les espèces pour identifier des réseaux écologiques cohérents entre les niveaux administratifs et les niveaux biologiques ?* INRAE, Sciences Eaux & Territoires, Trame verte et bleue : la continuité écologique en marche dans les territoires.

INEA. (2009). *Application du concept de solidarité écologique dans les Parcs nationaux Approfondissement du concept de solidarité écologique.* Synthèse.

IFREMER. (2016). *Mieux connaître les nourriceries côtières pour préserver la biodiversité marine.* Récupéré sur IFREMER: <https://www.ifremer.fr/Actualites-et-Agenda/Toutes-les-actualites/Archives/2016/Mieux-connaître-les-nourriceries-cotieres-pour-preserver-la-biodiversite-marine>

Lefebvre, C., Conservatoire du littoral, & Comité français UICN. (2005, novembre). *Aires marines protégées, les enseignements du premier congrès mondial pour la stratégie nationale.* http://uicn.fr/wp-content/uploads/2016/06/UICN_France_-_enseignements_de_Geelong.pdf

Lenfant P et al. (2015). *Restauration écologique des nurseries des petits fonds côtiers de Méditerranée.* Orientations et principes.

Lenfant P et al. (n.a). *ORGANISER, PLANIFIER ET COORDONNER les opérations de restaurations écologiques et de non dégradation des habitats marins côtiers vers l'Élaboration de Schémas Territoriaux de Restauration Ecologique (STERE).* DRIVER.

Lozachmeur O. (2009). *Rappel des principes de la «gestion intégrée des zones côtières» et des axes de la Recommandation du 30 Mai 2002.* VertigO.

Gouty, F. (2021, août 25). *Éolien en mer : le rapport complexe entre énergies renouvelables, biodiversité et sites protégés.* Consulté à l'adresse <https://www.actu-environnement.com/ae/news/eolien-mer-offshore-rapport-energies-renouvelables-biodiversite-sites-natura-2000-38068.php4>

Magris RA et al. (2018). *Biologically representative and well-connected marine reserves enhance biodiversity in conservation planning.* Conservation Letters.

Michelet P. (2016). *La continuité écologique dans les zones humides littorales : un enjeu local, national et européen.* Les Rencontres de l'ONEMA.

Michelot A. (n.a). *L'Océan au-delà des juridictions nationales : la dernière frontière ? Un enjeu de solidarité écologique.*

Milieu marin France. ((n.a)). Portails de données.

MTE. (n.a)a. *Les causes majeures de l'érosion de la biodiversité.* Portail interministériel biodiversite.gouv.fr.

MTE. (n.a)b. *La Trame Verte et Bleue, Un outil pour maintenir la biodiversité dans nos territoires et lutter contre le changement climatique*. Ministère de la Transition Écologique.

MTE. (2017). *Trame Verte et Bleue*. Récupéré sur Ministère de la Transition Écologique: <https://www.ecologie.gouv.fr/trame-verte-et-bleue>

MTE. (2021). *Stratégie Nationale pour les Aires Protégées*. Ministères de la transitions écologiques, Ministère de la Mer et l'Office Français pour la Biodiversité.

Olei S. (2020). *Enjeux "montagne" et "littoral" : le Cerema décrypte l'ordonnance de 2020 sur la modernisation des SCoT (partie 7)*. Récupéré sur CEREMA: <https://www.cerema.fr/fr/actualites/enjeux-montagne-littoral-cerema-decrypte-ordonnance-2020>

ONB. (2019). *La nature sous pression, pourquoi la biodiversité disparaît ?* Observatoire National de la Biodiversité.

Paillon C. (2014). *Étude de la connectivité entre les communautés de poissons de différents habitats du lagon de Nouvelle-Calédonie par microchimie des otolithes et de l'environnement*. Thèse de Doctorat pour obtenir le grade de Docteur de l'Université de la Nouvelle-Calédonie.

Pinault M. (2013). *Évaluation de la fonctionnalité de récifs artificiels à vocation non extractive, dans un contexte d'habitats naturels fragmentés - Côte nord-ouest de l'île de la Réunion*. Thèse de doctorat, Université de Perpignan.

PNM Gironde. (2018). *Plan de gestion*. Parc Naturel Marin de l'Estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis.

PNM Golfe du Lion. (2014). *Plan de gestion du Parc Naturel Marin du Golfe du Lion*. PNM du Golfe du Lion.

Porro B et al. . (2019). *Connectivité et protection de la biodiversité marine, Dynamique spatiale des organismes marins*. Edition QUAE.

Prax R. (2017). *SCoT et transpositions pertinentes des chartes de Parcs Un exercice d'intelligence collective*. Fédération nationale des SCoT et Fédération des Parcs naturels régionaux de France.

Raffin C. (2003). *Bases biologiques et écologiques de la conservation du milieu marin en mer d'Iroise*. *Ecologie, Environnement*. Université de Bretagne occidentale - Brest.

Rachid A. (2010). *Impact de l'anthropisation sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes marins. Exemple de la Manche-mer du nord*. Vertigo(<https://doi.org/10.4000/vertigo.10129>).

République française. (2021, septembre). *Les impacts environnementaux génériques d'un parc éolien en mer et de son raccordement*. Consulté à l'adresse https://www.debatpublic.fr/sites/default/files/2021-09/2021-09_Eolien_mer_Sud_Atlantique_DMO_Fiche16-01.pdf

Réserve Naturelle Terres Australes Française. ((n.a)). *Milieux marins*. Récupéré sur Réserves Naturelles Terres Australes Françaises: <https://reserve-australes.taaf.fr/patrimoine-naturel/milieux-marins/#:~:text=Le%20domaine%20p%C3%A9lagique%20regroupe%20l,sur%20le%20fond%20des%20oc%C3%A9ans>.

Rollet C et al. (2011). *Actes du colloque scientifique du golfe normand-breton "Biodiversité, écosystèmes et usages du milieu marin : quelles connaissances pour une gestion intégrée du golfe normand-breton ?"* ., (p. 174). Palais des congrès de Saint-Malo.

SEA-UNICORN. (2021). *Objectives*. Récupéré sur SEA-UNICORN: <https://www.sea-unicorn.com/objectives>

Sordello R. (2016). *La continuité écologique dans les zones humides littorales : les différentes échelles de continuité écologique* Concepts scientifiques et applications.

Sordello R et al. (2011). *Trame verte et bleue – Critères nationaux de cohérence – Contribution à la définition du critère sur les espèces*. Rapport MNHN-SPN. 57 pages.

Sordello R et al. (2017). *Bilan technique et scientifique sur l'élaboration des Schémas régionaux de cohérence écologique, Méthodes d'identification des composantes de la TVB*. Centre de Ressources Trame Verte et Bleue.

SRCE Bretagne. (n.a). *Un cadre méthodologique pour identifier les trames vertes et bleues aux échelles infra-régionales*.

RAPPORT 3 Le plan d'actions stratégique, Schéma Régionale de Cohérence Écologique de Bretagne .

Syndicat Mixte du Bassin de Thau. (2017). *SCOT du Bassin de Thau*. Thau.

Trame Verte et Bleue. (2017). Récupéré sur Ministère de la Transition Écologique: <https://www.ecologie.gouv.fr/trame-verte-et-bleue>

Vanel S. (2020). *Ecologie du paysage : Connectivité des récifs d'hermelles (Sabellaria alveolata) dans le parc naturel marin de l'Estuaire de la Gironde et Mer des Pertuis*. Rapport de stage de fin d'études, Master Biodiversité, Ecologie, Evolution Parcours « Biodiversité et Développement Durable ».

Willaume J-P. (2021). *Plan d'actions territorial pour les trames marines et estuariennes sur le territoire du PNR du Golfe du Morbihan, Identifier la Trame Bleue Salée Actions pilotes sur l'estuaire de Noyal*. Appel à Initiatives pour la Biodiversité 2017-2018 Agence de l'Eau Loire Bretagne, Parc Naturel Régional du Golfe du Morbihan.



Centre INRAE Occitanie - Montpellier
500 rue Jean François Breton
34000 Montpellier

Rejoignez - nous sur :
www.inrae.fr



**Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et
l'environnement**



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

INRAE

