

METHODE DE PROTECTION DES HERBIERS DE POSIDONIE ELIGIBLES POUR L'OBTENTION DU LABEL BAS-CARBONE

Rédaction : Adrien Comte (EcoAct), Jeanne Barreyre (EcoAct), Hippolyte Reigner (EcoAct), Stéphanie Bombail (EcoAct), Sophia Bennani-Smires (EcoAct), Roman de Rafael (EcoAct)

Relectures : Charles-François Boudouresque (MIO), Gérard Pergent (Université de Corse), Briac Monnier (Université de Corse), Sandrine Ruitton (MIO),



Table des matières

1	Présentation de la méthode	3
1.1	Présentation	3
1.2	Objectifs de la méthode	4
1.3	Durée maximale de validité des projets	4
1.4	Porteur de projet	5
2	Critères d'éligibilité	5
3	Définition du scénario de référence et démonstration de l'additionnalité	7
3.1	Définition du scénario de référence	7
3.2	Additionnalité des projets	8
4	Intégrité environnementale	13
5	Intégration du risque lié aux incertitudes générales et climatiques,	15
5.1	Risques généraux, difficilement maîtrisables (pollutions, espèces invasives, ...)	16
5.2	Risques climatiques	16
6	Principes de la méthodologie de quantification des réductions d'émission	17
6.1	Périmètre opérationnel de la méthodologie	17
6.2	Les émissions de GES considérées dans la méthodologie	18
6.3	Principes de calcul des réductions d'émission	19
6.4	La mise à jour du scénario de référence	26
7	Suivi et vérification des impacts du projet	27
7.1	Le suivi	27
7.2	Les modalités de vérifications des RE	27
7.3	Processus de vérification et de reconnaissance des réductions d'émissions	31
7.4	Récapitulatif sur la fiabilité des données et le principe de rabais	32
8	Bibliographie	34

1 Présentation de la méthode

1.1 Présentation

Il existe de nombreux types d'herbiers marins dans le monde et en France. La présente méthode est dédiée aux herbiers de posidonie (*Posidonia oceanica*) uniquement¹, localisés sur la façade méditerranéenne de France métropolitaine. Les herbiers marins jouent un rôle important pour l'atténuation du (et l'adaptation au) changement climatique grâce à leur capacité de fixation, de séquestration et de stockage du carbone. Les herbiers de posidonie sont uniques de ce point de vue : c'est en effet le type d'herbier marin qui séquestre le plus de carbone à long terme, notamment dans la matre, constituée du lacin des rhizomes, des racines et de sédiment.

L'espèce *Posidonia oceanica* est protégée en France dans le cadre de la Loi du 10 Juillet 1976 relative à la protection de la nature, par l'arrêté du 19 Juillet 1988 relatif à la liste des espèces végétales marines protégées ; elle est mentionnée dans le cadre de la Convention de Berne, et depuis 1999 au titre de l'annexe II du Protocole relatif aux aires spécialement protégées et à la diversité biologique en Méditerranée de la Convention de Barcelone, et enfin dans la directive « Habitats-Faune-Flore » de 1992 du conseil de l'Europe (Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992 modifiée par la directive 97/62/CEE).

Les herbiers de posidonie sont notamment présents en France dans 89 des 100 sites classés Zones Naturelles d'Intérêts Ecologique, Faunistique et Floristique marines de la région PACA (ZNIEFF marines)², ainsi que dans plusieurs Parcs nationaux (Parc national des Calanques, Parc national de Port-Cros et Porquerolles), Parc naturel marin (Cap Corse et Agriate), Réserves Naturelles (Réserve Naturelle des Bouches de Bonifacio, et plusieurs sites Natura 2000 (notamment « Grand herbier de la côte orientale », « Les surfaces de Posidonies », « Posidonies de la côte des Albères »).

Malgré ces initiatives, ces herbiers subissent des pressions multiples, y compris dans les aires marines protégées (AMP) où de nombreuses activités humaines passées ou encore autorisées, ont entraîné la perte d'environ 10 % de leur surface à l'échelle du bassin méditerranéen durant les 100 dernières années³. Les herbiers de posidonie de Méditerranée subissent des impacts physiques de diverses origines (aménagement côtiers, chalutage, mouillage, turbidité, érosion, rechargements de plages, etc.). L'ancrage des bateaux de plaisance via les mouillages forains, constitue une source majeure de dégradation physique des herbiers.

¹ D'autres méthodes dédiées à d'autres herbiers pourraient voir le jour ultérieurement.

² Inventaire National du Patrimoine Naturel, <https://inpn.mnhn.fr/zone/zniefMer/habitat/A5.535/localisation>

³ Dunic et al., 2021

1.2 Objectifs de la méthode

L'objectif de cette méthode est la valorisation et la préservation d'un stock de carbone séquestré au sein des herbiers et en cours de dégradation, grâce aux projets additionnels améliorant les conditions abiotiques et écosystémiques des herbiers de posidonie présents en Méditerranée.

La méthode décrit l'ensemble des critères d'éligibilité, d'additionnalité, de prise en compte des risques liés aux incertitudes générales et climatiques, et des procédures permettant l'estimation des réductions nettes d'émissions de gaz à effet de serre dans le cadre de projets qui visent à protéger les herbiers de posidonie.

La méthode permettra aux porteurs de projets d'obtenir des financements par la mise en place et le suivi d'actions ayant pour résultat de préserver les stocks de carbone menacés par la dégradation du milieu de stockage. Les projets pourront avoir comme effet additionnel d'augmenter la capacité de séquestration du milieu dans les sols et dans la biomasse par des actions de restauration passive.

1.3 Durée maximale de validité des projets

Par dérogation à la partie IV.C du référentiel du Label Bas-Carbone, et en adéquation avec les dynamiques écologiques des herbiers de posidonie et les standards existants⁴, la durée pour un projet de protection des herbiers de posidonie est de 10 années, renouvelable deux fois, soit 30 ans. Le calcul des Réductions d'Émissions (RE) générables par le projet sera réalisé sur 10 ans.

Tous les engagements du porteur de projet reposent sur une période de 10 ans, renouvelable deux fois, en adéquation avec la durée des Autorisations d'Occupation Temporaires (AOT) du domaine public maritime. Il en découle que le porteur de projet s'engage à respecter l'état de conservation des herbiers de posidonie pour la durée du projet.

Les vérifications des RE se feront sur la base de projets réalisés ou en cours de réalisation. La génération d'unités de réductions d'émissions anticipées n'est pas possible dans le cadre de cette méthode. Le processus de vérification visant à établir des réductions d'émissions est possible à tout moment durant le projet, à la discrétion du porteur de projet. Le porteur de projet devra indiquer dans le

⁴ VCS VM0033 Methodology for Tidal Wetland and Seagrass Restoration, v2.0, accessible ici : <https://verra.org/methodology/vm0033-methodology-for-tidal-wetland-and-seagrass-restoration-v2-0/>

Document Descriptif de Projet (DDP) la fréquence choisie de génération des RE, qui ne peut être supérieure à 5 ans.

1.4 Porteur de projet

Le porteur de projet est l'entité qui porte le projet éligible à la présente méthode. Toute personne, qu'elle soit de droit privé ou de droit public, peut être un porteur de projet. Le porteur de projet doit fournir les pièces administratives permettant de démontrer son habilitation à intervenir sur le périmètre du projet et à mettre en œuvre les activités prévues dans le cadre du projet. Une liste de l'ensemble des documents à pourvoir est présente dans le canvas de DDP.

Le porteur de projet peut déléguer à un mandataire la préparation du dossier de demande de labellisation, la responsabilité de la mise en œuvre du projet et la demande de reconnaissance des réductions d'émissions.

Le porteur de projet ou le mandataire notifie le projet à l'Autorité. Il est rappelé que le Référentiel précise qu'« *afin d'assurer leur additionnalité, seules les réductions d'émissions résultant d'actions engagées postérieurement à la date de notification du projet à l'autorité compétente peuvent être reconnues dans le cadre du label bas-carbone.* ». En même temps que la notification auprès de celle-ci, le porteur de projet ou le mandataire remplit le document descriptif de projet et fait la demande de labellisation auprès de l'Autorité (entité en charge de la validation).

Également, si le périmètre du projet est inclus, pour tout ou partie, dans le périmètre d'une aire marine protégée, le porteur de projet ou le mandataire doit s'assurer de la conformité de ses actions avec les autorités compétentes de ces territoires et doit produire une attestation montrant l'accord des structures concernées pour son déploiement.

2 Critères d'éligibilité

Les actions éligibles dans le cadre de cette méthodologie concernent tout projet de protection des herbiers de posidonie, situé en France métropolitaine, et impliquant l'élimination ou la réduction des impacts liés aux ancrages sur les herbiers de posidonie.

L'ancrage des bateaux dans les herbiers de posidonie est une pression physique importante, qui provoque l'arrachage des faisceaux, la dégradation de la matte, et qui empêche la recolonisation sur de longues périodes⁵ (Abadie *et al.*, 2016).

⁵ Abadie, A., Lejeune, P., Pergent, G., & Gobert, S. (2016). From mechanical to chemical impact of anchoring in seagrasses: the premises of anthropogenic patch generation in *Posidonia oceanica* meadows. *Marine Pollution Bulletin*, 109(1), 61-71.

Les activités de protection des herbiers de posidonie éligibles sont ainsi associées à la réduction des impacts liés aux ancrages et mouillages forains, à savoir par :

- la mise en place de zones d'interdiction de mouillages,
- la mise en place de Zones de Mouillages et Equipements Légers (ZMEL), comprenant les études techniques préparatoires nécessaires à cette mise en place,
- la gestion relative et le contrôle des zones balisées et des équipements,
- le maintien, l'entretien et le renouvellement des équipements mis en place,
- la gestion de systèmes de paiement des usages des ZMEL.

Quelles que soient les activités mises en place, celles-ci devront permettre de réduire les impacts sur les herbiers via leur gestion et leur maintien dans le temps, à minima pendant la durée du projet. Les actions associées et complémentaires à l'une des activités mentionnées ci-dessus, et nécessaires à leur gestion ou leur mise en œuvre, peuvent également être ajoutées au projet, à savoir : les coûts des études et aménagements, de personnel et de matériel pour la surveillance des zones balisées et le coût des primes d'assurance.

De plus, les activités doivent respecter la réglementation et les objectifs de protection dans les zones sous statuts particuliers (ZNIEFF, Parcs nationaux, etc.).

L'ensemble des documents justificatifs à fournir relatifs aux activités éligibles sont listées dans le DDP.

Ces activités sont soumises à la réglementation en vigueur, incluant les articles sur l'utilisation du domaine public maritime (Articles L2124-1 à L2124-5) du Code général de la propriété des personnes publiques. La mise en place de ZMEL est également soumise à la réglementation de différents codes. Se référer pour cela au guide méthodologique produit par le Ministère de la Transition Ecologique (MTE)⁶.

Afin de clarifier les critères d'éligibilité, les zones de projets correspondant aux critères cumulatifs géographiques et écologiques (e.g. Boudouresque *et al.*, 2021) listés ci-dessous sont éligibles :

- Les zones qui contiennent ou qui ont contenu historiquement des herbiers de posidonie ;
- Les zones où les herbiers de posidonie subissent des pressions anthropiques et dans lesquels une dégradation de l'herbier est constatée ;
- Les zones où les pressions à l'origine de la disparition des herbiers sont spécifiquement liées à l'ancrage des bateaux et non à d'autres facteurs anthropiques (ex : pollution marine) ;
-

⁶ Disponible ici : <https://www.mer.gouv.fr/mouillages-de-navires-en-dehors-des-ports>

Les activités de restauration active des herbiers (repiquage, transplantation) ne sont pas éligibles dans le cadre de cette méthode. Des expérimentations sont en cours, notamment le projet RENFORC⁷, ainsi que les projets REPAIR (Stareso-Université de Liège) et REPIC (Andromède océanologie), et permettront de contribuer à de meilleures connaissances sur l'efficacité de ces actions et leur impact sur le stockage et la séquestration du carbone. Le but étant d'aboutir à un guide de bonnes pratiques sur la restauration active. Une méthodologie spécifique intégrant ces nouveaux éléments pourrait être développée dans le futur.

3 Définition du scénario de référence et démonstration de l'additionnalité

3.1 Définition du scénario de référence

La méthodologie décrit un mécanisme basé sur les résultats. Pour mesurer les résultats d'un projet (les bénéfiques), il faut établir un niveau de référence. Les porteurs de projet devront définir et justifier un scénario de référence auquel le projet sera comparé. Conformément à l'arrêté du Label Bas-Carbone, la méthode peut proposer l'utilisation d'un scénario de référence générique, ou un scénario de référence spécifique au projet. Dans le cadre de cette méthodologie, seul un scénario de référence spécifique est autorisé.

Résumé des trois étapes nécessaires pour déterminer les résultats du projet sur les émissions de gaz à effet de serre :

1. Le niveau de dégradation de la matte de référence devrait correspondre à la situation prévisionnelle/projetée considérant la réglementation et les activités déjà en place, sans considérer les activités organisées par le projet (scénario de référence).
2. L'état de la matte avec le projet correspond à la situation avec activité organisée par le projet (scénario de projet).
3. L'écart entre les deux est une mesure de l'impact des activités organisées par le projet (sur la réduction de la destruction/dégradation de la matte).

Le scénario de référence doit être reconsidéré tous les 10 ans, pour intégrer les éventuelles actions ou effets d'une nouvelle réglementation. Les éléments relatifs à la mise à jour du scénario de référence sont explicités en partie 6.4.

⁷ <https://fondationsetec.org/2021/07/09/renforcement-des-puits-de-carbone-en-milieu-marin-renforc-par-le-g-i-s-posidonie/>

3.2 Additionnalité des projets

L'objectif du principe d'additionnalité est de démontrer que le projet n'aurait pas vu le jour sans l'entrée dans la démarche de labellisation, et indirectement l'apport de financements via la vente des réductions d'émissions.

Le référentiel du Label Bas-Carbone définit l'additionnalité (II.C.1) : « *Pour démontrer l'additionnalité des réductions d'émissions, la Méthode définit un scénario de référence. Seules les réductions d'émissions allant au-delà de ce scénario de référence sont reconnues dans le cadre du Label. Le scénario de référence doit correspondre à une situation au moins aussi défavorable que l'application :*

- ✓ *des obligations découlant des textes législatifs et réglementaires en vigueur ;*
- ✓ *des différentes incitations à générer des réductions d'émissions qui existent, autres que celles découlant du Label. Il s'agit notamment des incitations économiques, quelle qu'en soit l'origine ;*
- ✓ *des pratiques courantes dans le secteur d'activité correspondant au Projet, à l'échelle nationale ou régionale selon ce qui est pertinent ».*

Le projet doit ainsi démontrer que sa mise en œuvre se heurte à des freins (économiques, sociaux, politiques, culturels, etc.), que l'entrée dans la démarche de labellisation carbone permettra de lever.

Trois éléments sont à prendre en considération dans l'analyse de l'additionnalité des projets concernés dans la présente méthodologie : l'analyse réglementaire, l'analyse financière et l'analyse des pratiques courantes.

3.2.1 Analyse réglementaire

En France, l'arrêté du 19 Juillet 1988 relatif à la liste des espèces végétales marines protégées stipule qu'il est interdit « de détruire, de colporter, de mettre en vente, de vendre ou d'acheter et d'utiliser tout ou partie » de la plante et les annexes de la convention de Berne (transcrite en droit national en 1999) intègrent *Posidonia oceanica* sur la liste des « espèces de flore strictement protégées ». Cette réglementation est toutefois rarement respectée et les infractions liées au mouillage forain ne sont que rarement relevées :

« Des mouillages en situation irrégulière, au sens d'occupation sans droit ni titre du domaine public maritime, continuent d'être régulièrement observés sur l'ensemble de la façade méditerranéenne. Si cette situation est connue des services, la volonté et les moyens sont difficiles à réunir pour, d'une part, assurer

les missions de contrôle, et d'autre part, identifier les contrevenants et obtenir l'enlèvement des corps morts. »⁸

Il est en effet impossible de prouver l'intention de nuire du prévenu (nécessaire à la condamnation dans le code de l'environnement). La pression exercée par l'ancrage des navires sur les herbiers s'est donc maintenue. Les herbiers de posidonie ont ainsi régressé en France pendant la période 1980-2011 : 9% selon Telesca *et al.* (2015), valeur peut-être surestimée (Boudouresque *et al.*, 2021).

Dans la continuité de la stratégie de 2010, un autre document, élargissant le champ d'application à la grande plaisance et ajoutant un volet opérationnel, a été produit⁹. Ce document s'articule avec l'arrêté 123/2019 du 3 juin 2019 qui fixe un cadre général du mouillage et de l'arrêt des navires dans les eaux françaises de Méditerranée (voir paragraphe suivant). Ce document réaffirme le constat des impacts et décrit une augmentation de la fréquentation des navires sur les sites propices aux herbiers de posidonies. Il décrit également une cartographie des zones prioritaires pour l'organisation du mouillage de plaisance pour une protection de l'environnement, en suggérant différents types de mesures envisagées (réglementations, aménagements, à définir). Cependant, aucun moyen n'est alloué à la mise en œuvre de ces recommandations. Des pistes de financements publics sont également listées, mais aucune piste n'est identifiée pour la gestion des zones de mouillages organisés.

En 2019, le préfet maritime de Méditerranée a signé un arrêté fixant le cadre général du mouillage et de l'arrêt des navires dans les eaux intérieures et territoriales françaises de Méditerranée, avec l'article 6¹⁰ suivant :

« Le mouillage des navires ne doit ni porter atteinte à la conservation, ni conduire à la destruction, à l'altération ou à la dégradation d'habitats d'espèces végétales marines protégées. Il est ainsi interdit de mouiller dans une zone correspondant à un habitat d'espèces végétales marines protégées lorsque cette action est susceptible de lui porter atteinte ».

Cet arrêté renforce la réglementation en termes de protection de l'habitat sous-marin, mais ne fournit pas de préconisations ni de moyens de mise en œuvre des aménagements permettant de lutter efficacement contre le mouillage forain (ancrage) sur herbiers. Dans cette optique, les projets d'aménagement et

⁸ https://www.premar-mediterranee.gouv.fr/uploads/mediterranee/pages/Strategie_Mouillages.pdf

⁹ Préfecture maritime Méditerranée. 2019. La stratégie de gestion des mouillages en Méditerranée - volet opérationnel et orientations plaisance grande plaisance. PAMM Méditerranée Occidentale. 35 pages et annexes

¹⁰ Arrêté préfectoral n°123/2019 fixant le cadre général du mouillage et de l'arrêt des navires dans les eaux intérieures et territoriales françaises de méditerranée, disponible ici : <https://www.premar-mediterranee.gouv.fr/uploads/mediterranee/arretes/eec503812bac663e9c5536c6d5a59e1.pdf>

d'entretien de zones de mouillages, soit sous la forme de ZMEL ou de Zones d'Interdiction de Mouillages (ZIM) sur les herbiers, permettraient de préserver ces derniers.

Dans cet esprit, trois arrêtés préfectoraux spécifiques au Parc national des Calanques ont été publiés en 2021, encadrant notamment l'ancrage des navires de plus de 24 m¹¹. Dans le Parc national des Calanques, les projets sont donc considérés comme additionnels uniquement s'ils protègent les herbiers de posidonie des impacts des navires de moins de 24 m. Il est possible de suivre ces données via le site Medtrix par exemple qui fournit des cartes de pression du mouillage de la petite plaisance (bateaux inférieurs à 24 mètres de long).

Enfin, les différents statuts d'aires marines protégées existantes ne sont pas suffisants pour couvrir les besoins de protection des herbiers de posidonie :

- Les Zones Natura 2000, via la désignation de zones spéciales de conservation (ZSC), constituent un cadre pour les actions de conservation des habitats et comportent une obligation de conservation des habitats désignés (article 1 DIRECTIVE 92/43/CEE DU CONSEIL du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages¹²). Néanmoins, même si certaines actions pour réduire l'ancrage sont prévues en théorie, aucune disposition n'encadre leur mise en œuvre opérationnelle dans les zones concernées. En outre, leur efficacité n'est pas démontrée¹³. Dans ce cadre, la finance carbone est complémentaire à ce dispositif, permettant de financer la mise en place des fiches actions prévues par les DOCOB.
- Les Parcs nationaux, qui peuvent comporter une aire maritime adjacente (AMA), donnent pour objectif de « Préserver des dégradations et des atteintes susceptibles d'altérer la diversité, la composition, l'aspect et l'évolution du milieu naturel, particulièrement de la faune, la flore, le sous-sol, l'atmosphère et les eaux, les paysages et le patrimoine culturel » (art. L.331-1 c. env.). Cet objectif est applicable différemment dans chaque Parc et ne spécifie pas de moyens pour réglementer les ancrages dans ces zones.
- Les autres aires marines protégées (Réserves naturelles, Domaine en gestion au Conservatoire du littoral, Parcs naturels marins, etc.), qui visent

¹¹ Arrêté préfectoral N°099/2021 réglementant le mouillage et l'arrêt des navires de 24 mètres et plus au droit des départements des Bouches-du-Rhône et du Var dans le périmètre du Parc national des Calanques (cœur et aire marine adjacente), disponible ici : http://www.calanques-parcnational.fr/sites/calanques-parcnational.fr/files/atoms/files/2021_099_ap_reglementation_mouillage_de_24_metres_bouches-du-rhone_et_var.pdf

¹² <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1992L0043:20070101:FR:PDF>

¹³ MEDAMP, Le mouillage : Faire respecter partout l'interdiction de détruire l'herbier de Posidonies, <http://www.medamp.org/index.php/fr/9-uncategorised/168-medamp-renvoi-9b-le-mouillage>

au maintien des fonctionnalités écologiques des milieux, manquent également de moyens pour protéger efficacement les écosystèmes¹⁴.

Les Zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique marines (ZNIEFF marines), ne constituent pas une mesure de protection réglementaire¹⁵. Elles permettent juste d'inventorier la présence de certains habitats et espèces déterminants et remarquables, parmi lesquels figurent les herbiers de posidonie.

La réglementation protégeant les herbiers existe, mais manque donc de moyens pour être efficace. Les projets de protection d'herbiers via la mise en œuvre d'aménagement et de mesures de protection allant au-delà de la réglementation, en empêchant concrètement le plaisancier d'endommager cet écosystème, via le financement de la mise en place de ZMEL, de ZIM, ainsi que de programmes de suivi, de surveillance, et d'amélioration des connaissances, pourront être considérés comme additionnels.

Le porteur de projet doit présenter tous les documents réglementaires ainsi que les documents de gestion qui concernent la zone de projet.

Le porteur de projet devra donc démontrer que la réglementation n'est pas suffisante pour la protection effective des herbiers de posidonie dans la zone de projet, c'est-à-dire que les herbiers continuent de se dégrader à cause de l'ancrage et du mouillage forain, au cours des 5 années précédant la mise en place du projet, et notamment depuis la mise en œuvre de l'arrêté préfectoral n°123/2019.

Pour ce faire, le porteur de projet doit s'appuyer :

- sur les photos aériennes de la zone d'ancrage et de mouillage, permettant d'identifier les bateaux ;
- et/ou sur les données d'ancrage et de mouillage de la plateforme Medtrix¹⁶ ou des données AIS de bateaux ;
- et/ou sur toute autre étude locale existante à joindre au document descriptif du projet, comme par exemple un article publié dans une revue scientifique ou par un bureau d'étude ou encore une note d'un organisme publique (DREAL, MTE, etc.)

¹⁴ <https://www.nationalgeographic.fr/environnement/2020/11/la-france-multiplie-les-aires-marines-protégees-quelle-peine-a-protéger>

¹⁵ <http://www.espaces-naturels.info/quel-statut-pour-znieff>

¹⁶ <https://medtrix.fr/>

3.2.2 Analyse financière

La protection des herbiers de posidonie n'est pas une activité générant des revenus directs, même si les services écosystémiques qu'ils apportent à la société sont estimés à plusieurs dizaines de milliers d'Euros par hectare¹⁷. Les plans de gestion proposés reposent donc uniquement sur des fonds publics ou des redevances liées à l'utilisation par des activités commerciales et/ou récréatives de ces espaces. Le porteur de projet devra lister les aides publiques existantes éligibles et devra démontrer qu'elles ne permettent pas, seules, de déclencher la mise en œuvre du projet.

Le projet serait donc additionnel dans les cas suivants :

- Aucune subvention spécifique à l'activité de projet, au niveau local, départemental, national ou européen n'est proposée de manière à financer les activités de protection des herbiers éligibles ;
- Les aides publiques disponibles ne couvrent pas les activités prévues dans le cadre du projet labellisé selon la méthodologie Label Bas-Carbone ;
- Les aides existantes ne sont pas suffisantes et ne permettent pas de couvrir un maximum de 30% des coûts financiers du projet.

Le porteur de projet doit notamment démontrer, en étudiant les possibilités tarifaires de redevances par l'utilisateur et les possibilités de financement publiques, mais aussi les coûts de mise en œuvre et d'entretien des zones de mouillage, que le projet est économiquement défavorable pour s'assurer de l'additionnalité du projet et ainsi de son éligibilité à la finance carbone.

Pour cela, le porteur de projet calculera la valeur actualisée nette (VAN) du projet sur l'ensemble de la durée du projet et **devra démontrer que cette valeur est effectivement négative**. Si la VAN est positive, le projet n'est pas considéré additionnel. Le porteur de projet joindra au document descriptif de projet (DDP) l'ensemble des calculs de la VAN et hypothèses associées. Pour cela, le calcul de la VAN doit bien suivre la formule suivante :

$$VAN = \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+k)^t} - I$$

Avec :

VAN : valeur actualisée nette (€) ;

T : année

¹⁷ Rigo I., Paoli C., Dapuzeto G., Pergent-Martini C., Pergent G., Oprandi A., Montefalcone M., Bianchi C.N., Morri C., Vassallo P., 2021. The Natural Capital Values of the Seagrass *Posidonia oceanica* in the North-Western Mediterranean. *Diversity*, 13, 499. <https://doi.org/10.3390/d13100499>

I : le montant du capital investi en début de période ;

CF : flux de trésorerie nets générés par le projet, avec

$$CF_t = R_t - C_t ;$$

R_t : recettes liées au projet (€) ;

C_t : dépenses liées au projet. Cela comprend notamment les dépenses de fonctionnement (maintien des bouées ou surveillance par exemple)

k : le taux d'actualisation, fixé par défaut à 4,5%.

3.2.3 Analyse des pratiques courantes

Les projets similaires ayant déjà vu le jour (Réserve de Banyuls, Iles Lavezzi, Port Miou, Baie de Pampelonne, Port-Cros) ont bénéficié de facteurs rendant l'aménagement des zones de mouillage économiquement favorables (respectivement : petite taille du dispositif, possibilités de financement via le statut d'Aire Marine Protégée, proximité d'un port facilitant la collecte des redevances, proximité de la plage facilitant la collecte des redevances). Malgré ces conditions, certains projets restent déficitaires.

Le porteur de projet pourra s'appuyer sur la démonstration d'additionnalité financière avec l'analyse de la VAN pour prouver que la taille du projet, ses coûts, ses revenus potentiels, ses financements disponibles rendent le projet différent des projets existants sans finance carbone, et ainsi non réalisable sans cet apport.

4 Intégrité environnementale

Conformément au référentiel du Label Bas-Carbone, la méthode doit fournir une « grille d'évaluation des impacts potentiels des Projets et des co-bénéfices potentiels des Projets, qui sont les éventuels impacts positifs des Projets sur d'autres enjeux que la réduction des émissions de GES (environnementaux, sociaux ou économiques) » (partie II.B.2) et définir « des indicateurs simples pour démontrer que les éventuels impacts environnementaux, sociaux ou économiques sont maîtrisés » (partie II.C.4).

Les porteurs de projet se référeront à la grille d'analyse présente dans le Tableau 1 et qui répertorie trois types de co-bénéfices : sur la biodiversité, sur l'eau, et socio-économiques. Cette grille regroupe des actions connexes au projet, permettant de valoriser des co-bénéfices rapportant au projet entre 1 et 5 points. Le total des co-bénéfices sera indiqué sous forme de pourcentage par catégorie (biodiversité, socio-économique et eau).

Le porteur de projet devra indiquer dès le DDP les co-bénéfices qu'il souhaite valoriser. Pour cela le porteur de projet devra fournir, avant le démarrage du projet, un état de référence pour les co-bénéfices concernés par une évolution afin de pouvoir mesurer celle-ci, lors de la vérification. Aussi, afin que les potentiels co-bénéfices soient valorisables, ils seront évalués en même temps que le suivi et la vérification et non antérieurement à la réalisation du projet (cf partie 7. Suivi et vérification des impacts du projet). Ces co-bénéfices seront suivis et vérifiés, tel qu'indiqué par la partie II.C.4 du référentiel : « *les indicateurs sont communiqués à l'Autorité dans le rapport de suivi et font l'objet de vérifications par un Auditeur à l'occasion des vérifications de réductions d'émissions* ».

Tableau 1. Tableau récapitulatif des co-bénéfices générés lors de la mise en place d'un projet

Type de co-bénéfices	Description	Critère d'évaluation		Valeur
		Indicateur simple pour mesurer	Bonus	
Biodiversité	Protection d'espèces protégées (exemple : grande nacre, espèce protégée qui peut être un bon indicateur lié à la protection d'autres espèces)	Suivi de la densité d'espèces protégées (exemple : grande nacre)	Bonus si cet indicateur est intégré au projet	+4
Biodiversité	Habitat d'une riche biodiversité (L'herbier de posidonie abrite 20 à 25 % des espèces animales et végétales connues en Méditerranée)	Suivi de l'indice EBQI ¹⁸	Bonus si augmentation ou si >7,5	+5
		Ou Suivi de l'indice PREI ¹⁹ ou Suivi de l'indice BiPo ²⁰	Bonus si augmentation ou si >0,55	
Biodiversité	Restauration active des herbiers	Nombre de boutures (1) ou	(1) Bonus si pourcentage de survie des boutures > 90%	+4
		Superficie replantée (2)	(2) Bonus si augmentation	
Biodiversité	Préservation des banquettes de feuilles mortes sur les plages (propice à la biodiversité et protection naturelle du littoral) et respect de la réglementation en ce sens	Suivi du volume des banquettes	Bonus si stable ou augmentation	+5
Biodiversité	Total de la catégorie sur :			18
Socio-économique	Limitier les impacts des ancrs via des systèmes de mouillages respectueux du milieu ²¹	Nombre de mouillages respectueux du milieu mis en place	Bonus si augmentation	+3
Socio-économique	Approvisionnement en poisson : nurserie pour de nombreuses espèces commerciales de poissons et d'invertébrés	Suivi des peuplements de poisson par nombre d'espèces ou quantité d'individus etc.	Bonus si cet indicateur est intégré au projet	+2
Socio-économique	Sensibilisation des populations à la protection des herbiers et des banquettes de feuilles mortes sur les plages	Nombre d'heures dédiées à la sensibilisation	Bonus si augmentation	+2

¹⁸ Ecosystem-Based Quality Index, Personnic et al., 2014a

¹⁹ *Posidonia oceanica* Rapid Easy Index Gobert et al., 2009

²⁰ biotic index using the seagrass *Posidonia oceanica* Lopez y Royo et al., 2010

²¹ [Portail technique de l'Office Français de la Biodiversité](#) : retours d'expériences liés à l'éconavigation

Socio-économique	Impact local : création d'emplois et de formation au niveau local	Nb d'emplois/ de formations créés (associatif, compensation carbone, agents de terrain...)	Bonus si augmentation	+3
Socio-économique	Ajout d'un système de balisage ²² et de signalétique en mer, en dehors de la zone de mouillage	Nombre de balises ou autre système d'indication	Bonus si augmentation	+2
Socio-économique	Respect du paysage dans la délimitation des zones de mouillage	Mise en place de zones de mouillages limitants l'impact visuel	Bonus si cet indicateur est intégré au projet	+3
Socio-économique	Total de la catégorie sur :			15
Eau	Evacuation et recyclage des déchets présents sur la zone du projet	% des déchets retirés	Bonus si déchets effectivement retirés	+2
Eau	Bioindicateur pour juger de la qualité des eaux marines côtières ²³	Suivi des indicateurs sur la qualité de l'eau	Bonus si cet indicateur est intégré au projet	+3
Eau	Total de la catégorie sur :			5

5 Intégration du risque lié aux incertitudes générales et climatiques,

Conformément au référentiel du Label Bas-Carbone (V.B), le projet devra intégrer le risque lié aux incertitudes générales et climatiques; c'est-à-dire le risque d'émissions de carbone imprévues dû à des sources de perturbation du milieu comme les tempêtes, l'élévation du niveau de la mer ou encore d'autres pressions d'origine anthropique (macrodéchets, rejets en mer, engins de pêche perdus, etc.).

Le risque lié aux incertitudes générales et climatiques ne sera pas intégré dans les modèles de croissance de la biomasse, pour des raisons de complexité pour le porteur de projet. Cependant, le risque lié aux incertitudes générales et climatiques sera prise en compte sous la forme d'un rabais pour l'ensemble des risques identifiés (Tableau 2).

Tableau 2. Liste des risques dans le milieu marin pouvant entraîner un risque lié aux incertitudes générales et climatiques

Principaux risques identifiés
Risques généraux
Pressions d'origine anthropique : macrodéchets, engins de pêche perdus, pollution chimique accidentelle
Espèces invasives
Surpêche avec prolifération d'herbivores
Risques climatiques

²²[Portail technique de l'Office Français de la Biodiversité](#) : retours d'expériences liés à l'éconavigation

²³ Le porteur de projet pourra se référer à <https://www.lesagencesdeleau.fr/ressources/rencontre-avec-des-bioindicateurs>, afin de sélectionner au moins un indicateur sur la qualité de l'eau

Tempêtes
Elévation du niveau de la mer
Vagues de chaleur sous-marine

5.1 Risques généraux, difficilement maitrisables (pollutions, espèces invasives, ...)

La dégradation des herbiers marins est multifactorielle, issue d'autres sources de perturbations qui s'ajoutent aux impacts liés à l'ancrage. Notamment, de nombreuses pressions d'origines anthropiques sont à considérer comme les risques liés aux macrodéchets rejetés par les bateaux, ou liés aux engins de pêche qui sont des sources de dégradation des herbiers importantes²⁴. Celles-ci sont malheureusement difficilement quantifiables, prévisibles ou maitrisables.

$$Rabais_1 = 10\%$$

5.2 Risques climatiques

Les effets de la montée des eaux liée au changement climatique sont multiples et peuvent entraîner des changements de répartition potentiels des écosystèmes et des inondations ou crue des grands fleuves.

Le changement global est également responsable de l'acidification du milieu marin. L'acidification peut provoquer des modifications du fonctionnement des herbiers de posidonie²⁵ mais également des communautés associées²⁶. Les conséquences à long terme de ce phénomène ne sont pas encore déterminées.

Cependant, ces effets sont considérés comme actuellement négligeables²⁷ en termes d'impact sur les herbiers et aucun rabais ne sera envisagé.

De plus, l'élévation du niveau de la mer pourra potentiellement modifier l'emprise spatiale des herbiers, auquel cas le périmètre du projet devra être adapté. En effet

²⁴ Ruitton S., Belloni B., Boudouresque C.F., Cabral M., Cadville B., Guillemain D., Legendre F., Malengros D., Thibault D., 2021. Suivi de l'effet du retrait d'engins de pêche perdus sur trois sites pilotes de Provence. MIO publ., Marseille, 31 pp.

²⁵ Scartazza A., Moscatello S., Gavrichkova O., Buia M.C., Lauteri M., Battistelli A., Lorenti M., Garrard S.L., Calfapietra C., Brugnoli E., 2017. Carbon and nitrogen allocation strategy in *Posidonia oceanica* is altered by seawater acidification. Science of Total Environment, 607-608: 954-964.

²⁶ Cox T.E., Schenone S., Delille J., Diaz-Castaneda V., Alliouane S., Gattuso J.P., Gazeau F., 2015. Effects of ocean acidification on *Posidonia oceanica* epiphytic community and shoot productivity. Journal of Ecology, 103: 1594-1609.

²⁷ Boudouresque C.F., Bernard G., Pergent G., Shili A., Verlaque M., 2009. Regression of Mediterranean seagrasses caused by natural processes and anthropogenic disturbances and stress : a critical review. Botanica marina, 52 : 395-418.

les herbiers profonds sont directement impactés par la diminution de la lumière disponible du fait de l'élévation du niveau de la mer²⁸.

Ainsi, conformément à la partie II.C.6 du référentiel du Label Bas-Carbone, un rabais forfaitaire de 10 % sera systématiquement appliqué pour prendre en compte ces risques généraux et climatiques.

$$Rabais_1 = 10\%$$

6 Principes de la méthodologie de quantification des réductions d'émission

6.1 Périmètre opérationnel de la méthodologie

La surface d'herbier est le périmètre dans la zone du projet qui sera prise en compte pour la détermination des réductions d'émissions dans le cadre de la présente méthode. Elle décrit la zone concernée par les aménagements et la gestion des ancrages qui vont avoir un impact sur le carbone stocké dans les herbiers de posidonie. Cette surface d'herbier doit être strictement délimitée dans l'espace à l'aide de cartes et d'analyse cartographiques des fonds marins existantes avec indication GPS (Google Earth ou outils SIG) ou en mobilisant les données disponibles sur la plateforme Medtrix²⁹, recoupée sur la zone de projet. Pour la Corse, des cartes plus précises (en partie utilisées par Medtrix) sont également disponibles sur le site de l'Université de Corse et libres d'accès³⁰. Devront être communiquées les cartographies sous format PDF, GPX ou KML ainsi que la source, l'échelle et la précision de celles-ci.

Les informations administratives relatives à la zone projet, provenant notamment de politiques publiques, sont également à envoyer par le porteur de projet. Sont requis les documents relevant des arrêtés de protection, du Conservatoire du littoral, des réserves nationales de faune, des réserves biologiques, des réserves naturelles, des sites Natura 2000, des zones humides d'importance internationale et des ZNIEFF.

²⁸ Pergent G., Barralon E., Pergent-Martini C., 2019. Regression of *Posidonia oceanica* lower limit: a consequence of climate change? 6th Mediterranean Symposium on Marine Vegetation (Antalya, Turkey, 14-15 January 2019): 80-85.

²⁹ <https://medtrix.fr/>

³⁰ <https://eqel.universita.corsica/>

6.2 Les émissions de GES considérées dans la méthodologie

Les herbiers peuvent être divisés en plusieurs réservoirs de carbone :

- La biomasse vivante aérienne (faisceaux de feuilles vivantes) ;
- La biomasse vivante souterraine (matte superficielle : rhizomes et racines) ;
- La biomasse morte (matte morte sous-jacente) ;
- Les banquettes de feuilles mortes de posidonie échouées sur le littoral.

Les différents compartiments carbone, intégrés dans la méthodologie et évalués, sont présentés dans le tableau 3 ci-dessous :

Tableau 3. Compartiments à considérer pour le calcul de réductions d'émissions

Éléments à considérer	Description / rôle	GES concernés	Optionnel / obligatoire
Biomasse aérienne (faisceaux de feuilles vivantes)	Fixation carbone	CO ₂	Non pris en compte
Biomasse souterraine vivante (matte superficielle)	Stockage et séquestration carbone (long-terme)	CO ₂	Obligatoire
Biomasse souterraine morte (matte morte sous-jacente)	Stockage et séquestration carbone (long-terme)	CO ₂	Obligatoire
Banquettes de feuilles mortes de posidonies sur les plages	Stockage carbone (court-terme)	CO ₂	Non pris en compte

La biomasse aérienne est constituée de faisceaux de feuilles ainsi que d'épiphytes qui s'y fixent. Le carbone stocké (fixation par la photosynthèse) dans ce compartiment est négligeable comparé au carbone stocké et séquestré dans la matte, et n'est donc pas pris en compte dans cette méthode.

La biomasse souterraine est séparée en deux catégories : la matte superficielle (environ 30 cm) et la matte morte sous-jacente. La matte est une formation constituée de rhizomes, de racines et de débris organiques divers colmatés par le sédiment, qui stocke une quantité très importante de carbone. La matte morte apparente (visible sur le fond) résulte de la disparition des faisceaux de feuilles (canopée), pour des causes naturelles ou anthropiques mais elle peut également être présente sous un herbier vivant. Dans ces zones de matte morte, le processus de fixation et de séquestration du carbone est interrompu, mais les stocks de carbone existants sont considérés comme stables à l'échelle de temps des projets éligibles à cette méthode.

Les banquettes de posidonie sont issues de l'échouage naturel des feuilles mortes de ces herbiers de posidonie sur le littoral. Ce processus permet entre autres une

protection naturelle du trait de côte, un stockage du carbone à court-terme (quelques mois à quelques années), et un soutien à la biodiversité (réseau trophique spécifique)³¹, écosystème des lasses de mer. Ces banquettes étant protégées, la réglementation interdit leur déplacement sauf en cas de dérogation spécifique³². Malgré ces bienfaits et cette protection réglementaire, elles sont souvent considérées comme une source de nuisance par les usagers et collectivités qui décident parfois de les retirer³³. Dans cette méthodologie, il a été décidé de ne pas comptabiliser le carbone allochtone séquestré dans ces zones, dû à la temporalité différente du carbone présent par rapport aux autres compartiments. En effet, la dégradation des feuilles mortes est variable. Cependant, les co-bénéfices associés à des activités sur ces banquettes sont considérés dans la méthode (cf. Partie 4).

6.3 Principes de calcul des réductions d'émission

6.3.1 Quantification des réductions d'émissions

Conformément au Label Bas-Carbone, le projet bas-carbone va délivrer des réductions d'émissions (RE). Les projets de préservation d'herbier de posidonie pourront uniquement générer des réductions d'émissions effectuées, vérifiées *a posteriori*. Ainsi, les réductions d'émissions reconnues par le Label et inscrites dans le registre sont des réductions d'émissions qui ont d'ores et déjà eu lieu au cours des années précédant cette reconnaissance. Le porteur de projet sera libre de choisir le pas de temps le plus adapté pour faire vérifier les réductions d'émission. Cette période ne peut pas excéder 5 ans. Les réductions d'émissions anticipées, prévues dans le référentiel du Label Bas-Carbone, ne sont pas incluses dans le cadre de cette méthode.

Afin d'inciter les porteurs de projet à renouveler leurs actions de préservation des herbiers de posidonies conformes à la labélisation bas carbone sur 30 ans, un rabais dû aux incertitudes liées à la non-prolongation du projet sur 30 ans, sera appliqué uniquement sur les 2 premières périodes de 10 ans. Lors de l'audit des 10 puis 20 ans, un engagement du porteur de projet à renouveler des actions conformes à la labélisation bas carbone, lui permettra de bénéficier de la reconnaissance les réductions émissions liées à ce rabais, ainsi commuées en bonus. Ce rabais est comptabilisé à hauteur de -5%.

³¹ BOUDOURESQUE C.F., PERGENT G., PERGENT-MARTINI C., RUITTON S., THIBAUT T., VERLAQUE M., 2016a. The necromass of the *Posidonia oceanica* seagrass meadow : fate, role, ecosystem services and vulnerability. *Hydrobiologia*, 781 : 25-42.

³² Arrêté du 28 octobre 2021 fixant les conditions et limites dans lesquelles des dérogations aux interdictions de destruction peuvent être accordées par les préfets concernant la posidonie (*Posidonia oceanica*)

³³ BOUDOURESQUE C.F., PONEL P., ASTRUCH A., BARCELO A., BLANFUNE A., GEOFFROY D., THIBAUT T., 2017a. The high heritage value of the Mediterranean sandy beaches, with a particular focus on the *Posidonia oceanica* 'banquettes': a review. *Sci. Rep. Port-Cros Natl. Park*, 31 : 23-70.

Les réductions d'émissions considérées correspondent à la différence entre le scénario de référence (dans lequel les herbiers continuent à être dégradés par l'ancrage) et un scénario de projet (dans lequel les herbiers sont préservés par les aménagements nécessaires, et leur bonne gestion dans le temps). Les réductions d'émissions seront donc calculées avec la formule suivante :

$$REE_{i-j} = (1 - Rabais_1 - Rabais_2 - Rabais_3) * \Delta CO2_{i-j}$$

Où :

REE_{i-j}	Réductions d'émissions effectuées entre l'année i et l'année j, en tCO _{2e} ³⁴
$Rabais_1$	Rabais lié aux incertitudes générales et climatiques affectant le carbone stocké
$Rabais_2$	Rabais dû aux incertitudes liées à la valeur par défaut du Tier 1 utilisé pour évaluer le stock de carbone dans la matte.
$Rabais_3$	Rabais dû aux incertitudes liées à la non-prolongation du projet sur 30 ans, applicable uniquement sur les 2 premières périodes de 10 ans.
$\Delta CO2_{i-j}$	Différence de stock de carbone dans la matte entre l'année i et l'année j, en tCO _{2e}

Avec pour formule de calcul de la différence de stock de carbone dans la matte entre l'année i et l'année j de projet de :

$$\Delta CO2_{i-j} = (CO2_{projet}(j) - CO2_{référence}(j)) - (CO2_{projet}(i) - CO2_{référence}(i))$$

Où :

$CO2_{projet}(n)$	Stock carbone dans la matte dans le scénario de projet à l'année n, en tCO _{2e}
$CO2_{référence}(n)$	Stock de carbone dans la matte dans le scénario de référence à l'année n, en tCO _{2e}
j	Fin de la période de suivi
i	Début de la période (année 0 ou date de la dernière vérification)

Calcul du stock carbone dans le scénario de référence :

Le scénario de référence est la continuation des pratiques observées sur la zone de projet avant sa mise en place, c'est-à-dire la perpétuation de la dégradation des herbiers marins par l'ancrage. Dans ce scénario, le carbone stocké dans la matte sera relargué dans les masses d'eaux marines et/ou l'atmosphère par détachement et reminéralisation de la matière organique immobilisée dans les

³⁴ tCO_{2e} : tonnes CO₂ équivalent

fonds marins et ce sous l'effet d'ancrages répétés sur une même zone. Pour cela trois paramètres sont à évaluer par le porteur de projet :

- La surface d'herbier dans la zone de projet ;
- La quantité de carbone stocké dans la matre ;
- Le taux de dégradation, qui combine régression³⁵ des herbiers dans la zone du projet et décomposition³⁶ de la matre.

On retrouve ces paramètres dans l'équation suivante :

$$CO2_{référence}(n + 1) = CO2_{référence}(n) * (1 - T_{régression\ réf} * T_{décomposition})$$

Où :

$T_{régression\ réf}$	Taux annuel de régression des herbiers dans la zone de projet en %
$T_{décomposition}$	Taux de décomposition de l'herbier en %

Avec au début du projet (t=0) :

$$CO2_{référence}(0) = A_{herbier} * C_{matre} * \frac{44}{12}$$

Où :

$A_{herbier}$	Surface d'herbier dans la zone de projet au début du projet, en hectares (ha)
C_{matre}	Stock de carbone dans la matre de la zone de projet en tC/ha

Pour déterminer le **stock de carbone dans la matre**, une logique de tier, c'est-à-dire par palier, est disponible pour les porteurs de projets. Le porteur peut soit utiliser des données simples mais conservatrices par défaut (tier 1, tier 2) ou mener des analyses plus poussées qui lui demanderont plus d'efforts mais pourront fournir de meilleurs résultats (tier 3). Les données à utiliser pour cette méthode sont les suivantes :

- *Tier 1* : Utilisation d'une valeur par défaut : 327 tC/ha (Monnier et al., 2022), en considérant une épaisseur de matre de 1 m (Mateo et al., 2019). Bien que la densité de carbone (g C/cm³) soit plus faible dans les 5 premiers centimètres de matre morte que dans la matre vivante (Pineiro-Juncal et al., 2021), les valeurs observées entre ces deux types de matts suivent la même tendance au sein du premier mètre de sédiment. Ainsi, les mêmes valeurs seront prises en considération pour ces deux catégories. Compte-tenu des incertitudes liées à ces valeurs par défaut, un rabais s'applique

³⁵ La régression correspond à la diminution de la surface de l'herbier due à l'abrasion des chaînes d'ancrage (indicateur de surface)

³⁶ La décomposition correspond à la matre qui se décompose sous l'action répétée des ancres (indicateur de profondeur)

si le porteur de projet choisit d'utiliser le Tier 1 pour évaluer le stock de carbone dans la matre :

$$Rabais_2 = 10\%$$

- *Tier 2* : Utilisation d'une valeur par défaut d'une épaisseur de matre de 1 m susceptible d'être dégradée par ancrage, couplée à l'utilisation de valeurs locales d'estimation de la densité de C dans la matre pour déterminer le stock de carbone en tC/ha (Romero *et al.*, 1994 ; Mateo *et al.*, 1997 ; Mateo *et al.*, 2010 ; Serrano, 2011 ; Serrano *et al.*, 2011 ; Serrano *et al.*, 2012 ; Monnier, 2020). La densité de la matre pourra être issue de données *in situ* utilisant un protocole standard parmi Howard *et al.*, 2014 ou UICN, 2021 (voir l'Annexe 1).

- *Tier 3* : Utilisation de données de stock de carbone pour chaque catégorie (matre vivante et matre morte) issues d'une étude locale revue par des pairs ou données *in situ* utilisant un protocole standard parmi Howard *et al.*, 2014 ou UICN, 2021 (voir l'Annexe 1). Si des données de stock de carbone ne peuvent pas être obtenues dans la matre morte à l'échelle locale, les valeurs obtenues dans la matre vivante seront appliquées. L'épaisseur de la matre pourra être mesurée selon le protocole établi par Monnier *et al.* (2021).

La régression de l'herbier correspond à la surface de l'herbier qui diminue en raison de l'abrasion des chaînes d'ancrage. Pour déterminer le **taux de régression**, $T_{régression\ réf}$, une logique de tier est également proposée au porteur de projet, étant donné les disparités dans les valeurs de régressions observées (Boudouresque *et al.*, 2009). Aucun rabais n'est associé à ce paramètre. Les données à utiliser pour cette méthode sont les suivantes :

- *Tier 1* : Utilisation d'un taux de régression par défaut de 0,29%. Valeur issue de la publication de Telesca *et al.* (2015) qui propose une synthèse à l'échelle de la Méditerranée et qui affecte 9% de régression pour la France entre 1980 et 2011, soit un taux de régression annuel moyen de 0,29%³⁷.

- *Tier 2* : Utilisation des données issues de la surface d'ancrage sur les herbiers et de la surface d'abrasion occasionnée par les mouillages.

$$T_{régression\ réf} = \frac{(x * 0,016)}{A_{herbier}} * 100$$

³⁷ Ce taux de 0,29%, conservateur, permet d'inciter les porteurs de projet à recourir préférentiellement à l'approche Tier 2 (cf. article 7.4)

Où :

- $A_{herbier}$ Surface d'herbier dans la zone de projet au début du projet, en hectares (ha)
- x Nombre de bateaux qui ancrent dans la zone de projet par an

La surface d'abrasion dépend à la fois de la profondeur d'ancrage et de la taille du bateau. Dans cette méthodologie, la valeur moyenne de 160 m² (0,016 ha) sera considérée pour l'estimation de la surface d'abrasion de la chaîne utilisée par les navires de plaisance ancrés (cf. Tableau 4). Ce résultat est issu de calculs de la courbe caténaire et en considérant un cercle d'oscillation de 45°, pour sept gammes de profondeur (Griffiths *et al.*, 2017).

Tableau 4. Surface d'abrasion(m²) estimée de la chaîne utilisée par les navires de plaisance ancrés, données issues de l'étude de Griffiths *et al.* (2017)

Profondeur	0-5m	5.1-10m	10.1-15m	15.1m-20m	20.1-25m	25.1m-30m	30.1-40m	Moyenne
Surface d'abrasion pour les navires de plaisance ³⁸ (m ²)	60	98	132	162	191	213	261	160

- *Tier 3* : Utilisation de données issues d'une étude locale revue par des pairs ou de méthodes standardisées pour l'évaluation de la régression des herbiers due aux ancrages, prenant en compte le type de bateau, le type d'ancre, le type de chaîne et leurs localisations sur les herbiers.

Le **taux de décomposition** des herbiers marins représente le carbone de la matre qui est décomposé en raison de l'action répétée des ancrages. Pour calculer ce taux, deux tiers sont proposés. Aucun rabais n'est associé à ce paramètre.

- *Tier 1* : Utilisation des résultats du modèle linéaire développé dans le cadre du projet LIFE Blue Natura³⁹ (Mateo *et al.*, 2019b) estimant la perte de carbone dans le premier mètre de matre suite à la dégradation mécanique due à l'action répétée des chaînes de dragage. Une érosion mécanique supplémentaire existe également.

³⁸ Il s'agit des points de données AIS pour des navires <65m qui n'ont pas été marqués comme des navires commerciaux ou de pêche. Pour cette classe de navires, la zone d'abrasion, pour les niveaux d'abrasion les plus conservateurs et les plus défavorables, a été estimée sur la base des valeurs moyennes pour les navires <15m, 15-50m et 50-100m.

³⁹ Mateo, M.A. *et al.* (2019). *Carbon stocks and fluxes associated to Andalusian seagrass meadows*. Deliverable c1: results report Group of Aquatic Macrophyte Ecology Centre for Advanced Studies of Blanes Spanish Council for Scientific Research (December).

$$T_{décomposition} = \frac{(100 - (-1,42 (n) + 103,5))}{100}$$

Avec n le nombre d'années du projet.

Pour une durée de projet de 10 ans, on considérera une valeur de 10,70 %⁴⁰ pour $T_{décomposition}$.

- *Tier 2* : Utilisation de données issues d'une étude locale revue par des pairs ou de méthodes standardisées pour l'évaluation de la décomposition du stock de carbone présent dans les herbiers due aux ancrages.

Calcul estimatif du stock carbone dans le scénario de projet :

Le calcul du stock de carbone dans le scénario de projet est similaire au scénario de référence, en considérant aucune dégradation. Cette absence de dégradation pourrait être montrée à chaque période de suivi.

On retrouve ces paramètres dans l'équation suivante :

$$CO2_{projet}(n) = A_{herbier} * C_{matte} * \frac{44}{12}$$

Où :

$A_{herbier}$	Surface d'herbier dans la zone de projet au début du projet, en hectares (ha)
C_{matte}	Stock de carbone dans la matre de la zone de projet en tC/ha

Les valeurs de $A_{herbier}$ et de C_{matte} sont les mêmes valeurs que celle utilisées pour le scénario de référence.

Calcul vérifié du stock carbone dans le scénario projet :

Le scénario de projet est le scénario dans lequel les actions de protection sont mises en place dans le cadre du projet. Afin de garantir un suivi du stock de carbone et de l'état de l'herbier pendant la durée du projet, il est nécessaire pour les calculs des RE de suivre et vérifier certains paramètres.

On retrouve ces paramètres dans les deux équations suivantes :

$$CO2_{projet}(n) = A_{herbier} * C_{matte} * \frac{44}{12}$$

⁴⁰ Ce taux de 10,7%, conservateur, permet d'inciter les porteurs de projet à recourir préférentiellement à l'approche Tier 2 (cf. article 7.4)

Où :

$A_{herbier}$	Surface d'herbier dans la zone de projet au début du projet, en hectares (ha)
C_{matte}	Stock de carbone dans la matte de la zone de projet en tC/ha

Les valeurs de $A_{herbier}$ et de C_{matte} sont les mêmes valeurs que celle utilisées pour le scénario de référence.

Et

$$CO2_{projet}(n + 1) = CO2_{projet}(n) * (1 - T_{régression\ projet} * T_{décomposition})$$

Concernant le taux de régression, il est proposé dans cette méthode un suivi avec une approche par niveaux identiques à la partie 6.3.1. Ce taux ainsi évalué est appelé « $T_{régression\ projet}$ », par opposition au « $T_{régression\ réf}$ » qui est celui du scénario de référence. A noter que le choix du Tier pour le scénario projet doit être le même que pour le scénario de référence. Le Tier 1 du calcul du taux de régression est une valeur par défaut égale à zéro.

- Pour le Tier 2 du taux de régression : Le suivi de la surface de l'herbier ($A_{herbier}$) et du nombre de bateaux qui ancrent dans la zone projet sera réalisé via l'utilisation des données issues des plateformes de mise en ligne de données scientifiques et reconnues⁴¹. Il faudra justifier de la robustesse de la source mobilisée (en expliquant la méthodologie considérée, le niveau d'incertitude, etc.) ;
- Pour le Tier 3 : le suivi de la régression des herbiers doit se faire au travers des données issues d'une étude locale revue par des pairs ou de l'utilisation de méthodes standardisées. Ces méthodes doivent utiliser les capteurs et données terrains présentés en Annexe 2. Les outils de mesure suivants seront à considérer :
 - Capteurs optiques pour les données de surface (par exemple : un drone) associés à des capteurs acoustiques pour les données plus profondes (par exemple : Side-Scan Sonar (SSS)) ;
 - Systèmes permanents positionnés sur le fond (par exemple : balises, carrés permanents, photos géolocalisées, caméras).

Pour le Tier 3, quelle que soit l'option mobilisée, des données de terrain devront être collectées pour valider les données capteurs (ex : en plongées sous-marine).

⁴¹ Plateforme Medtrix pour la Méditerranée en général ; pour la Corse des cartes plus précises sont disponibles sur le site de l'Université de Corse et libres d'accès (<https://eqel.universita.corsica/>)

Le taux de décomposition est le même dans le scénario de référence et dans le scénario de projet.

6.4 La mise à jour du scénario de référence

Comme vu précédemment, le scénario de référence est à mettre à jour tous les 10 ans, lors de la demande de renouvellement du projet. Pour se faire, chaque élément pris en compte dans les calculs des réductions d'émission est à revoir selon les critères suivants.

Le stock de carbone : ce paramètre est considéré constant dans le temps car il s'agit d'une valeur intrinsèque à l'herbier en question. Ce paramètre n'est mesuré qu'une seule fois au début du projet et est valable pour la mise à jour du scénario de référence tous les 10 ans. La valeur peut éventuellement évoluer si les protocoles de mesure du carbone deviennent plus précis à l'avenir. Dans ce cas, si le porteur de projet le souhaite, il pourra ré-évaluer le stock de carbone sur le périmètre de son projet.

Le taux de régression : la mise à jour du scénario de référence pour le taux de régression dépendra du Tier sélectionné pour les calculs.

- *Tier 1* : au bout de 10 ans, si la littérature a évolué et décrit un taux différent de celui présenté par Telesca et al., 2015, il faudra mettre à jour le taux de régression avec la nouvelle valeur présentée dans cette littérature. Cette nouvelle valeur du taux sera idéalement indiquée dans une version actualisée de la méthode. Si la littérature n'a pas évolué, le taux de régression de $-0,29\%$ par an sera repris.
- *Tiers 2* : par définition, le nombre de bateau impactant l'herbier ne sera pas le même au moment de la révision du scénario de référence que dans le scénario de référence initial au début du projet. Il est cependant anticipé que l'arrêt du projet entrainerait de nouveau une fréquentation de la zone de projet par des navires de plaisance qui impacteraient à nouveau l'herbier. Aux vues de l'augmentation de la fréquentation observée, l'approche conservatrice requise pour ce paramètre est de reprendre les mêmes données que celles mobilisées pour le premier calcul du scénario de référence au début du projet, dans le cas où la réglementation n'aurait pas évolué en 10 ans. Si la réglementation évolue, alors le porteur de projet devra se rabattre sur le Tier 1 ou sur le Tier 3.
- *Tier 3* : l'étude de la littérature locale sera à mettre à jour au bout de 10 ans, si de nouvelles publications scientifiques sur ce paramètre sont publiées.

Le taux de décomposition : de la même manière que précédemment, la mise à jour dépendra du Tier sélectionné.

- *Tier 1* : Il est ici aussi anticipé que la méthodologie évolue pour prendre en compte l'amélioration des connaissances et la publication d'articles scientifiques. Pour ce paramètre, le porteur de projet devra se référer à la version actualisée de la méthode. En effet, il se peut que l'équation développée par Mateo et al., 2019b ait changé.
- *Tier 2* : l'étude de la littérature locale sera à mettre à jour au bout de 10 ans, si de nouvelles publications scientifiques sur ce paramètre sont publiées.

7 Suivi et vérification des impacts du projet

7.1 Le suivi

Les réductions d'émissions considérées correspondent à la différence entre le scénario de référence (dans lequel les herbiers continuent à être dégradés par l'ancrage) et un scénario de projet (dans lequel les herbiers sont préservés par les aménagements nécessaires). Le suivi doit être assuré par le porteur de projet ou le mandataire. Plus de détails sur le suivi en partie 6.3.

Les vérifications faites par un tiers-vérificateur (partie 7.2) sont réalisées au minimum tous les cinq ans. Il est donc recommandé que la période de suivi du stock de carbone et de l'état de l'herbier soit alignée sur cette fréquence. En effet, il sera nécessaire de présenter l'ensemble des documents relatifs du suivi lors de l'audit ainsi que la justification du choix de la méthode.

7.2 Les modalités de vérifications des RE

7.2.1 Vérifications documentaires par un Auditeur

Selon le Référentiel, les Auditeurs sont chargés d'effectuer les vérifications, afin de s'assurer de la véracité des réductions d'émissions, au regard des exigences du Référentiel du Label Bas-Carbone, de la méthode et du document de projet. L'Auditeur vérifie également la véracité des indicateurs inscrits dans le Rapport de Suivi.

La vérification a pour but de justifier que les actions promises ont bien été mises en place et que le niveau de suivi a bien été respecté. Ainsi, par défaut, les vérifications documentaires seront systématiques et doivent inclure :

- L'examen des factures ou de tout élément justifiant de la réalité des travaux engagés et de l'effectivité des réductions d'émissions ;
- La localisation exacte du Projet est précisée pour permettre une vérification par géolocalisation ;
- Tout autre document justifiant les moyens mis en œuvre pour la mise en place du projet ;
- Le détail des méthodes et des protocoles de suivi engagées.

Concernant le dernier point, une vérification par un auditeur indépendant sera conduite et dépendra du niveau de suivi effectué par le porteur de projet.

Le stock de carbone : concernant ce paramètre, la vérification se fera à distance quel que soit le Tier sélectionné par le porteur de projet.

- Concernant le Tier 1, celui-ci ne fera pas l'objet d'une vérification particulière car elle se base sur une valeur par défaut soumise à un rabais de 10%. Seul le calcul réalisé sera vérifié.
- Pour le Tier 2, la vérification se fera sur la base de l'étude réalisée par le porteur de projet pour estimer la densité de la matte. Tous les documents relatifs à cette étude et au protocole suivi (cartographie, résultats d'échantillonnage, etc.) devront être soumis au vérificateur.
- Si le Tier 3 a été considéré par le porteur de projet, tous les documents relatifs aux méthodes utilisées devront être envoyés au vérificateur, de la même manière que pour le Tier 2.

Le taux de régression :

- De la même manière que précédemment, le choix du Tier 1 étant une valeur par défaut dont la valeur est conservatrice, celui-ci ne fera pas l'objet d'une vérification particulière. Seul le calcul réalisé sera vérifié.
- A propos du Tier 2 et 3, le porteur de projet devra fournir au vérificateur l'ensemble des documents et études relatifs aux méthodes et protocoles utilisés.

Le taux de décomposition :

- Le Tier 1 étant également une valeur par défaut conservatrice, la vérification se concentrera sur le calcul réalisé.
- Si le Tier 2 du taux de décomposition est sélectionné, le porteur de projet devra fournir au vérificateur l'ensemble des documents et études relatifs aux méthodes et protocoles utilisés.

Tous ces éléments seront vérifiés à minima tous les cinq ans, sauf le stock de carbone car considéré constant dans le scénario projet.

7.2.2 Vérifications à distance et de terrain

Afin de compléter la vérification à distance, l'auditeur effectuera une visite de terrain afin de s'assurer de la bonne mise en place des actions qui permettent de limiter l'ancrage des bateaux. Les éléments vérifiés devront être conformes avec les actions sélectionnées (voir Partie 2), à savoir :

- la mise en place de zones d'interdiction de mouillages,
- la mise en place de Zones de Mouillages et Equipements Légers (ZMEL), comprenant les études techniques préparatoires nécessaires à cette mise en place.
- la gestion relative et le contrôle des zones balisées et des équipements,
- le maintien, l'entretien et le renouvellement des équipements mis en place,

- la gestion de systèmes de paiement des usages des ZMEL.

Cette visite terrain s'effectuera quel que soit le Tier utilisé par le porteur de projet.

Tableau 5. Récapitulatif des vérifications documentaires effectuées à distance par l'auditeur en fonction du suivi réalisé.

Paramètres à suivre	Tier	Éléments à prendre en compte	Méthodologies	Protocoles à suivre	Vérifications documentaires
Stock de carbone	Tier 1	Valeur par défaut	Rabais -10%		Documentaires classiques
	Tier 2	Estimation de la densité	Echantillonnage pour connaître soil dry bulk density et la concentration en Corg	Selon les protocoles Howard et al., 2014 ou UICN, 2021	<ul style="list-style-type: none"> - Informations sur les outils utilisés (type, ID, capteur utilisé, jeu de données utilisé, paramètres, proxies) - Données terrain (Date de la mesure, lieu (latitude et longitude), description de l'endroit où la mesure a été prise. - Analyses laboratoires (Date, type d'outil utilisé, ID et description de l'échantillon, contrôles utilisés, protocole utilisé, etc.)
	Tier 3	Estimation du stock de carbone	Idem + épaisseur	Selon les protocoles Howard et al., 2014 ou UICN, 2021	Etude locale revue par des pairs ou données in situ avec les mêmes informations que précédemment + épaisseur
Régression	Tier 1	Valeur par défaut	/		Documentaires classiques
	Tier 2	Surface des herbiers et nombre de bateaux	Utilisation d'une base de données (ex : Medtrix)	Bases de données reconnues	<ul style="list-style-type: none"> - Base de données utilisée : quelle application, lien du site ou accès aux données, justification de la pertinence
	Tier 3	Évaluation de la régression des herbiers	Étude locale ou autre cartographie (ex : télédétection)	Cf les méthodes utilisées dans la littérature et identifiées	Étude locale et justification de la pertinence, description des méthodes et outil utilisés

		due aux ancrages		précédemment	Autre : Informations sur les outils utilisés, Données terrain et analyses laboratoires
Décomposition	Tier 1	Valeur par défaut	/		Documentaires classiques
	Tier 2	Evaluation de la dégradation	Étude locale ou évaluation spécifique (ex : télédétection)	Cf les méthodes utilisées dans la littérature et identifiées précédemment	- Étude locale et justification de la pertinence, description des méthodes et outil utilisés - Autre : Informations sur les outils utilisés, Données terrain et analyses laboratoires

7.2.3 Conditions pour le porteur de projet

Coûts des vérifications

Les vérifications sont menées par un Auditeur respectant les exigences détaillées dans partie IV.A.2 du référentiel. L'auditeur peut être un organisme certificateur reconnu par la certification ICA environnement de l'AFNOR⁴² ou CQI IRCA. N'importe quel autre organisme ou professionnel peut être Auditeur, à condition d'être compétent et indépendant du Porteur de projet, s'il remplit les critères suivants.

Liste de critères de sélection des auditeurs :

- Indépendance : l'auditeur doit être indépendant du porteur de projet et du mandataire et en cela ce choix devra respecter les exigences de l'article 42 du règlement no 600/2012 de la Commission européenne ou de la norme de la norme ISO 17020 ;
- Expertise technique : il faut également démontrer, en justifiant de certificats, de diplômes, ou d'expériences reconnues, quelles sont les compétences techniques et scientifiques des auditeurs relatifs à l'étude du milieu marin ;
- Expertise réglementaire : bonne connaissance du contexte réglementaire et du Label Bas Carbone ;

Il est important de noter que le coût de la vérification est à la charge du porteur de projet.

⁴² <https://certification.afnor.org/certificationsdepersonnes/environnement/auditeur-ica-environnement>

Fréquence des vérifications

Le porteur de projet devra, lors de chaque vérification, au minimum tous les 5 ans et à ses frais, démontrer à un organisme tiers-vérificateur que le projet a bien été mis en œuvre par le biais de preuves documentaires et dans le cadre d'une visite de site.

Le porteur de projet peut demander qu'une autre temporalité plus courte soit instaurée (par exemple deux ans après la validation du projet).

7.2.4 Le déroulement de l'audit

L'organisme tiers-vérificateur doit être externe au projet et démontrer son indépendance financière comparativement au résultat de la validation et/ou de la vérification ainsi que la pertinence de ses compétences vis-à-vis du secteur d'activité du projet.

Les éléments à vérifier lors des audits :

- Vérification puis validation pour déclaration des unités de réductions ;
- critères d'éligibilité ;
- renseignements sur le périmètre et le scénario de référence ;
- description de la gestion du scénario projet ;
- démonstration de l'additionnalité ;
- intégration d'indicateurs d'amélioration des co-bénéfices ;
- application du taux de rabais pour le risque lié aux incertitudes générales et climatiques, conformément à la méthode ;
- calculs des RE selon les formules pour les scénarios de référence et de projet ;
- vérifications sur les méthodes de suivi.

Cependant, l'auditeur peut demander que des procédures de suivis complémentaires ou des sources complémentaires soient apportées en cas de doutes avérés et démontrés par l'auditeur sur un point particulier.

Enfin, l'auditeur adresse le Rapport de Vérification au porteur de projet, rapport qui sera à joindre à la demande de reconnaissance de réductions d'émissions.

7.3 Processus de vérification et de reconnaissance des réductions d'émissions

Conformément au Label Bas-Carbone, le projet bas-carbone va délivrer des réductions d'émissions (RE). Comme vu précédemment, les projets de préservation d'herbier de posidonie pourront uniquement générer des réductions d'émissions effectuées, donc vérifiées *a posteriori*. Cette reconnaissance des réductions d'émissions sera effectuée en cours du projet tous les cinq ans au maximum, ce qui implique que les RE seront déduites du potentiel général. Le

porteur de projet pourra également faire la demande d'une fréquence plus élevée (par exemple : tous les deux ans) et devra fournir :

- un Rapport de Suivi (utilisant le formulaire prévu à cet effet par la Méthode), qui indique la quantité de réductions générées et donne les indicateurs définis pour le Projet ;
- un Rapport de Vérification réalisé par un Auditeur ;
- des éléments utiles pour justifier que l'Auditeur choisi est indépendant, impartial et compétent ;
- des noms des bénéficiaires des réductions, s'ils sont déjà connus au moment de la vérification.

La reconnaissance des réductions d'émissions est faite par l'Autorité si la demande est complète et satisfaisante. Cela se concrétise par l'inscription des réductions dans le Fichier de suivi des réductions en indiquant les noms des bénéficiaires des réductions.

7.4 Récapitulatif sur la fiabilité des données et le principe de rabais

Une logique conservatrice est utilisée dans la formulation des méthodes proposées dans les différents tiers qui servent à déterminer les valeurs carbone des différents scénarios. **Le Tier 1, qui permet d'approximer ces valeurs en mobilisant la littérature existante, doit en principe toujours donner des résultats plus faibles que l'utilisation des méthodes proposées dans les autres Tiers**, qui elles encouragent l'utilisation de méthodes et de données plus robustes, mais également plus coûteuses à mettre en œuvre.

Etant donnée cette logique conservatrice, aucun rabais n'est proposé dans le cadre de la détermination des valeurs carbone des stocks dans le scénario de projet pour les Tiers 2 et 3. Les rabais associés aux risques liés aux incertitudes générales et climatiques s'appliquent ensuite pour le calcul des réductions d'émissions.

Tableau 6. Synthèse des rabais applicables dans le cadre de cette méthode

Type de rabais	Description : Applicabilité & Valeur
Risque lié aux incertitudes générales et climatiques <i>Rabais₁</i>	Rabais dû au risque lié aux incertitudes générales et climatiques décrit en Partie 5. Rabais comptabilisé systématiquement à hauteur de -10%

<p>Stock de carbone</p> <p><i>Rabais₂</i></p>	<p>Rabais dû aux incertitudes liées à la valeur par défaut du Tier 1 utilisé pour évaluer le stock de carbone dans la matte.</p> <p>Rabais comptabilisé systématiquement si choix du Tier 1 par le porteur de projet, à hauteur de -10%</p>
<p>Risque de non-prolongation du projet sur 30 ans.</p> <p><i>Rabais₃</i></p>	<p>Rabais dû aux incertitudes liées à la non-prolongation du projet sur 30 ans, applicable uniquement sur les 2 premières périodes de 10 ans.</p> <p>Rabais comptabilisé systématiquement à hauteur de -5%</p>

8 Bibliographie

Abadie, A., Lejeune, P., Pergent, G., Gobert, S., 2016. From mechanical to chemical impact of anchoring in seagrasses: the premises of anthropogenic patch generation in *Posidonia oceanica* meadows. *Marine pollution bulletin*, 109(1), 61-71.

Boudouresque C.F., Bernard G., Pergent G., Shili A., Verlaque M., 2009. Regression of Mediterranean seagrasses caused by natural processes and anthropogenic disturbances and stress : a critical review. *Botanica Marina*, 52 : 395-418

Boudouresque C.F., Blanfuné A., Pergent G., Thibaut, T., 2021. Restoration of seagrass meadows in the Mediterranean Sea: a critical review of effectiveness and ethical issues. *Water*, 13 (1034) : 1-35.

Boudouresque C.F., Blanfuné A., Changeux T., Pergent G., Perret-Boudouresque M., Ruitton S., Thibaut T., Marine biodiversity in the era of global warming. *La Mer* (in press).

Boudouresque C.F., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Thibaut T., Verlaque M., 2016a. The necromass of the *Posidonia oceanica* seagrass meadow : fate, role, ecosystem services and vulnerability. *Hydrobiologia*, 781 : 25-42.

Boudouresque C.F., Ponel P., Astruch A., Barcelo A., Blanfuné A., Geoffroy D., Thibaut T., 2017a. The high heritage value of the Mediterranean sandy beaches, with a particular focus on the *Posidonia oceanica* 'banquettes': a review. *Sci. Rep. Port-Cros Natl. Park*, 31 : 23-70.

Clabaut P., Augris C., Morvan L., Pasqualini V., Pergent G., Pergent-Martini C., 2006. Les fonds marins de Corse. Cartographie bio-morpho-sédimentaire par sonar à balayage latéral - Atlas de sonogrammes. Rapport Ifremer & Univ. Corse, N°GM 06-01 : 78 p

Cox T.E., Gazeau F., Alliouane S., Hendriks I.E., Mahacek P., Le Fur A., Gattuso J.P., 2016. Effects of in situ CO₂ enrichment on structural characteristics, photosynthesis, and growth of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Biogeosciences*, 13 : 2179-2194.

Cox T.E., Schenone S., Delille J., Diaz-Castaneda V., Alliouane S., Gattuso J.P., Gazeau F., 2015. Effects of ocean acidification on *Posidonia oceanica* epiphytic community and shoot productivity. *Journal of Ecology*, 103: 1594-1609.

Deter, J.; Guibert, A.; Freschet, E.; Boissery, P.; Holon, F., 2013. Assessment on 90 years of coastal development in France and consequences for *Posidonia oceanica* beds. *Rapp. Comm. Int. Mer Mediterr.* 40, 520

Diaz R.J., Solan M, Valente R.M., 2004. A review of approaches for classifying benthic habitats and evaluating habitat quality. *Journal of Environmental Management*, 73: 165–181.

Dunic J.C., Brown C.J., Connolly R.M., Turschwell M.P., Côté I. M., 2021. Long-term declines and recovery of meadow area across the world's seagrass bioregions. *Global Change Biology*. 27: 4096–4109

Frederiksen M., Krause-Jensen D., Holmer M., Laursen J.S., 2004. Longterm changes in area distribution of eelgrass (*Zostera marina*) in Danish coastal waters. *Aquatic Botany*, 78: 167-181

Gobert G., Lefebvre L., Boissery P., Richir J., 2019. A non-destructive method to assess the status of *Posidonia oceanica* meadows. *Ecol Indic* 119:106838. doi:10.1016/j.ecolind.2020.106838

Griffiths C.A., Langmead O.A., Readman J.A.J., Tillin H.M., 2017. Anchoring and mooring impacts in English and Welsh Marine Protected Areas: Reviewing sensitivity, activity, risk and management; Defra Impacts Evidence Group, UK.

Holon F., Boissery P., Guilbert A., Freschet E., Deter J., 2015. The impact of 85 years of coastal development on shallow seagrass beds (*Posidonia oceanica* L.(Delile)) in South Eastern France: a slow but steady loss without recovery. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 165: 204-212.

Howard J., Hoyt S., Isensee K., Telszewski M., Pidgeon E. (eds.), 2014. Coastal Blue Carbon: Methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrasses. Conservation International, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, International Union for Conservation of Nature. Arlington, Virginia, USA.

IUCN, 2021. Manual for the creation of Blue Carbon projects in Europe and the Mediterranean. Otero, M. (Ed)., 144 pages.

Kenny A.J., Cato I., Desprez M., Fader G., Schuttenhelm R.T.E., Side J., 2003. An overview of seabed-mapping technologies in the context of marine habitat classification. *Ices Journal of Marine Science*, 60(2): 411-418.

Komatsu T., Igarashi C., Tatsukawa K., Sultana S., Matsuoka Y., Harada S., 2003. Use of multi-beam sonar to map seagrass beds in Otsuchi Bay on the Sanriku Coast of Japan. *Aquatic Living Resources*, 16(3): 223-230.

Koutalianou M., Buia M.C., Katsaros C., 2022. In situ experiments on the effects of low pH on the ultrastructure of the seagrasses *Cymodocea nodosa* and *Posidonia oceanica*. *Mediterranean Marine Science*, 23 (1) : 30-45.

Lopez y Royo C., Pergent G., Alcoverro T., Buia M.C., Casazzad G., Martinez-Cregoe B., Pérez M., Silvestre F., Romero J., 2011. The seagrass *Posidonia oceanica* as indicator of coastal water quality : Experimental intercalibration of classification systems. *Ecological Indicators*. 11 : 557-563.

Marbà, N., Díaz-Almela, E., Duarte C.M., 2014. Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) loss between 1842 and 2009. *Biological Conservation*, 176: 183-190.

Mateo M.A., Romero J, Pérez M, Littler M.M., Littler D.S., 1997. Dynamics of millenary organic deposits resulting from the growth of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Estuar Coast Shelf Sci.* 44: 103–110. doi:10.1006/ecss.1996.0116

Mateo M.A., Renom P., Michener R.H., 2010. Long-term stability in the production of a NW Mediterranean *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadow. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 291(3-4): 286-296.

Mateo, M.A., Diaz-Almela E., Pineiro-Juncal N., Leiva Duenas C., Giralt Romeu S., Marco Mendez C., 2019. *Carbon stocks and fluxes associated to Andalusian seagrass meadows*. Deliverable c1 : results report Group of Aquatic Macrophyte Ecology Centre for Advanced Studies of Blanes Spanish Council for Scientific Research, (December).

MEINESZ A., BLANFUNÉ A., 2015. 1983-2013 : Development of marine protected areas along the French Mediterranean coasts and perspectives for achievement of the Aichi target. *Marine Policy*, 54 : 10-16.

Monnier B., Pergent G., Mateo M.Á., Carbonell R., Clabaut P., Pergent-Martini C., 2021. Sizing the carbon sink associated with *Posidonia oceanica* seagrass meadows using very high-resolution seismic reflection imaging. *Marine Environmental Research*, 170: 105415.

Monnier B, 2020. Quantification et dynamique spatio-temporelle des puits de carbone associés aux herbiers à *Posidonia oceanica*. Thèse Doctorat « Ecologie marine », en co-direction, Université de Corse & Centre d'Etudes Avancées de Blanes (CEAB-CSIC) : 1-222 + Annexes.

Pergent G., Barralon E., Pergent-Martini C., 2019. Regression of *Posidonia oceanica* lower limit: a consequence of climate change? 6th Mediterranean Symposium on Marine Vegetation (Antalya, Turkey, 14-15 January 2019): 80-85.

Pergent G., Chessa L., Cossu A., Gazale V., Pasqualini V., Pergent-Martini C., 1995. Aménagement du littoral : Apport de la cartographie benthique. *Res Mediterranea*, 2: 45-57.

Piñeiro-Juncal, N., Díaz-Almela, E., Leiva-Dueñas, C., Marco-Méndez, C., Mateo, M.Á., 2021. Las praderas marinas andaluzas Como sumidero y almacén de carbono orgánico. *Chronica Naturae* 8, 21–34.

Préfecture maritime Méditerranée. 2019. La stratégie de gestion des mouillages en Méditerranée - volet opérationnel et orientations plaisance grande plaisance. PAMM Méditerranée Occidentale. 35 pages et annexes

Procaccini G., Buia M.C., Gambi M.C., Perez M., Pergent G., Pergent-Martini C., Romero J., 2003. The seagrasses of the Western Mediterranean. *World atlas of seagrasses*: 48-58.

Riegl B.M., Purkis S.J., 2005. Detection of shallow subtidal corals from IKONOS satellite and QTC View (50, 200 kHz) single-beam sonar data (Arabian Gulf; Dubai, UAE). *Remote Sensing of Environment*, 95(1): 96-114.

Rigo I., Paoli C., Dapuzo G., Pergent-Martini C., Pergent G., Oprandi A., Montefalcone M., Bianchi C.N., Morri C., Vassallo P., 2021. The Natural Capital Values of the Seagrass *Posidonia oceanica* in the North-Western Mediterranean. *Diversity*, 13, 499. <https://doi.org/10.3390/d13100499>

Romero J., Pérez M., Mateo M.A., Sala E., 1994. The belowground organs of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* as a biogeochemical sink. *Aquatic botany*, 47(1) 13-19.

Ruitton S., Belloni B., Boudouresque C.F., Cabral M., Cadville B., Guillemain D., Legendre F., Malengros D., Thibault D., 2021. Suivi de l'effet du retrait d'engins de pêche perdus sur trois sites pilotes de Provence. MIO publ., Marseille, 31 pp.

Scartazza A., Moscatello S., Gavrichkova O., Buia M.C., Lauteri M., Battistelli A., Lorenti M., Garrard S.L., Calfapietra C., Brugnoli E., 2017. Carbon and nitrogen allocation strategy in *Posidonia oceanica* is altered by seawater acidification. *Science of the Total Environment*, 607-608: 954-964.

Serrano O., Mateo M.A., Renom P., Julià R., 2012. Characterization of soils beneath a *Posidonia oceanica* meadow. *Geoderma*, 185: 26-36.

Serrano, 2011. Insights in the mat of *Posidonia oceanica*: Biogeochemical sink and paleoecological record. PhD thesis, Universitat de Barcelona, 1-164.

Serrano, O., Mateo, M.A., Dueñas-Bohórquez, A., Renom, P., López-Sáez, J.A. and Cortizas, A.M., 2011. The *Posidonia oceanica* marine sedimentary record: A Holocene archive of heavy metal pollution. *Science of the Total Environment*, 409(22), 4831-4840.

Telesca L., Belluscio A., Criscoli A., Ardizzone G., Apostolaki E. T., Frascchetti S., Gristina M., Knittweis L., Martin C. S., Pergent G., Alagna A., Badalamenti F., Garofalo G., Gerakaris V., Louise Pace M., Pergent-Martini C., Salomidi M., 2015. Seagrass meadows (*Posidonia oceanica*) distribution and trajectories of change. *Scientific Reports*, 5 (1). <https://doi.org/10.1038/srep12505>

UNEP/MAP-RAC/SPA, 2015. Guidelines for Standardization of Mapping and Monitoring Methods of Marine Magnoliophyta in the Mediterranean. Christine Pergent-Martini, Edits., RAC/SPA publ., Tunis: 48 p. + Annexes

United Nations Environment Programme, 2020. Out of the blue: The value of seagrasses to the environment and to people. UNEP, Nairobi

Valette-Sansevin A., Pergent G., Buron K., Pergent-Martini C., Damier E., 2019. Continuous mapping of benthic habitats along the coast of Corsica: A tool for the inventory and monitoring of blue carbon ecosystems. *Mediterranean Marine Science*, 20 (3): 585-593. doi:<http://dx.doi.org/10.12681/mms.19772>

Vassallo P., Bianchi C.N., Paoli C., Holon F., Navone A., Bavestrello G., Vietti R.C., Morri C., 2018. A predictive approach to benthic marine habitat mapping: Efficacy and management implications. *Marine Pollution Bulletin* 131: 218-232

VCS VM0033 Methodology for Tidal Wetland and Seagrass Restoration, v2.0

9 Annexes

Annexe 1: Estimation des stocks de carbone dans la matre, extrait de: Manual for the creation of Blue Carbon projects in Europe and the Mediterranean, (IUCN,2021 ; page 104-105)

ESTIMATING CARBON STOCK

The total soil carbon stock within a project area is determined by the amount of carbon within a defined area and soil depth. This will provide estimates of the carbon stocks for the baseline study in the project area (see Accounting GHG Emissions at project scenario). Following the steps provided by the **Coastal Blue Carbon Manual from the Blue Carbon Initiative** to calculate the total soil carbon for a project area the following information is needed:

- Soil depth,
- Subsample depth and interval,
- Dry bulk density, and
- % organic carbon.

To calculate the total carbon stock of an area, the following steps need to be followed:

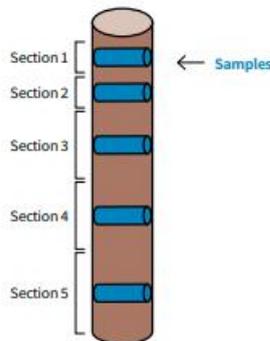
104

Step 1.

Soil carbon density: Calculated for each section of individual cores following the equation:

$$\text{Soil carbon density} = \text{Compression corrected DBD (g cm}^{-3}\text{)} \times (\% C_{org}/100)$$

Figure 33: Section distribution in a syringe-subsampled core. Each section starts and ends at the midway point between two samples.



Step 2.

Soil organic carbon stock of each section in a soil core: estimated from the soil carbon density of each sample multiplied by the thickness of the sample, i.e. the length subsampled from the hemi-core in the laboratory. In the case of samples taken from the cores with syringes, the first section thickness would be the distance between the top of the core and the medium point between the first and second sample; the second section thickness would be the distance between the medium point between the first and second syringe, and the medium point between the second and third syringe; and so on... (See Figure 33).

$$\text{Soil organic carbon stock in core section (g C}_{org}\text{ cm}^{-2}\text{)} = \text{Soil organic carbon density (g C cm}^{-3}\text{)} \times \text{compression corrected thickness of core section (cm)}$$

Step 3.

Carbon stock in each core. Step 2 needs to be repeated for each core section and summed. If the core does not reach the required depth, normally 1 m, then carbon density will have to be extended down to that depth by extrapolating linearly integrated values of cumulative organic carbon stocks with depth [77]. **This is not compatible with the single sample method** (see soil core processing section).

$$\text{Carbon stock in core section (g cm}^{-2}\text{)} = \text{Section 1 CS} + \text{Section 2 CS} + \dots$$

Step 4.

Convert core stocks. (Step 3) to units used in the literature if necessary, i.e. t ha⁻¹ or Mg ha⁻¹

$$\text{Carbon stock in each core (t ha}^{-1}\text{)} = \text{Carbon stock in core (g cm}^{-2}\text{)} \times 10$$



Posidonia oceanica matte.

Step 5.
Calculate mean and standard deviation of carbon stocks for each stratum.

Mean Carbon stock (t ha⁻¹) =

$$\frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{N}$$

Strata Standard Deviation (σ) =

$$\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{N-1}$$

Where:

X_1 = Carbon stock in core #1, and

\bar{X} = mean carbon content in the core in a stratum,

N = the number of cores in that stratum.

Step 6.
Carbon stock for sample area: Mean carbon stocks (t ha⁻¹) multiplied by the stratum area and repeated for each stratum and totalled.

Sample area carbon stock =

(mean carbon stock in stratum 1 × area of stratum 1) + (mean carbon stock in stratum 2 × area of stratum 2) + ... (mean carbon stock in stratum n × area of stratum n)

Step 7.

To report the uncertainty around the calculated carbon stock for the sample area, step 5 is repeated for each stratum and multiplied by the stratum area and the resulting carbon per area summed to obtain the total carbon in the ecosystem.

SD of carbon stock for sample area (σ)

$$\sqrt{(\sigma A^2 + \sigma B^2 + \dots + \sigma N^2)}$$

Where:

σA = standard deviation of the core average C for stratum A × area of stratum A

σB = standard deviation of the core average C for stratum B × area of stratum B

σN = standard deviation of the core average C for stratum N × area of stratum N

Annexe 2. Récapitulatif des méthodes utilisées dans la littérature scientifique pour la réalisation du suivi. Adapté de UNEP (2015)

Méthodes utilisées dans la littérature	Informations clés	Avantages / Inconvénients
Méthodes acoustiques		
Side-Scan Sonar	Profondeur : au-delà de -8 m (Clabaut <i>et al.</i> , 2006) Précision : à partir de 0,1 m (Kenny <i>et al.</i> , 2003) Surface cartographiée : dizaine de km ²	Méthode la plus utilisée mais difficile d'obtenir les densités et hauteurs. Cependant, contrairement au multibeam echosounder, permet une couverture complète du fond marin
Multi-beam echosounder	Profondeur : Plusieurs dizaines de mètres de profondeur (Valette-Sansevin <i>et al.</i> , 2019) Précision : 0,2 m (Komatsu <i>et al.</i> , 2003) Surface cartographiée : à partir de 1 m (Kenny <i>et al.</i> , 2003)	Une grande quantité de données nécessitant des systèmes informatiques efficaces pour le traitement et l'archivage. Traitement complexe des données
Méthodes optiques		
Images aériennes	Profondeur : de 0 à -20 m mais plus précis entre 0 et -10 m Précision : à partir de 0,2 m (Frederiksen <i>et al.</i> , 2004) Surface cartographiée : adapté aux petites surfaces (10 km ² ; in Diaz <i>et al.</i> , 2004) mais peut aussi être utilisé pour des surfaces de plus de 100 km ²	Possibilité d'adapter la précision de l'image à l'objectif recherché (Pergent <i>et al.</i> , 1995a) Possibilité d'interprétation manuelle, directe et facile. Importante bibliothèque d'images avec accès aux séries chronologiques.
Images satellites	Profondeur : de 0 à -20 m mais moins précise au-delà de -10 m. Technique en progrès avec des visibilité jusqu'à -25 m (ex Traganos & Reinartz, 2018b). Précision : à partir de 0,5m Surface cartographiée : à partir de quelques km ² jusqu'à de grandes surfaces (plus de 100 km ²)	Utilisable partout sans autorisation, grande précision géométrique. Possibilité de trouver des images en libre accès avec une faible résolution mais utile pour les zones superficielles.
Images drones	Profondeur : 0 à 15 m Précision : résolution spatiale très élevée (subdécimétrique) Surface cartographiée : niveau spatial très élevé, (< au décimètre)	Coût relativement faible et avec une grande flexibilité dans les capacités de déploiement et de personnalisation. Grande qualité, grande résolution
Données terrain		
Plongées	La plongée sous-marine est la méthode la plus précise pour décrire et identifier les communautés benthiques vivants dans les herbiers (Bianchi <i>et al.</i> , 2004)	Limitée en termes de temps opérationnel et/ou de profondeur (Parravicini <i>et al.</i> , 2010)
Systèmes permanents		
Caméras	Profondeur : sur toute la profondeur Précision : moins de 0,1 m (Kenny <i>et al.</i> , 2003) Surface cartographiée : adaptées à de petite surface	Non-destructif, facile à utiliser. Possibilité d'enregistrer les images
Méthodes sismiques		
Sismique-réflexion	Méthode permettant d'avoir une représentation des couches sédimentaires. Utiliser pour estimer les épaisseurs de matre et les stocks à grande échelle mais ne donne pas d'indications sur l'état des herbiers. Non destructif	

