

# METHODE DE RESTAURATION DES MANGROVES ET FORETS MARECAGEUSES

Version 11  
Aout 2023

Rédaction : Jeanne Barreyre (EcoAct), Roman de Rafael (EcoAct), Sophia Bennani-Smires (EcoAct), Adrien Comte (EcoAct), Marta Prieto Aberasturi (EcoAct)



## Table des matières

<b>1. Applicabilité, définitions, durée</b> .....	4
1.1. Mangroves et forêts marécageuses .....	4
1.2. Porteur de projet.....	5
1.3. Durée du projet .....	5
1.4. Sélection des sources et compartiments à prendre en charge.....	6
<b>2. Critères d'éligibilité</b> .....	7
2.1. Conditions générales d'éligibilité des projets .....	7
2.1.1 Ecosystèmes dégradés et améliorations.....	7
2.1.2 Liste des activités éligibles .....	7
2.1.3 Ecosystèmes et activités non-éligibles .....	9
2.2. Conditions d'éligibilité légale des projets .....	10
2.2.1 Habilitation et autorisations.....	10
2.2.2 Respect du code de l'environnement .....	10
2.3. Éléments obligatoires du lors du dépôt de projet.....	11
Etape 1 : Renseignement des limites géographiques du projet.....	11
Etape 2 : Analyse des faciès écologiques du périmètre du projet .....	12
Etape 3 : Preuve de la dégradation des mangroves .....	13
Etape 4 : Description du plan de gestion et du rapport de suivi dans le scénario de projet pour chacune des zones.....	15
<b>3. Démonstration de l'additionnalité</b> .....	16
3.1 Additionnalité par rapport à la législation et aux pratiques communes .....	17
3.2 Additionnalité financière.....	17
<b>4. Analyse des co-bénéfices</b> .....	18
<b>5. Intégration du risque de non-permanence</b> .....	21
5.1 Événements extrêmes.....	21
5.1.1 Rabais pour risque de non-permanence .....	21
5.1.2 Renouvellement décennal .....	21
3.1 Élévation du niveau de la mer.....	21
3.1.1 Délimitation des zones : définition et fréquence .....	21
3.1.2 Évaluation de l'élévation du niveau de la mer .....	22
<b>4. Calcul des réductions d'émissions et méthode de quantification</b> .....	24
4.1 Explication de l'approche par Tier.....	24
4.2 Réductions d'émissions potentielles.....	25
4.2.1. Principes généraux de calcul .....	25

4.2.2. <i>C</i> biomasse, <i>t, i</i> : biomasse aérienne (vivante et morte) et souterraine (vivante) .....	27
4.2.3. <i>CCOS, t, i</i> : carbone organique du sol .....	32
4.2.4. Synthèses des calculs de RE .....	34
<b>5. Vérification</b> .....	<b>36</b>
5.1 Modalités de vérification.....	36
5.1.2 Vérification de terrain .....	37
5.1.3 Fréquence des vérifications.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
5.2 Processus de vérification et de reconnaissance des réductions d'émissions .....	38
5.3 Récapitulatif relatif à la fiabilité des données .....	39
Bibliographie .....	40
Annexes .....	42
Annexe 1 : Qualité du sol.....	42
Annexe 2 : Equations allométriques.....	43
Annexe 3 : Valeurs de Tier 1 GIEC .....	44
Annexe 4 : Plan de suivi et échantillonnage de la biomasse.....	47
Annexe 5 : Echantillonnage de la biomasse souterraine morte (carbone dans le sol) .....	48

## Liste des Tableaux

<i>Tableau 1. Habitats éligibles à la présente méthodologie et leurs caractéristiques</i> .....	4
<i>Tableau 2. Compartiments de GES à considérer dans le calcul des Réductions d'Emission</i> .....	6
<i>Tableau 3. Activités de restauration des mangroves et forêts marécageuses éligibles à la présente méthode</i> ..	8
<i>Tableau 4 Exemple de rapport de suivi des zones dans le scénario de projet</i> .....	16
<i>Tableau 5. Grille d'évaluation des co-bénéfices sociaux, économiques et environnementaux avec bonus associés</i> .....	19
<i>Tableau 6. Récapitulatif pour le scénario de référence</i> .....	34
<i>Tableau 7. Récapitulatif pour le scénario de projet (valeurs différentes du scénario de référence)</i> .....	35
<i>Tableau 8. Synthèse des rabais applicables dans le cadre de cette méthode</i> .....	39

# 1. Applicabilité, définitions, durée

L'objectif de cette méthodologie est de permettre la valorisation économique du carbone stocké grâce au développement de projets additionnels améliorant les conditions abiotiques et écosystémiques des mangroves et forêts marécageuses dans les Départements et Régions d'Outre-Mer (DROM) grâce aux activités de restauration envisagées. Le Label Bas-Carbone ne s'appliquant pas aux Collectivités d'Outre-Mer (COM), les projets dans ces territoires ne sont pas éligibles à la présente méthode.

La méthodologie décrit l'ensemble des critères d'éligibilité, d'additionnalité, de prise en compte des risques de non-permanence, des co-bénéfices, et des procédures permettant l'estimation de la séquestration nette d'émissions de gaz à effet de serre dans le cadre de projets de restauration des mangroves et des forêts marécageuses.

La méthodologie permettra aux porteurs de projets d'obtenir des financements par la mise en place et le suivi d'actions dont l'effet est d'augmenter la capacité de séquestration carbone dans les sols et dans la biomasse.

## 1.1. Mangroves et forêts marécageuses

La mangrove est un écosystème forestier développé dans la zone de balancement des marées des régions tropicales et subtropicales. Elle est composée de palétuviers, espèces ligneuses adaptées aux cycles d'inondation-exondation des marées, aux substrats souvent meubles (vases).

La forêt marécageuse littorale se situe en amont à la mangrove, au-delà de la limite des marées et baigne dans des eaux douces ou faiblement salées. Cette formation singulière, appelée également forêt inondable, se rencontre aux Antilles et en Guyane et est composée d'une espèce structurante majeure, le Mangle médaille : *Pterocarpus officinalis*. A Mayotte, cette forêt marécageuse côtière est composée de peuplements à *Heritiera littoralis*. Ces forêts marécageuses forment avec des écosystèmes similaires (mais de dimensions souvent moins importantes) ce que l'on appelle l'arrière-mangrove et correspond à une zone de transition (écotone) entre la mangrove et la végétation purement terrestre. La restauration de ces habitats est acceptée dans la présente méthodologie (Tableau 1).

Tableau 1. Habitats éligibles à la présente méthodologie et leurs caractéristiques<sup>1</sup>

DROM	Essences majoritaires				Type de climat
	Mangroves	Surfaces <sup>2</sup>	Forêts marécageuses	Surfaces <sup>3</sup>	
Guadeloupe	<i>Rhizophora mangle, Avicennia germinans, Laguncularia racemosa</i>	3 306 ha	<i>Pterocarpus officinalis</i>	2 700 ha	Tropical humide

<sup>1</sup> CARNAMA: cartographie nationale des mangroves – Pôle-relais Zones Humides Tropicales ([pole-tropical.org](https://www.pole-tropical.org))  
<https://www.pole-tropical.org/actions/les-actions-du-reseau-dobservation-des-mangroves/carnama/>

<sup>2</sup> Trégarot et al., 2021

<sup>3</sup> ONF

Martinique	<i>Rhizophora mangle, Avicennia germinans, Laguncularia racemosa</i>	1 856 ha	<i>Pterocarpus officinalis</i>	20 ha	Tropical humide
Guyane	<i>Rhizophora mangle, Avicennia germinans, Laguncularia racemosa, Rhizophora racemosa</i>	53 106 ha	<i>Pterocarpus officinalis</i>	3 000 km <sup>2</sup>	Tropical humide
Mayotte	<i>Sonneratia alba, Avicennia marina, Rhizophora mucronata, Bruguiera gymnorhiza, Ceriops tagal, Lumnitzera racemosa, Xylocarpus granatum</i>	623 ha	<i>Heritiera littoralis</i>	5 ha	Tropical humide

Par ailleurs, cette méthode n'est pas applicable à La Réunion, qui ne possède pas de mangroves.

## 1.2. Porteur de projet

Le Porteur de projet est l'entité légale qui est à l'origine de la définition et conception du projet s'appuyant sur la présente méthode. Le porteur de projet, ou son représentant le mandataire, est responsable du contenu présenté dans le document de projet qui est soumis à l'Autorité (entité en charge de la validation) pour lancer la demande de certification

**Toute personne, qu'elle soit de droit privé ou de droit public, peut être Porteur de projet.** Elle peut être un propriétaire en nom propre, une société civile immobilière (SCI), une indivision, une fondation, une association, un organisme, un établissement public, un établissement public de coopération intercommunale (EPCI), une coopérative, une collectivité, l'État ou une agence d'État (Conservatoire du Littoral, ONF), etc. Elle devra prouver détenir un accord contractuel supérieur à 10 ans, la durée du projet, avec le ou les propriétaires des terres concernées par le projet, mentionnant explicitement la réalisation des actions de restaurations incluses dans le document de projet.

S'il le souhaite, le Porteur de projet peut faire appel un mandataire pour le représenter et qui sera alors l'unique interlocuteur de l'Autorité. Le mandataire réalisera et transmettra le document de projet et alimentera les données nécessaires à la réalisation des calculs, puis des suivis d'émissions.

## 1.3. Durée du projet

Par dérogation à la partie IV.C du référentiel du Label Bas-Carbone, et en adéquation avec les dynamiques écologiques des mangroves et forêts marécageuses, la durée pour un projet de restauration d'une zone mangrove-forêt marécageuse dans le cadre du Label Bas Carbone est de 10 années, renouvelable deux fois, soit une durée maximale de 30 ans. Le calcul des Réductions d'Émissions (RE) générables par le projet est réalisé sur 10 ans. Tous les engagements du Porteur de projet (cf. 1.2) reposent à minima sur cette période de 10 ans.

Les réductions d'émission (RE) sont vérifiées en ex-post tout au long du projet par un auditeur à une fréquence définie par le porteur de projet (au minimum tous les 5 ans). Le porteur de projet doit indiquer lors du dépôt de son dossier la fréquence choisie de génération des RE, qui ne peut être supérieure à 5 ans. Pour plus de robustesse, les RE générées de manière anticipée ne sont pas permises dans le cadre de cette méthodologie.

## 1.4. Sélection des sources et compartiments à prendre en charge

Les mangroves et forêt marécageuses littorales peuvent être divisées en plusieurs réservoirs de carbone : le compartiment aérien et le compartiment souterrain. Ces différents compartiments carbonés intégrés et évalués dans la méthodologie (scénario de référence et de projet), prennent en compte les éléments suivants (Tableau 2) :

Tableau 2. Compartiments de GES à considérer dans le calcul des Réductions d'Emission

Compartiments	Sources	Inclusion dans les calculs de la méthode
Aérien	Séquestration de carbone dans la <b>biomasse vivante aérienne</b> (feuilles, troncs, branches, racines)	Oui
	Séquestration de carbone dans la <b>biomasse morte aérienne</b> (litière et bois mort)	Oui
Souterrain	Séquestration de carbone dans la <b>biomasse vivante souterraine</b> (racines)	Oui
	Séquestration de carbone dans la <b>biomasse morte souterraine</b> (sols)	Oui
Carbone allochtone <sup>4</sup>		Non

<sup>4</sup> Le carbone allochtone est produit à un endroit et déposé à un autre. Les écosystèmes marins qui stockent le carbone sont localisés dans des environnements à fort hydrodynamisme (vagues, courants, marées). Les sédiments et débris organiques sont transportés vers d'autres compartiments.

## 2. Critères d'éligibilité

Cette section détermine les éléments à fournir par le porteur de projet afin de vérifier l'éligibilité du projet et du porteur lui-même.

### 2.1. Conditions générales d'éligibilité des projets

#### 2.1.1 Ecosystèmes dégradés et améliorations

Pour que le projet soit éligible, il est nécessaire de démontrer que le scénario de référence spécifique<sup>5</sup> correspond à une situation où les mangroves et forêts marécageuses incluses dans le périmètre du projet sont déjà dans un état dégradé, ou ayant une trajectoire de dégradation. Il est également nécessaire que le scénario de projet propose une amélioration des fonctions écosystémiques du milieu grâce aux activités de restauration envisagées par le projet.

#### 2.1.2 Liste des activités éligibles

Pour s'assurer que les activités de restauration envisagées par le projet sont pertinentes, il est essentiel de justifier les causes de cette dégradation environnementale. Cela est possible en identifiant les facteurs responsables du déclin des écosystèmes marécageux. L'analyse des causes de dégradation permettra de mieux comprendre les enjeux auxquels ces écosystèmes font face et aidera à élaborer des stratégies de restauration appropriées.

Le plan de gestion élaboré pour le projet devra être validé par un tiers compétent afin de garantir la crédibilité des mesures de restauration proposées au regard des causes de la dégradation de la mangrove et le respect de l'exclusion des scénarios de projets mentionnés au 2.1.3. Ce tiers peut être un organisme environnemental reconnu, une institution de recherche spécialisée dans la conservation des mangroves ou tout autre acteur qualifié.

D'autre part, les activités prévues dans le cadre du projet doivent être des activités de restauration mentionnées comme éligible dans la présente méthode (Tableau 3). Elles peuvent être « passives », c'est-à-dire une restauration via l'amélioration des conditions physico-chimiques du site, ou « actives » via de l'introduction d'espèces végétales. Ces activités doivent être décrites dans le cadre de leur plan de gestion et communiquées lors du dépôt du dossier. Elles peuvent comprendre l'une ou l'autre des actions suivantes, ou des combinaisons de ces actions.

---

<sup>5</sup> Scénario de référence spécifique : Le scénario de référence peut être établi spécifiquement pour un Projet, dont il permet de décrire précisément les effets. La construction du scénario de référence et la démonstration de l'additionnalité sont alors conduites en suivant les spécifications de la Méthode (III.C.2 du référentiel Label Bas Carbone)

Tableau 3. Activités de restauration des mangroves et forêts marécageuses éligibles à la présente méthode

Type d'activités éligibles	Détails
L'amélioration et la gestion des conditions hydrologiques du site	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amélioration de la connectivité hydrologique du site ;</li> <li>• Suppression des barrières aux mouvements de marées ;</li> <li>• Restauration des flux de marée vers les zones humides ;</li> <li>• Abaissement des niveaux d'eau dans les zones humides endiguées ;</li> </ul>
La gestion améliorée de l'apport sédimentaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réouverture de l'apport sédimentaire via le ruissellement / suppression d'ouvrage ou détournement des sédiments fluviaux vers des zones dépourvues de sédiments ;</li> <li>• Protection contre l'érosion ;</li> </ul>
La gestion améliorée des caractéristiques salines	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Restauration hydrologique entre la zone marine et les zones intérieures ;</li> </ul>
La gestion améliorée de la qualité de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduction de l'apport en nutriments (eaux usées et intrants agricoles) ;</li> <li>• Rétablissement des échanges et dispersion des matières avec les marées ;</li> <li>• Réduction du temps de présence des nutriments ;</li> <li>• Réduction de la pollution par les déchets solides et liquides ;</li> </ul>
La réintroduction des espèces végétales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plantations, replantations, réintroductions d'essences adaptées (cf Tableau 1) ;</li> <li>• Réintroduction de plantes endémiques disparues sous contrôle scientifique ;</li> </ul>
La gestion améliorée des espèces végétales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lutte contre le défrichement illégal et la dégradation du milieu par prélèvement ;</li> <li>• Lutte contre les espèces invasives comme la sargasse, typha, etc. ;</li> </ul>
Les actions facilitant l'adaptation de l'écosystème côtier au changement climatique et la reconquête de son espace d'évolution naturelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestion de l'emprise foncière ;</li> <li>• Changement d'affectation des sols.</li> </ul>

Quelles que soient les activités mises en place, celles-ci devront permettre la restauration des mangroves par recolonisation naturelle ou plantation 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 les aménagements (protection, ouvrages, etc.), de préparation du site, d'entretien, de personnel, de surveillance et de sensibilisation.



Pour déterminer les actions à mettre en place, les porteurs de projet peuvent se référer aux guides et cadres disponibles en France et à l'international tels que le Guide de restauration des mangroves du Pôle Relais Zones Humides Tropicales<sup>6</sup>, le Guide d'Ingénierie Ecologique de l'Ifreco<sup>7</sup>, le Guide de restauration des écosystèmes de mangrove dans la région océan Indien occidental<sup>8</sup> et le manuel du carbone bleu disponible en anglais et espagnol<sup>9</sup>.

### 2.1.3 Ecosystèmes et activités non-éligibles

Ne sont pas éligibles dans le cadre de cette méthode les scénarios de projets ayant les caractéristiques suivantes :

- Les prairies marécageuses naturelles et autres écosystèmes à valeur écologique importante, où aucun historique de forêt marécageuse ou de mangrove n'a été implantée dans le passé. Des photos satellites ou photos de sites historiques devront être mobilisées pour prouver la présence historique de mangroves ou forêts marécageuses sur site ;
- L'introduction ou la réintroduction des espèces dont les caractéristiques écologiques les classent localement comme espèces envahissantes ; une liste des essences introduites grâce au projet est demandée et vérifiée lors de la visite de terrain. Les guides de l'OFB qui répertorient les espèces exotiques envahissantes pour chaque territoire peuvent être utilisés dans ce cadre<sup>10</sup>.
- Les projets dont l'utilisation des terres initiale est déplacée en dehors du périmètre du projet (agriculture, tourisme, etc.) vers une autre zone et dont ce déplacement conduit à la destruction d'autres zones-humides et à des émissions de GES. Une évaluation des activités existantes dans la zone du projet ainsi que de toute relocalisation envisagée est requise dans la description détaillée du projet. Pour prévenir ce type de déplacement nuisible, il est impératif de caractériser les zones où les activités pourraient être déplacées, en fournissant des éléments probants tels que des images satellites, des cartographies actualisées ou d'autres informations pertinentes datant de moins d'un an. Dans le cas où la relocalisation de certaines activités n'est pas envisagée, une justification doit être fournie à l'aide de documents officiels ou de preuves écrites émanant des responsables de ces activités, ou encore de l'autorité chargée de la gestion du site.
- Les projets dont les modifications hydrologiques perturberaient négativement les autres écosystèmes connexes. Le porteur de projet doit fournir des éléments (description qualitative avec cartes topographiques, description des flux hydrologiques, sources scientifiques à l'appui) expliquant en quoi la modification de l'hydrologie du site n'impacte pas les écosystèmes alentours. L'audit vérifiera par la conduite d'entretiens et la vérification sur site qu'aucun

---

<sup>6</sup> Guide technique, la Restauration de mangrove, PRZHT, 2018

<sup>7</sup> LÉOCADIE, A., PIOCH, S., PINAULT, M. (2020). Guide d'Ingénierie Écologique : La réparation des récifs coralliens et des écosystèmes associés. Édition IFRECOR. 114p. Disponible à : <http://ifreco-doc.fr/files/original/2d636eb8f9730ed9d4a21bf395f37680.pdf>

<sup>8</sup> [https://www.commissionoceanindien.org/wp-content/uploads/2023/07/Guide-mangrove\\_version-francaise\\_hd.pdf](https://www.commissionoceanindien.org/wp-content/uploads/2023/07/Guide-mangrove_version-francaise_hd.pdf)

<sup>9</sup> Coastal Blue Carbon Manual, Mars 2019; <https://www.thebluecarboninitiative.org/manual>

<sup>10</sup> OFB, 2021, Espèces exotiques envahissantes : nouvelles obligations des établissements de recherche et de conservation, <https://www.ofb.gouv.fr/les-especes-exotiques-envahissantes>

impact négatif n'est provoqué par le projet (pour plus d'information, consulter la Partie 5. Vérification).

## 2.2. Conditions d'éligibilité légale des projets

Le Porteur de projet doit faire une analyse approfondie du cadre juridique de son territoire avant de mettre en œuvre son projet.

### 2.2.1 Habilitation et autorisations

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, dont les autorisations des différentes autorités concernées, notamment du gestionnaire du/des site(s) concernés par le projet.

En termes de compétences quant à la gestion de ces aires, il est à noter que la compétence GEMAPI est attribué depuis le 1/01/2018 aux EPCI (établissements publics de coopération intercommunale) à fiscalité propre soit : les Métropoles, les communautés urbaines, les communautés d'agglomération et les communautés de communes (CGCT, art. L.5217-2, L.5215-20, L.5216-5, L5214 – 16).

Cette compétence consiste à mettre en œuvre quatre missions (C. env., art. L. 211-7, 1°, 2°, 5°, 8°) :

- Aménagement d'un bassin ou d'une fraction de bassin hydrographique ;
- L'entretien et l'aménagement d'un cours d'eau, à ce canal, à ce lac ou à ce plan d'eau ;
- La défense contre les inondations et contre la mer ;
- La protection et la restauration des sites, des écosystèmes aquatiques et des zones humides ainsi que des formations boisées riveraines.

Le porteur de projet devra donc s'adresser à ces EPCI directement.

Dans l'hypothèse où le périmètre du projet est inclus, pour tout ou partie, dans le périmètre d'une aire marine protégée ou si le projet est déployé, pour tout ou partie, dans le périmètre d'un parc naturel régional ou national, le Porteur de projet doit s'assurer de la conformité de ses actions avec les autorités compétentes de ces territoires, et produire une attestation certifiant l'accord des structures concernées pour son déploiement.

Dans le cas où plusieurs gestionnaires ont la charge de mêmes zones humides (Parc National, Département, etc.), le Pôle-relais zones humides tropicales met à disposition des guides juridiques permettant d'évaluer les besoins d'autorisation : <https://www.pole-tropical.org/actions/guides-juridiques-om/>. Les informations légales sur les DROM-COM sont également disponible à l'adresse suivante : <https://drom-com.fr>.

### 2.2.2 Respect du code de l'environnement

L'évaluation de la faisabilité du projet dans son aspect légal doit s'appuyer sur la nomenclature « eau » du code de l'environnement.

En effet, celui-ci définit les zones humides comme des « terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; ou dont la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année » (C. env., article L. 211-1).

La « nomenclature eau », définie à l'article R214-1 du code de l'environnement s'emploie pour les installations, ouvrages, travaux et activités soumis à autorisation ou à déclaration (C. env., art L. 214-1 à L.214-6). Dans la pratique, il est nécessaire d'avoir une autorisation pour l'assèchement, mise en eau, imperméabilisation, remblais de zones humides pour une surface de plus de 1 hectare, et une déclaration pour une mise en eau ou un assèchement supérieur à 0,1 hectare et inférieur à 1 hectare.

Le porteur de projet doit identifier, pour toutes les rubriques de son projet, quelles sont les incidences directes ou indirectes cumulées, positives ou négatives de son projet sur le milieu aquatique (nomenclature eau, article R, 214-1 du Code de l'environnement) et vérifier si le projet relève des seuils d'autorisation ou de déclaration de la nomenclature eau. Si c'est le cas, le Porteur de projet devra fournir une déclaration ou une autorisation pour les rubriques de la nomenclature.

Il peut s'adresser à la Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DEAL) à cet effet.

### 2.3. Éléments obligatoires lors du dépôt de projet

En complément de l'analyse juridique précédemment décrite, le porteur de projet doit également s'appuyer sur une analyse écologique de la zone du projet pour justifier l'éligibilité de celui-ci. L'étude portera sur les dernières connaissances techniques et scientifiques disponibles pour la zone concernée, et les éléments collectés seront présentés lors du dépôt de projet sur le site dédié du Ministère.

Les quatre sections suivantes précisent les éléments à fournir dans le cadre du dépôt de dossier.

#### Etape 1 : Renseignement des limites géographiques du projet

L'objectif de cette première étape est de délimiter géographiquement le projet. Les limites géographiques choisies pour le projet doivent être justifiées d'un point de vue écologique (formation végétale) ou hydrologique (zones basses, zones humides, etc.).

Il convient d'intégrer, dans la délimitation initiale du projet, les directions d'évolutions potentielles de la mangrove et des forêts marécageuses face au changement climatique à horizon 2050 (zones de fluctuation naturelle, recul stratégique lié à l'élévation du niveau de la mer). Pour cela le Porteur doit s'appuyer sur les modélisations issues des dernières publications scientifiques sur le sujet et pertinentes pour le contexte spécifique du projet (modèles locaux, contexte géomorphologique, etc.). La zone telle que définie doit être représentée sur une carte, associée à des indications GPS (Google Earth ou outils SIG) et intégrée en annexe du DDP, au format KML (Keyhole Markup Language).

A noter que le projet peut être un espace continu ou une association de plusieurs espaces discontinus (exemple : plusieurs mangroves à l'échelle d'une baie, l'ensemble des mangroves d'une façade maritime, etc.). Il est possible de grouper plusieurs zones au sein d'un même projet. Cependant, l'ensemble des documents, cartes, et calculs devront être effectués pour chacune des zones contiguës présentées.

**A la fin de cette étape, les limites géographiques du projet sont clairement définies.**

## Etape 2 : Analyse des faciès écologiques du périmètre du projet

L'objectif de cette seconde étape est de décomposer chaque zone du projet en sous-zones à caractéristiques écologiques homogènes (faciès). Il s'agit de faire ressortir sur une deuxième carte les différents faciès de végétations observées pour chaque zone pré-définie dans la première étape.

Pour délimiter les types de faciès, le porteur de projet doit utiliser la littérature scientifique et technique disponible en adéquation et cohérence avec le site choisi. Si ces études ne couvrent pas l'entièreté de la zone, le porteur de projet devra les compléter d'une observation de terrain menée par inventaire forestier représentatif de la zone étudiée. En cas d'absence de telles analyses, il est possible de construire une description des faciès suivant plusieurs caractères observables et mesurables (cf. indicateurs ci-dessous) lors de la réalisation d'un inventaire forestier sur des placettes de 10m de circonférence (lorsque possible) et le long d'un transect terrain pertinent<sup>11</sup> :

Indicateur de faciès	Description
Essences dominantes	Renseigner l'abondance (compte des individus) et le recouvrement (voir Tableau 1 des habitats éligibles) ;
Taux de couverture <sup>12</sup>	Quasi-nulle (moins de 15%), clairsemé (entre 16 et 30%), Moyenne (entre 31 et 60%), Dense (61 à 80%), Intact (supérieur à 81%). Le pourcentage précis sera à fournir et à justifier. <b>Pour les projets éligibles, il faudra justifier d'un taux de couverture inférieur à 80% ;</b>
La hauteur moyenne de la végétation de la zone observée	Basse (<5m), Moyenne (>5m et < à 10m), Haute (>10 mètres) ;
Régénération	Noter la présence de plantules jusqu'à 50 cm de hauteur, en termes de présence/absence pour estimer la dynamique de l'habitat ;
Etat écologique et occupation du sol	Intact (pour la plupart, des arbres vivants, des troncs et des tiges non endommagés, une canopée intacte/fermée à 80-100%), dégradé (ex : dommages causés par les insectes, les maladies, les animaux, les typhons) ou déboisé ;
Topographie	Plat, en pente, en dépression ou en élévation ;
Milieu géomorphologique	La mangrove est proche de fleuve/cours d'eau, d'océan, la sous-placette est proche de/dans une mangrove/au bord de l'océan, la sous-placette est située à l'intérieur de la mangrove, etc. ;
Description des sédiments	Organiques (habituellement de couleur brune/noire, parfois de grandes quantités de petites racines visibles) ou minéraux (de

<sup>11</sup> Les méthodologies d'observations alternatives peuvent être proposées et devront s'appuyer sur la littérature scientifique afin d'être justifié à l'organisme chargé d'auditer le projet. Toutes les informations doivent être documentées (photographies à l'appui), mesurées, datées et localisées (GPS).

<sup>12</sup> Le taux de couverture consiste à sommer la surface des couronnes des arbres par rapport à l'espace étudié (m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>) ce qui indique à un taux exprimé en %. A ne pas confondre avec la fermeture de canopée.

	couleur grise, parfois de texture granuleuse entre les doigts). Des informations supplémentaires sur la qualité du sol sont disponibles en Annexe 1 ;																								
Infractions et dégradations observées	Présence de déchets (quels types), arbres sectionnés, coupés, empiètements urbains, etc. ;																								
Salinité du substrat	En g/L, permet d'identifier les secteurs propices pour telle ou telle espèce, selon leur degré de tolérance au sel. La mesure de la salinité permet d'établir un gradient par espèce ;																								
Inondation	<p>Identifier les secteurs propices pour la replantation de telle ou telle espèce, selon leur degré de tolérance à la submersion. Ces secteurs sont appelés dans la littérature scientifique « classes d'inondation<sup>13</sup> » (voir figure ci-dessous)</p> <p style="text-align: center;"><b>Fig 2.5 The Watson Inundation Classes for a mangrove in Benut, southern Peninsular Malaysia.</b></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Inundation Class</th> <th>Flooded by:</th> <th>Times flooded per month</th> <th>Mangrove tree species that may be found here</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>All high tides</td> <td>56-62</td> <td><i>Sonneratia alba</i>, <i>Avicennia alba</i></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Medium high tides</td> <td>45-59</td> <td><i>Rhizophora</i> spp., <i>Bruquieria</i> spp</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Normal high tides</td> <td>20-45</td> <td><i>Xylocarpus</i> spp., many species</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Spring high tides</td> <td>2-20</td> <td><i>Lumnitzera littorea</i>, many species</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Rare tides</td> <td>&lt;2</td> <td>Many species</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Adapted from Tomlinson 1986.</p> <p style="text-align: center;"><i>Figure 1 : Classes d'inondation (VAN LOON, A. et al., 2016)</i></p>	Inundation Class	Flooded by:	Times flooded per month	Mangrove tree species that may be found here	1	All high tides	56-62	<i>Sonneratia alba</i> , <i>Avicennia alba</i>	2	Medium high tides	45-59	<i>Rhizophora</i> spp., <i>Bruquieria</i> spp	3	Normal high tides	20-45	<i>Xylocarpus</i> spp., many species	4	Spring high tides	2-20	<i>Lumnitzera littorea</i> , many species	5	Rare tides	<2	Many species
Inundation Class	Flooded by:	Times flooded per month	Mangrove tree species that may be found here																						
1	All high tides	56-62	<i>Sonneratia alba</i> , <i>Avicennia alba</i>																						
2	Medium high tides	45-59	<i>Rhizophora</i> spp., <i>Bruquieria</i> spp																						
3	Normal high tides	20-45	<i>Xylocarpus</i> spp., many species																						
4	Spring high tides	2-20	<i>Lumnitzera littorea</i> , many species																						
5	Rare tides	<2	Many species																						

**A la fin de cette étape, la zone du projet est divisée en sous-zones homogènes correspondant aux « faciès » et représentant les caractéristiques écologiques principales retrouvées dans ces sous-zones** (essences dominantes, taux de couverture, hauteur moyenne, régénération, etc.) et toutes autres informations utiles à la bonne compréhension du site. Pour compléter la description, une cartographie est fournie sous format kml.

### Etape 3 : Preuve de la dégradation des mangroves

L'objectif de cette troisième étape est de décrire le scénario de référence spécifique, c'est-à-dire celui qui a le plus de chance de se produire si le projet ne voyait pas le jour. Pour rappel, pour que le projet soit éligible, il est nécessaire de démontrer que ce scénario de référence correspond à une situation où les mangroves et forêts marécageuses incluses dans le périmètre du projet sont déjà dans un état dégradé, ou ayant une trajectoire de dégradation (taux de couverture inférieur à 80%). Il est également essentiel de décrire les causes de la dégradation pour justifier de la pertinence des activités envisagées par le projet.

Il convient de faire un état des lieux des dégradations d'origines anthropiques et climatiques locales à date, et de projeter l'évolution de celles-ci dans le futur sur la durée du projet, dans le cas où aucune intervention autre que les activités déjà engagées sur chaque zone du projet n'est mise en œuvre.

<sup>13</sup> VAN LOON, A. et al., 2016. «Hydrological Classification, a Practical Tool for Mangrove Restoration». PLoS ONE. 11(3): e0150302. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150302>

**Afin d'établir le scénario de référence, le porteur de projet doit interroger la situation de chacune des zones au travers des questions-guides suivantes :**

- Quel est l'historique de la zone concernée sur les 20 dernières années et son état actuel ? (Tendance vers amélioration, stagnation ou aggravation ?)

Documents à mobiliser :

- Les cartes et inventaires à disposition faisant état des dégradations à l'œuvre actuellement et historiquement ; (Obligatoire)
- Synthèse du bilan de l'IFRECOR qui reprend l'état actuel des mangroves et liste les pressions qui s'y exercent par territoire appliqués à la zone du projet ; (Obligatoire)
- Réalisation de transects terrains avec vidéo et photographies géoréférencées ; (Obligatoire)
- Synthèse de la littérature scientifique et grise (rapport d'étude, évaluation environnementale de la mangrove, des sites d'analyse tels que [globalmangroveswatch.org](http://globalmangroveswatch.org) sont également disponibles comme outils d'aide à la décision,) appliquée à la zone du projet ; (Obligatoire)
- Commentaire qualitatif issu de la carte harmonisée des mangroves des DROM-COM disponible ici : <https://www.pole-tropical.org/actions/les-actions-du-reseau-dobservation-des-mangroves/carnama/> ; (Facultatif)
- L'imagerie aérienne/satellite historique : une cartographie de l'état du site en année T-20 ans à partir des données très haute résolution pourra venir en appui à la compréhension du scénario de référence. Le porteur pourra s'appuyer sur les bases de données externes (ex PRZHT, ONF, OFB, Parc national, travaux universitaires, etc.) [Si une imagerie aérienne / satellite historique n'est pas disponible pour la zone, il faudra soumettre un autre document justifiant de la cartographie de la zone en année T-20 ans] ; (Obligatoire)

- Quelle est la cause de cette dégradation ?

Documents à mobiliser :

- Une synthèse des facteurs d'origine anthropique ou naturelle ayant contribué à la dégradation de la zone ; (Obligatoire)
- Étude technique validée par un expert identifiant les principales causes de dégradation ou une étude scientifique / technique existante spécifiquement liée à la zone, mettant en évidence les facteurs de dégradation ; (Obligatoire)
- Rapports ou documents gouvernementaux sur les pressions anthropiques ou climatiques dans la zone d'étude ; (Facultatif)
- Les verbatims d'entretiens avec les collectivités locales, experts, et scientifiques ; (Facultatif)
- Toute autre information pertinente sur les causes de dégradation identifiées par des sources fiables et validées ; (Facultatif)

- Y'a-t-il des tendances ou des mesures actuellement prises, susceptibles d'améliorer sensiblement la zone concernée ?

Documents à mobiliser :

- Une synthèse des évolutions liées à la mangrove issue des documents d'aménagements locaux (PLU, SCOT, Plan Climat) ; (Obligatoire)

- Les verbatims d'entretiens avec les collectivités locales, experts, et scientifiques ; (Facultatif)
- Y'a-t-il un risque que les pressions climatiques pesant sur la zone aggravent la situation à un horizon 30 ans ?

Documents à mobiliser :

- Une analyse synthétique et sourcée des impacts climatiques susceptibles d'entraîner des modifications profondes du milieu à horizon 2050 (élévation du niveau de la mer, précipitation et apports en eau douce) ; (Obligatoire)

A la fin de cette étape, la définition du scénario de référence est réalisée grâce à l'étude de la dégradation actuelle de la zone étudiée.

#### Etape 4 : Description du plan de gestion et du rapport de suivi dans le scénario de projet pour chacune des zones

L'objectif de cette dernière étape est de fournir un **plan de gestion** de la mangrove et des forêts marécageuses, qui décrit l'ensemble des activités de restauration que le porteur de projet compte mener pour chacune des zones dans le cadre du scénario de projet.

Le porteur de projet devra également fournir lors du dépôt du projet **un rapport de suivi** du projet pour chaque zone détaillant :

- **Les activités du plan de gestion qui seront mises en œuvre**, ainsi que la personne responsable de chaque action (et son organisation ou département, ainsi que les coordonnées) ;
- **Les indicateurs de moyen** à suivre pour la bonne mise en œuvre des activités : le pourcentage de budget dépensé, les preuves documentaires de la réalisation des travaux et de conduite des opérations (contractualisation, factures et récépissés de bonne réalisation des travaux, preuves photographiques, et le détail des méthodes et des protocoles de suivi engagées) ;
- **Les indicateurs de résultats** permettant de qualifier une zone en faciès, qui sont les mêmes indicateurs que ceux du scénario de référence. Des indicateurs techniques tels que le taux de couverture, la densité à l'hectare, le diamètre à hauteur de poitrine (DHP) et la hauteur moyenne, les espèces présentes dans la zone du projet permettront de suivre le succès du projet ;
- **Dans le cadre de l'utilisation de données « tier 3 », le plan d'échantillonnage décrit en Annexe 4 : Plan de suivi et échantillonnage de la biomasse** (chaque zone doit prévoir une zone d'échantillon visant à mesurer à chaque vérification sur une surface donnée : DHP, comptage des arbres, type d'essences).

Un exemple de plan de suivi est proposé ci-dessous (Tableau 4) :

Tableau 4 Exemple de rapport de suivi des zones dans le scénario de projet

Zone i	Description	Plan d'actions pour y répondre	Indicateurs de moyens	Indicateurs de résultats	Plan d'échantillonnage
1.	Zones dégradées de mangrove, salinité trop élevée	Reconnexion hydrologique	XX euros investis.  Constat des travaux de réalisation des canaux conforme au plan de gestion	Visite de site  Photographies régulières avec coordonnées GPS tous les 6 mois.  Suivi du taux de salinométrie  Inventaire forestier sur les placettes permanence géoréférencés dans le DDP  Inventaire forestier annuel	YY placettes permanentes, géoréférencées (voir Annexe 4)
2.	Zone de dépôt sauvage de déchet	Nettoyage du site et programme de plantation	XX euros investis  Photos Avant Après le nettoyage	Suivi des plants de la nurserie jusqu'à la plantation  Inventaire des plan annuel	Echantillonnage aligné avec l'Annexe 4

L'ensemble des étapes de caractérisation du site devront être réévaluées tous les 10 ans lors du renouvellement du projet ainsi qu'en cas de catastrophe naturelle majeure susceptible de modifier les caractéristiques écologiques des faciès (ouragans et cyclones, etc.).

### 3. Démonstration de l'additionnalité

Etablir l'additionnalité du projet revient à démontrer que celui-ci n'aurait pas pu voir le jour sans le financement généré par la vente des réductions d'émissions, et donc sans la labellisation du projet. La démonstration de cette additionnalité doit être réalisée lors du dépôt du dossier de demande de labellisation.

Conformément à l'article III.C. relatif à la démonstration de l'additionnalité : « 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, qu'elle 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 démontrer que sa mise en œuvre se heurte à des freins (économiques, sociaux, politiques, culturels...), que l'entrée dans la démarche de labellisation carbone permettra de lever.

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

### 3.1 Additionnalité par rapport à la législation et aux pratiques communes

Le Porteur de projet **doit prendre en compte la réglementation en vigueur sur les zones humides**, et le cadre spécifique de la zone de projet afin d'en **évaluer les mesures obligatoires associées**. Les projets répondant strictement à une obligation légale de remise en état du site ne sont pas éligibles.

Des cas exceptionnels de pratiques résultant d'une obligation légale peuvent être inclus dans le plan de gestion s'il est démontré que les obligations légales ne peuvent en l'état actuel des choses pas être mises en œuvre autrement. En effet et à titre d'exemple, la Cour des Comptes a rendu public un référé en avril 2013 sur la gestion du Conservatoire du Littoral, sur la période de 2006 à 2011, qui démontre que le Conservatoire du Littoral ne possède pas les moyens financiers nécessaires à l'atteinte de ses objectifs (Cour des Comptes, 2013). Ainsi, le porteur de projet devra démontrer d'une part que certaines activités ne peuvent être mises en œuvre, mais également expliquer en quoi son projet va plus loin que la simple mise en conformité du site avec la loi.

Les projets développés dans le cadre de mesure de compensation écologique notamment dans le cadre de la loi du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et paysages ne sont pas considérés comme additionnels.

### 3.2 Additionnalité financière

Les mangroves et forêts marécageuses ne sont pas des écosystèmes générant des revenus directs. Les plans de gestions proposés reposent donc uniquement sur des fonds publics. Le Porteur de projet devra lister les **aides publiques existantes éligibles et/ou les aides privées dont il bénéficie** 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 international n'est proposée de manière à financer les activités nécessaires à la restauration combinée au maintien et au suivi de la mangrove ;
- 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 l'ensemble des besoins du projet dans de bonnes conditions, à savoir, une restauration et préservation à long terme des mangroves.

Sans données disponibles sur le seuil de financement au-delà duquel les freins à la restauration des mangroves sont levés, il est raisonnable de penser que les freins économiques et d'aversion au risque persistent jusqu'à, a minima, 50 % de l'investissement couvert par un financement public. Le projet ne sera donc pas considéré comme additionnel s'il bénéficie d'aides ou de subventions allant au-delà de 50% de son coût de mise en œuvre et de maintien sur 10 ans.

## 4. Analyse des co-bénéfices

Au-delà de l'impact carbone, les projets produisent des bénéfices environnementaux et socio-économiques appelés co-bénéfices.

Le porteur de projet doit interroger l'ensemble de son plan de gestion au regard de la grille d'analyse proposée ci-dessous (Tableau 5) et évaluer dans le DDP le nombre de points accumulés au travers du projet pour chacune des catégories (socio-économique, biodiversité, eau). 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 ».

Les actions pouvant générer des co-bénéfices sont associées à un système de bonus pouvant rapporter au projet entre 1 et 5 points par action. Le total des co-bénéfices sera indiqué sous forme de pourcentage par catégorie (biodiversité, socio-économique, changement climatique et eau). Ce score permet de valoriser le projet vis-à-vis des financeurs mais également d'inclure tout ou partie des dépenses liées à la gestion de ces co-bénéfices dans le plan de financement.

**Pour chaque catégorie de co-bénéfices, le Porteur de projet pourra proposer des co-bénéfices supplémentaires inhérents à son projet** qui pourront rapporter un seul point chacun., Chaque co-bénéfice ajouté devra être facilement vérifiable par l'auditeur qui réalisera la vérification (partie 7), au risque d'engendrer un surcoût que le Porteur de projet devra supporter financièrement au moment de la vérification. Les co-bénéfices supplémentaires ne seront cependant pas affichés lors de la labellisation.

Tableau 5. Grille d'évaluation des co-bénéfices sociaux, économiques et environnementaux avec bonus associés

Type de co-bénéfice	Description	Indicateur pour le mesurer	Impact associé au projet	Points
Socio-économique	Sensibilisation des populations à la protection des mangroves	Sondage auprès des populations locales & Nombre de personnes inscrites dans des associations de sensibilisation et de protection des mangroves	Augmentation des populations sensibilisées	2
Socio-économique	Intégration et aide à l'insertion d'éco-tourisme dans le plan de projet	Eco-tourisme : nombre d'emplois liés aux mangroves et revenus générés par l'activité	Eco-tourisme présent dans le plan de projet	2
Socio-économique	Création de plus-value économique territoriale (1/2)	La majorité des entreprises de travaux sur les mangroves retenues est située dans un rayon de 50km à 100km autour du site du projet	Choix d'entreprises de travaux locales (100km)	2
Socio-économique	Création de plus-value économique territoriale (2/2)	La majorité des entreprises de travaux sur les mangroves retenues est située dans un rayon de 50km autour du site du projet	Choix d'entreprises de travaux locales (50km)	3
Socio-économique	Création de formations au niveau local liées au projet	Nombre de formations créées	Augmentations des formations locales	3
Socio-économique	Intégration par l'emploi	Une partie des travaux sera réalisée par des entreprises de réinsertion professionnelle ou d'aide à l'emploi de personnes en situation de handicap	Choix d'entreprises de réinsertion professionnelle ou d'aide à l'emploi	5
Socio-économique	Pêche locale : utilisation des mangroves comme zones d'alevinage par des espèces importantes pour la pêche (crevettes, crabes, poissons, etc.)	Nombre d'emplois et revenus associés à une pêche locale durable	Stabilisation ou augmentation des emplois et des revenus associés à une pêche locale durable	3
Socio-économique	Total de la catégorie sur :			20
Biodiversité	Suivi des espèces marines (requins, raies, etc.) venant se nourrir dans les mangroves	Indicateur de suivi des populations intégré au plan de projet	Intégration d'un indicateur de suivi des populations d'espèces marines au plan du projet	4

Biodiversité	Suivi des espèces en voie d'extinction, vulnérables ou en danger présents sur le site du projet	Indicateur de suivi des populations intégré au plan de projet	Intégration d'un indicateur de suivi des populations d'espèces protégées et/ou présentes sur la liste UICN au plan du projet	5
Biodiversité	Suivi des écosystèmes associés aux mangroves (récifs coralliens, herbiers marins) à proximité du site du projet	Indicateur de suivi des écosystèmes associés intégré au plan de projet	Intégration d'un indicateur de suivi des écosystèmes associés aux mangroves au projet	5
Biodiversité	Total de la catégorie sur :			14
Eau	Suivi des écosystèmes associés aux mangroves (récifs coralliens, herbiers marins) grâce au filtrage des sédiments, à la réduction des flux sédimentaires et de nutriments réalisés par les mangroves	Indicateur de suivi de la qualité de l'eau intégré au plan du projet	Intégration d'un indicateur de suivi de la qualité de l'eau intégré au plan du projet	3
Eau	Total de la catégorie sur :			3

## 5. Intégration du risque de non-permanence

### 5.1 Evénements extrêmes

Les mangroves et forêts marécageuses sont soumises à des risques de non-permanence, notamment dus à des événements imprévus (ouragans, tsunamis, maladies, etc.). Ceux-ci ont souvent un impact destructeur sur leur capacité de stockage carbone, et engendrent par conséquent la réémission dans l'atmosphère d'une partie du carbone stocké, en particulier dans la biomasse.

#### 5.1.1 Rabais pour risque de non-permanence

Lors du calcul des réduction émissions, un rabais est automatiquement appliqué aux résultats afin de prendre en compte les risques de non-permanence.

D'après la littérature scientifique, les cas les plus extrêmes tel que Dean, Hugo et Irma peuvent entraîner la disparition de -80% de la biomasse (troncs, racines) d'un peuplement de mangroves pour les 2 années suivant l'ouragan. Le constat permis par l'analyse de la littérature est également que la reprise est rapide, 3 ans après un événement les mangroves (en bonne santé), s'auto-régénèrent jusqu'à atteindre 2/3 de la surface initiale dans les 10 premières années puis 100% de la surface terrière initiale au bout de 20 à 30 années. En se basant sur ce scénario pessimiste, il est possible d'établir qu'un site de mangrove perd environ 20% du carbone séquestré dans la biomasse sur une période de 30 ans. En estimant que le carbone du sol n'est pas impacté et reste sensiblement similaire le rabais proposé relatif au risque de non permanence à appliquer proposé par la présente méthodologie – correspondant donc à l'occurrence d'un événement majeur sur 30 ans – est une valeur conservatrice de 10%.

**L'application d'un rabais conservateur de 10% pour le risque de non-permanence :**

$$Rabais_1 = 10\%$$

#### 5.1.2 Renouvellement décennal

Le renouvellement du projet tous les dix ans requière la prise en compte de l'intégralité des 4 étapes de caractérisation du site mentionnées dans la section 2.3, excepté la redéfinition des limites géographiques.

L'actualisation de la zone de projet et du scénario de référence sur la base de ces nouvelles informations permet d'anticiper et limiter le risque de non-permanence pour la nouvelle période du projet.

## 5.2 Élévation du niveau de la mer

### 5.2.1 Délimitation des zones : définition et fréquence

Lors de la cartographie/délimitation des faciès des mangroves du projet (étape 1) et de ses limites géographiques, le porteur de projet doit considérer l'effet de la montée des eaux liée au changement climatique :

- Migrations potentielles des écosystèmes ;
- Inondations ;
- Erosion.

L'élévation du niveau de la mer pourra potentiellement modifier l'emprise spatiale des mangroves. Dans certaines zones, l'élévation du niveau de la mer n'aura pas d'impact négatif car l'accrétion des sols de mangrove suit l'élévation du niveau de la mer. Dans d'autres zones cependant, le substrat ne se maintient pas et l'accrétion est plus faible que le rythme d'augmentation du niveau de la mer, ce qui entraîne une perte de mangrove<sup>14,15</sup>.

Le porteur du projet devra donc considérer deux choses :

- La possibilité d'étendre la zone du projet vers les terres, et ainsi définir les faciès en fonction de cette élévation du niveau de la mer et de la migration anticipée des mangroves et/ou forêts marécageuses vers l'intérieur des terres. Ces nouvelles zones contribueront ainsi aux gains apportés par le scénario de projet par rapport au scénario de référence ;
- La possibilité que les franges littorales soient perdues à un horizon temporel lointain (2100).

**Le zonage est donc à refaire obligatoirement tous les dix ans lors du renouvellement du projet, notamment pour prendre en compte le déplacement de la mangrove due à l'élévation du niveau de la mer le cas échéant.**

### 5.2.2 Évaluation de l'élévation du niveau de la mer

Le Porteur de projet doit dans un premier temps évaluer l'élévation du niveau de la mer sur le siècle à venir. Celle-ci doit être cohérente avec les données provenant d'études locales ou d'articles scientifiques. Les porteurs de projets pourront notamment s'appuyer sur les études menées dans le cadre de l'élaboration des Plan Climat et les documents locaux relatifs aux changements climatiques. En l'absence de telles données, l'évaluation s'appuiera sur les données des scénarios SSP3 7.0 ou SSP5 8.5 du GIEC.

Le Porteur de projet doit ensuite analyser les potentiels impacts sur la migration des zones humides, des inondations ou de l'érosion dus à l'élévation du niveau de la mer. L'analyse doit tenir compte du taux d'accrétion de la mangrove, de la pente topographique, de la gestion des terres, de l'approvisionnement en sédiments et des marées. La migration « horizontale » côtière est également à regarder, parfois des infrastructures côtières bloquent un mouvement migratoire côtier et leur « suppression » ou réaménagement permet d'ouvrir la possibilité de mouvements pour les espèces côtières. Les types de pentes jouent également : les pentes concaves peuvent causer un « pincement

---

<sup>14</sup> Bompy, F., 2013, Approche écologique et écophysiological de l'effet des variations saisonnières sur la croissance des arbres dans les forêts côtières inondables des Antilles [THESEBOMPY.pdf](#)

<sup>15</sup> Gilman, E. L., Ellison, J., Duke, N. C., & Field, C. (2008). Threats to mangroves from climate change and adaptation options: a review. *Aquatic botany*, 89(2), 237-250.

côtier » alors que les pentes droites ou convexes peuvent quant à elles, laisser l'espace nécessaire à cette migration. Le Porteur de projet peut s'appuyer sur la littérature spécifique à la zone du projet, le jugement d'experts ou les deux afin de produire son analyse.

Une fois les conséquences évaluées, le Porteur de projet choisit l'approche la plus adaptée aux spécificités du projet pour les prendre en compte :

- **Option 1** : le porteur de projet n'agit pas contre les effets de l'élévation du niveau de la mer sur la mangrove. Après avoir délimité et catégorisé les zones susceptibles d'être durablement dégradées du fait de l'élévation du niveau de la mer à un horizon 100 ans, Le Porteur de projet les retirent des zones éligibles à des actions de restauration.
- **Option 2** : si une des activités du projet consiste à lutter contre l'élévation du niveau de la mer et au maintien de la mangrove qui autrement aurait disparue, le Porteur de projet fournit dans son plan de restauration une explication des actions entreprises afin de sauvegarder la mangrove.

## 6. Calcul des réductions d'émissions et méthode de quantification

Les réductions d'émissions sont déterminées par comparaison de scénarios. Une approche par « Tiers » permet au Porteur de projet de choisir le niveau de complexité méthodologique le plus approprié pour le projet. Les sections suivantes décrivent les différents aspects de la méthode de quantification. Les calculs seront effectués par faciès pour plus de précision et seront ensuite sommés à l'échelle de la zone. Si le projet comporte plusieurs zones, l'exercice est à répéter par le porteur de projet par zone puis à sommer.

### 6.1 Explication de l'approche par Tier

L'approche proposée pour le calcul du scénario de référence et du scénario de projet est une approche d'un calcul de différence de stock entre deux périodes et entre deux scénarios (scénario de référence et scénario de projet).

Le renseignement des données est proposé par « Tiers » selon les lignes directrices du GIEC en fonction de la qualité des informations disponibles. Néanmoins, compte tenu du caractère unique et variable des mangroves sur chaque site du fait de leur plasticité, **l'utilisation du Tier 1 donne lieu à un rabais de 5% sur le compartiment de la biomasse aérienne vivante (Rabais<sub>2</sub>) et de la biomasse souterraine morte ou carbone organique du sol (Rabais<sub>3</sub>).** Il est en revanche toléré pour l'estimation du ratio racinaire, du bois mort, et de la litière.

$$Rabais_2 = 5\%$$

$$Rabais_3 = 5\%$$

Tableau 4. Description des trois tiers mobilisables pour le calcul des réductions d'émissions par faciès

Tier	Requis	Types de données requises
Tier 1	Absence de données spécifiques à la zone (facteurs du GIEC par défaut)	<p>Les données <b>Tier 1</b> sont celles avec le moins de précisions et de certitudes. Elles sont basées sur des revues de littératures mondiales et les moyennes observées de celles-ci et consignées dans les annexes des rapports du GIEC. La plupart des valeurs sont issues du « <i>Chapter 4, Coastal Wetlands, in « 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories : Wetlands</i> » (cf Annexe 3 : Valeurs de Tier 1 GIEC).</p> <p>Il convient de souligner que le compartiment de la biomasse aérienne du Tier 1 atteint un maximum de stock de carbone par hectare qui correspond à celui d'une mangrove mature (soit de 20 ans).</p>



		Si le Tier 1 est appliqué pour le calcul d'un faciès, le rabais sera appliqué pour le calcul de l'ensemble de la zone.
<b>Tier 2</b>	<b>Données spécifiques au pays / à la région</b>	Les données <b>Tier 2</b> sont ici issues d'observations spécifiques aux territoires concernées par le projet (DROM) à partir de la littérature scientifique spécifique à la Région / Département / Territoire. Les données doivent provenir de la littérature scientifique issue de revues à comité de lectures.
<b>Tier 3</b>	<b>Données issues d'inventaire terrain spécifiques</b>	Si le porteur de projet en a la possibilité, des données spécifiques au site du projet peuvent être utilisées, ce sont les données de <b>Tier 3</b> . Elles sont réalisées par mesures directes : sondage et mesure DHP (Diamètre à hauteur de poitrine), hauteur pour la croissance sur le site, carottage des sols. Les mesures directes doivent se faire selon un plan d'échantillonnage précis (voir Annexe 4 : Plan de suivi et échantillonnage de la biomasse). L'utilisation d'un outil dédié (ex ONFI & IGN FI, 2023 <sup>16</sup> ) est éligible à la présente méthodologie sous réserve de justifier la pertinence de la méthode utilisée.

Dans le cas où le porteur de projet décide de se reporter à des valeurs par défaut, il doit prioritairement se reposer sur des valeurs de Tier 2. Il ne pourra choisir l'utilisation du Tier 1 seulement si les valeurs de Tier 2 ne sont pas disponibles. Dans ce cas, il faudra apporter les éléments justificatifs, à l'aide d'une revue de littérature et documentaire ainsi que l'interrogation de spécialistes (académique, bureau d'étude) compétents. **Concernant les forêts marécageuses, les chiffres de l'annexe du GIEC ne sont pas acceptés.** Seule la littérature locale<sup>17</sup> (Tier 2) ou la mesure directe (Tier 3) pourront être utilisées. Cette démonstration sera vérifiée par l'auditeur qui effectuera une contre-expertise de la littérature la plus à jour conformément aux indications de la partie 7 décrite plus bas.

## 6.2 Réductions d'émissions potentielles

### 6.2.1. Principes généraux de calcul

Conformément au Label Bas-Carbone, le projet bas-carbone va délivrer des réductions d'émissions (RE). Les projets de restauration pourront uniquement générer des réductions d'émissions effectuées, vérifiées a posteriori. Ainsi, les réductions d'émissions reconnues par le Label après les audits et

<sup>16</sup> ONFI & IGN FI (2023). Outil d'évaluation du stockage de Carbone des mangroves (Forland)

<sup>17</sup> Migeot, J. 2010, Phénologie et variations spatiales de la croissance des peuplements à *Pterocarpus officinalis* Jacq. dans la forêt marécageuse de Guadeloupe, Thèse de l'Université des Antilles : [2012\\_these\\_uag\\_mangrove\\_j\\_migeot\(1\).pdf](#)

Bompy, F., 2013, Approche écologique et écophysologique de l'effet des variations saisonnières sur la croissance des arbres dans les forêts côtières inondables des Antilles [THESEBOMPY.pdf](#)

Durrieu de Madron, 2008, Expertise sur les références dendrométriques nécessaires au renseignement de l'inventaire national de gaz à effet de serre pour les forêts de la Guadeloupe, Martinique et Réunion, ONFI, 81 p.

inscrites dans le registre sont des réductions d'émissions qui ont d'ores et déjà eu lieu au cours des années précédant cette reconnaissance. 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 activités de restauration 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%.

Les réductions d'émissions éligibles seront déterminées par la différence entre le scénario de référence et le scénario de projet estimé lors du dépôt du projet et mesuré (en cas de Tier 3) ou calculé (en cas de Tiers 1 ou 2) lors de la demande de reconnaissance des Unités de Réductions d'Emissions (Equation 1). Le porteur de projet prend le soin de déduire le rabais traité dans la partie non-permanence ci-avant (10%), les rabais de 5% attachés à l'utilisation de valeurs de Tier 1 le cas échéant ainsi que le rabais de non-renouvellement du projet sur 30ans de 5%.

$$RE_{\text{éligibles}} = (RE_{\text{projet}} - RE_{\text{ref}}) \times (1 - (Rabais_1 + Rabais_2 + Rabais_3 + Rabais_4)) \quad (1)$$

Où :

$RE_{\text{éligibles}}$	Réduction d'émissions (ou séquestration carbone) issues de la mise en œuvre des activités de restauration du projet ; exprimées en tCO <sub>2</sub> e (tonnes de CO <sub>2</sub> équivalent)
$RE_{\text{ref}}$	Réduction d'émissions nette du scénario de référence ; exprimée en tCO <sub>2</sub> e
$RE_{\text{projet}}$	Réduction d'émissions nette du scénario de projet ; exprimée en tCO <sub>2</sub> e
$Rabais$	<p>Somme en tCO<sub>2</sub>e des Rabais susmentionnés</p> <p>Rabais 1 : Rabais lié aux incertitudes générales et climatiques affectant le carbone stocké (risque de non-permanence) de 10%</p> <p>Rabais 2 et Rabais 3 : Rabais dû aux incertitudes liées à la valeur par défaut du Tier 1 de 5% chacun</p> <p>Rabais 4 : Rabais dû aux incertitudes liées à la non-prolongation du projet sur 30 ans, applicable uniquement sur les 2 premières périodes de 10 ans, de 5%</p>

Il convient de noter qu'à partir de l'équation (1) ci-dessus, les équations de calculs doivent être appliquées à la fois sur le scénario de référence et le scénario de projet, et dans chacune des zones identifiées. Ces mêmes calculs devront être réalisés à chaque vérification du projet.

L'ensemble des équations et termes avec un indice « ref » ou « projet » indiquent respectivement des données pour le scénario de référence et pour le scénario de projet.

Les réductions d'émissions sont calculées à partir de plusieurs compartiments : aérien et souterrain. Le stock de carbone ainsi calculé est converti en stock de CO2 équivalent (tCO2e) par le ratio de poids moléculaire du CO2 par rapport au carbone, soit 44/12. La méthode de calcul des compartiments est décrite ci-dessous.

$$RE_{ref} = \sum_{i=1}^M C_{biomasse\ ref,t,i} \times 44/12 + C_{COS\ ref,t,i} \times 44/12 \quad (2)$$

$$RE_{projet} = \sum_{i=1}^M C_{biomasse\ projet,t,i} \times 44/12 + C_{COS\ projet,t,i} \times 44/12 \quad (2\ bis)$$

Avec :

$C_{biomasse\ ref,t,i}$	Stock de Carbone total dans la biomasse hors carbone des sols, soit : biomasse aérienne vivante (feuilles, troncs, branches, racines), biomasse aérienne morte (litière et bois mort) et biomasse souterraine vivante (racines) <b>en situation de référence</b> et dans le faciès i ; à l'instant t, exprimé en tC (tonnes de carbone).
$C_{biomasse\ projet,t,i}$	Stock de Carbone total dans la biomasse hors carbone des sols, soit : biomasse aérienne vivante (feuilles, troncs, branches, racines), biomasse aérienne morte (litière et bois mort) et biomasse souterraine vivante (racines) <b>en situation de projet</b> et dans le faciès i, à l'instant t ; exprimé en tC (tonnes de carbone).
$C_{COS\ ref,t,i}$	Stock de Carbone total dans la biomasse souterraine morte (Carbone organique des sols) <b>en situation de référence</b> et dans le faciès i, à l'instant t, exprimé en tC (tonnes de carbone).
$C_{COS\ projet,t,i}$	Stock de Carbone total dans la biomasse souterraine morte (Carbone organique des sols) <b>en situation de projet</b> et dans la zone du projet i, à l'instant t, exprimé en tC (tonnes de carbone).
$\sum_{i=1}^M$	Somme sur l'ensemble des faciès (M).
44/12	Ratio de conversion équivalence du carbone en dioxyde de carbone.

### 6.2.2. $C_{biomasse,t,i}$ : biomasse aérienne (vivante et morte) et souterraine (vivante)

Ce compartiment est calculé suivant l'équation (3), **aussi bien dans le scénario de référence que dans le scénario de projet**. Il convient de calculer cette équation pour chaque zone identifiée puis d'additionner le stock de biomasse de chaque zone du projet.

$$C_{biomasse,t,i} = A_{t,i} \times [tMS_{aérien,t,i} \times (1 + Ratio_{Racinaire,t,i}) \times 0.45 + C_{boismort,t,i} + C_{litière,t,i}] \quad (3)$$

Où

$C_{biomasse,t,i}$	Stock de Carbone total dans la biomasse hors carbone des sols, soit : biomasse aérienne vivante (feuilles, troncs, branches, racines), biomasse aérienne morte (litière et bois mort) et biomasse souterraine vivante (racines), en année t et dans le faciès i; exprimé en tC (tonnes de carbone).
--------------------	---

$tMS_{aérien,t,i}$	Tonnes de matières sèches de la biomasse aérienne vivante, en année t, dans le faciès i ; exprimées en tMS (tonnes de matières sèches).
$Ratio_{Racinaire,t,i}$	Tonnes de racines par tonne de matières sèches. Ratio permettant de convertir la biomasse aérienne en biomasse racinaire, sans unité. L'utilisation du ratio racinaire du GIEC <sup>18</sup> pour calculer le stock de Carbone de la biomasse racinaire est de 0,49
$C_{litière,t,i}$	Stock de carbone par hectare dans la litière en année t, dans le faciès i; exprimé en tC/ha.
$C_{boismort,t,i}$	Stock de carbone par hectare dans le bois mort, en année t, dans le faciès i ; exprimé en tC/ha.
$A_{t,i}$	Aire du projet au temps t, dans la zone i ; exprimée en ha.
t	Temps ; exprimé en année.
i	Faciès identifié.
Coefficient 0.45	La proportion de carbone dans la biomasse ; sans unité <sup>19</sup> .

a.  $tMS_{aérien,t,i}$  : Biomasse aérienne vivante (tMS/ha)

Approche de Tier 1 : Valeurs par défaut (GIEC)

Pour les calculs du  $tMS_{aérien,t,i}$  des scénarios de référence et de projet, cela revient à calculer deux éléments :

- **Le stock de carbone de référence au lancement du projet.** Il est estimé en calculant le stock de carbone du compartiment aérien multiplié par le taux de couverture du faciès.
- **Le flux.** Il est estimé en additionnant les valeurs du tableau de l'accumulation annuelle du stock dans le compartiment aérien ci-dessous au stock de référence du projet. De manière conservatrice, les zones ciblées étant des zones en voie de dégradation ou totalement dégradée, le flux est estimé à 0 **pour le scénario de référence.**

Le stock de carbone de référence de la biomasse aérienne vivante par hectare d'une mangrove atteint à sa maturité au bout de 20 ans peut être établi à partir des données du GIEC<sup>20</sup>, ci-dessous.

	Stock de carbone dans le compartiment aérien ; tMS/ha	95% IC
<b>Tropical humide</b>	192	187, 204

<sup>18</sup> Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands, [Table 4.5](#)

<sup>19</sup> 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands, [Table 4.2](#) (CARBON FRACTION OF ABOVE-GROUND BIOMASS (TONNES C (TONNES D.M.)-1) IN MANGROVES 1)

<sup>20</sup> Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands, [Table 4.3](#)

Le gain carbone annuel (flux) par hectare d'une mangrove est calculé à partir des données GIEC<sup>21</sup> également, jusqu'à l'atteinte de sa maturité. Une fois la maturité atteinte, le gain carbone annuel dans le compartiment aérien est nul.

	Accumulation annuelle du stock de carbone dans le compartiment aérien ; tMS /ha/an	95% IC
Tropical humide	9.9	9.4 , 10.4

#### Approche de Tier 2 : Littérature scientifique

Le porteur de projet peut utiliser toutes références issues de la littérature scientifique, ayant construit des valeurs sur la base de mesures directes récentes (moins de 5 ans). Il devra ainsi être capable de dériver une estimation carbone soit par des proxys tel que des mesures du DHP (DHP : Diamètre à Hauteur de Poitrine) et/ou des données de biomasse (matière sèche par hectare) soit par des mesures carbone, dans une zone proche ou aux conditions écologiques similaires (dûment justifié) de la zone de projet.

#### Approche de Tier 3 : Mesures terrain

Dans le cas où le porteur de projet souhaite procéder lui-même aux analyses de terrain, il devra procéder par échantillonnage de parcelles tel que décrit dans l'Annexe 4.

**Le stock de matières sèches total ( $tMS_{aérien,t,i}$ )** des essences composant la zone de projet est calculé en additionnant la biomasse de chaque essence dans chaque parcelle et dans chaque faciès, ramenée à l'hectare.

$$tMS_{aérien,t,i} = A_i \times b_{arbre,i} \quad (4)$$

$$b_{arbre,i} = \frac{\sum_{p=1}^{n_i} b_{arbre,p,i}}{n_i} \quad (5)$$

Où

$tMS_{aérien,t,i}$	Tonnes de matières sèches des arbres de toutes les essences et tout faciès confondus (biomasse totale aérienne vivante), en année t; exprimées en tMS
$A_i$	Aire du faciès considérée ; exprimée en ha
$b_{arbre,i}$	Médiane de la biomasse totale des arbres par hectare dans le faciès $i$ ; exprimée en tMS/ha
$b_{arbre,p,i}$	Médiane de la biomasse totale des arbres par hectare de la parcelle $p$ , dans le faciès $i$ ; exprimée en tMS/ha
$i$	Faciès identifié

<sup>21</sup> Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands, [Table 4.4](#)

t	Temps ; exprimé en année
p	Parcelle identifiée
$n_i$	Nombre de parcelles échantillonnées dans le faciès $i$ ; sans unité

La biomasse cumulée à l'échelle de la parcelle échantillonnée, est la somme de la biomasse de l'ensemble des arbres de différentes essences, ramenée à l'ha :

$$b_{arbres,p,i} = \frac{tMS_{aérien,p,i}}{A_{parcelle,i}} = \frac{\sum_j tMS_{aerien,j,p,i}}{A_{parcelle,i}} = \frac{\sum_j \sum_l tMS_{aerien,l,j,p,i}}{A_{parcelle,i}} \quad (6)$$

$b_{arbres,p,i}$	Médiane de la biomasse totale des arbres par hectare de la parcelle p, dans le faciès $i$ ; exprimée en tMS/ha
$tMS_{aerien,p,i}$	Biomasse des arbres dans la parcelle échantillonnée p, dans le faciès $i$ ; exprimée en tMS
$tMS_{aerien,j,p,i}$	Biomasse totale des arbres de l'essence j, dans la parcelle échantillonnée p, dans le faciès $i$ ; exprimée en tMS
$tMS_{aerien,l,j,p,i}$	Biomasse totale de l'arbre l ; d'essence j, dans la parcelle échantillonnée p, dans le faciès $i$ ; exprimée en tMS
l	Arbre identifié ; exprimé en unité
j	Essence identifiée ; exprimé en unité
p	Parcelle identifiée
i	Faciès identifié
$A_{parcelle,i}$	Aire de la parcelle échantillonnée dans le faciès $i$ ; exprimée en ha

Afin de calculer la biomasse  $tMS_{aerien,l,j,p,i}$ , il sera nécessaire de procéder à la mesure du diamètre (et de la hauteur en fonction des équations allométriques choisies) des arbres de la parcelle étudiée, conformément aux recommandations (cf Annexe 4) et d'appliquer les équations allométriques spécifiques aux essences inventoriées (cf Annexe 2).

#### b. $Ratio_{racinaire,t,i}$ : Biomasse souterraine vivante

Pour le compartiment souterrain vivant (carbone racinaire), l'impossibilité de prendre des mesures directes (coûts, destruction de l'habitat, etc.) oblige à l'application de ratio établis par des données

scientifiques encore largement parcellaire pour les mangroves (Tier 1). Ci-dessous l'option d'un Tier 1 systématique fournie aux porteurs de projet **sans application de rabais** :

#### Approche de Tier 1 : Valeurs par défaut (GIEC)

L'utilisation du ratio racinaire du GIEC<sup>22</sup> de 0,49 ( $Ratio_{Racinaire_{t,i}}$ ) pour calculer le stock de Carbone de la biomasse racinaire est considéré. Cette valeur par défaut permet de compléter le Tier 3 pour calculer notamment la biomasse d'un arbre  $tMS_{aerien,l,j,p,i}$ .

$$tMS_{aerien,l,j,p,i} = f_j(x_{1,l}, \dots) \times (1 + Ratio_{racinaire,l,j,p}) \quad (7)$$

$tMS_{aerien,l,j,p,i}$	Biomasse totale de l'arbre l, d'essence j, dans la parcelle échantillonnée p, dans le faciès i ; exprimée en tMS
$f_j(x_{1,l}, \dots)$	Biomasse aérienne de l'arbre l, d'essence j, dans la parcelle échantillonnée p, dans le faciès i ; exprimée en tMS  Cette biomasse aérienne est déterminée après conversion du DHP en t.d.m au moyen des équations allométriques pertinentes (voir annexe 2).
$Ratio_{racinaire,l,j,p}$	Ratio de biomasse racinaire de l'arbre l, d'essence j ; sans unité (vois ci-dessous pour valeur)

#### c. $C_{boismort,t,i} + C_{litiere,t,i}$ : Biomasse aérienne morte

#### Approche de Tier 1 : Valeurs par défaut (GIEC)

L'utilisation de données de Tier 1 en l'absence de littérature ne **donne pas lieu à un rabais**.

Pour les calculs de la biomasse aérienne morte, cela revient à calculer deux éléments :

- **Le stock de carbone de référence au lancement du projet.** Il est estimé en calculant le stock de carbone du compartiment aérien mort multiplié par le taux de couverture du faciès.
- **Le flux.** Il est estimé en additionnant les valeurs du tableau d'accumulation annuelle du stock dans le compartiment aérien mort au stock de référence du projet. De manière conservatrice, les zones ciblées étant des zones en voie de dégradation ou totalement dégradée, le flux est estimé à 0 pour le **scénario de référence**.

Pour le stock de carbone de la litière ( $C_{litiere,t,i}$ ) exprimé en tC/ha, la valeur du GIEC est la suivante :

	Stock de carbone dans la litière ; tC/ha	95% CI
<b>Mangroves</b>	0.7	0, 1.3

Pour le stock de carbone de bois mort ( $C_{boismort,t,i}$ ) exprimé en tC/ha, la valeur du GIEC est la suivante :

<sup>22</sup> Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands, [Table 4.5](#)

	<b>Stock de carbone de bois mort ; tC/ha</b>	<b>95% CI</b>
<b>Mangroves</b>	10.7	6.5, 14.8

Le gain carbone (accumulation annuelle) par hectare du compartiment aérien mort est calculé à partir des données GIEC<sup>23</sup> également. La maturité de la mangrove étant considérée à 20 ans, une croissance linéaire est considérée jusqu'à atteinte de la maturité de la mangrove. Une fois la maturité atteinte, l'accumulation annuelle est nulle.

	<b>Accumulation annuelle (t/ha/an mature)*</b>
<b>Litière</b>	0,04
<b>Bois mort</b>	0,54

\* Accumulation annuelle (t/ha/an) = Stock maximum atteint pour une mangrove mature (tC/ha) / 20 (années)

#### Approche de Tier 2 : Littérature scientifique

Le porteur de projet peut utiliser des valeurs de tier 2 pour l'évaluation du carbone de la biomasse aérienne morte dans le cas de publication scientifique locale extrapolable pour le site concerné par le projet. Les inventaires de l'ONF proposent également des valeurs pour les forêts marécageuses.

**Il ne sera pas nécessaire de réaliser un calcul de tier 3 sur ce critère dans le cadre de la présente méthodologie.**

#### 6.2.3. $C_{COS,t,i}$ : carbone organique du sol

$$C_{COS,t,i} = A_{i,t} \times C_{COS,t,i,e} \quad (8)$$

Où

$C_{COS,t,i}$	Stock de carbone organique dans le sol dans le scénario de référence, dans le faciès i, en année t ; exprimé en tC
$A_{i,t}$	Aire du faciès i, en année t ; exprimée en ha
$C_{COS,t,i,e}$	Stock de carbone organique dans le sol par hectare (e), dans le faciès i, en année t ; exprimé en tC/ha

Les stocks de carbone du sol peuvent être évalués au démarrage du projet à partir de différentes sources :

<sup>23</sup> Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands, [Table 4.4](#)



### Approche de Tier 1 : Valeurs par défaut (GIEC)

Pour les calculs de la biomasse souterraine morte, cela revient à calculer deux éléments :

- **Le stock de carbone de référence au lancement du projet.** Il est estimé en calculant le stock de carbone du compartiment souterrain mort multiplié par le taux de couverture du faciès.
- **Le flux.** Il est estimé en additionnant les valeurs du tableau l'accumulation annuelle du stock dans le compartiment aérien mort au stock de référence du projet. De manière conservatrice, le flux est estimé à 0 pour le scénario de référence.

Les valeurs du GIEC<sup>24</sup> pour le stock de carbone dans le sol ( $C_{COS\ ref,t,i,e}$ ) pour le Tier 1 sont présentées ci-dessous:

	COS ; tC/ha	95% CI
Sols Organiques	471	436, 510
Sols Minéraux	286	247, 330
Sols agrégés	386	351 , 424

Pour l'accumulation annuelle du stock du scénario de projet, l'équation suivante doit donc être considérée avec l'utilisation du facteur par défaut du GIEC:

$$C_{COS,projet,t,i} = A_{i,t} * [C_{COS\ ref,t_0,e} + 1.62 * (t - t_0)] \quad (9)$$

Où

$C_{COS,projet,t,i}$	Stock de carbone organique dans le sol dans le scénario de projet, dans le faciès i, en année t ; exprimé en tC/ha
$A_{i,t}$	Aire du faciès i, en année t ; exprimée en ha
$C_{COS,ref,t_0,e}$	Stock de carbone organique dans le sol par hectare dans le scénario de référence, dans le faciès i, en année t0 ; exprimé en tC/ha/an
1,62	Facteur par défaut du GIEC (C/ha/an)

Le facteur par défaut de 1,62 sera utilisé pour un taux de couverture de plus de 50%. Pour un taux de couverture de moins de 15% l'accumulation est de zéro. Pour les zones dont le taux de couverture oscille entre 15 et 50%, une interpolation linéaire peut être appliquée.

### Approche de Tier 2 : Littérature scientifique

Des valeurs Tier 2 doivent être utilisées prioritairement pour la valeur du carbone stocké dans le sol lorsque la donnée est disponible dans la littérature scientifique dans la région du projet ou dans une région proche du projet (Caraïbes ou Océan Indien selon les DROM concernés par le projet).

<sup>24</sup> Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands, Table 4.11

Il sera possible d'utiliser les données notamment des travaux de : Sanderman J, Hengl T, Fiske G et al. (2018) A global map of mangrove forest soil carbon at 30 m spatial resolution. Environmental Research Letters.

Pour les valeurs du flux, le porteur de projet reprendra les valeurs par défaut du GIEC mentionnées en Tier 1 sauf si la littérature scientifique fournit une valeur propre à la zone du projet.

Concernant les forêts marécageuses, le facteur par défaut du stock de carbone doit se reposer sur des valeurs de Tier 2 (cf Bompoy, F. 2013<sup>25</sup>).

#### Approche de Tier 3 : Mesures terrain

En Tier 3, le stock de carbone du sol est estimé par échantillonnage. Il est demandé une campagne de carottage du sol aléatoire avec une réalisation d'un échantillon par faciès identifié. Pour le taux d'accrétion cette méthodologie accepte l'utilisation des valeurs de Tier 1 ou 2.

Les prélèvements *in-situ* à différents horizons temporels permettent de comparer l'évolution du stock carbone dans les sols et doivent également suivre une méthodologie d'échantillonnage puis de carottage sédimentaire. La pratique pour les mangroves est d'échantillonner à de plus grandes profondeurs dans les zones côtières que dans leurs homologues terrestres (**une profondeur minimale de 1 m est standard**). Que ce soit pour la méthode d'échantillonnage ou la détermination de la teneur en carbone organique du sol, le porteur de projet pourra s'appuyer sur le Protocol standard du Blue carbon manual, 2020.

#### 6.2.4. Synthèses des calculs de RE

Ci-dessous une synthèse des calculs de réduction d'émission à réaliser pour chaque Tier. Une calculatrice (format excel) est fournie aux porteurs de projet pour réaliser ces calculs : elle doit obligatoirement être utilisée par le porteur de projet.

Tableau 6. Récapitulatif pour le scénario de référence

Compartiments		Tier 1 (mangroves seulement)	Tier 2	Tier 3
<b>C<sub>biomasse</sub></b>	tMS aérien	<b>Stock</b> : 192 tMS/ha <b>Flux</b> : 0 tMS/ha/an	Littérature scientifique	Equations allométriques
	Ratio racinaire	<b>Stock</b> : 0,49 <b>Flux</b> : x	x	x
	Litière	<b>Stock</b> : 0,7 tC/ha <b>Flux</b> : 0 tC/ha/an	Littérature scientifique	x
	Bois mort	<b>Stock</b> : 10,7 tC/ha <b>Flux</b> : 0 tC/ha/an	Littérature scientifique	x

<sup>25</sup> Bompoy, F. (2013). Approche écologique et écophysologique de l'effet des variations saisonnières sur la croissance des arbres dans les forêts côtières inondables des Antilles (Thèse de doctorat). Université des Antilles et de la Guyane.

<b>C<sub>cos</sub></b>	Carbone dans le sol	Stock : 471 / 286 / 386 Flux : 0 tC/ha/an	Littérature scientifique	Echantillonnage
------------------------	---------------------	--	--------------------------	-----------------

x : non applicable

Tableau 7. Récapitulatif pour le scénario de projet (valeurs différentes du scénario de référence)

Compartiment		Tier 1 (mangroves seulement)	Tier 2	Tier 3
<b>C<sub>biomasse</sub></b>	tMS aérien	Flux : 9,9 tMS/ha/an x Rabais 2	Littérature scientifique	Equation allométrique
	Litière	Flux : 0,04 tC/ha/an	Littérature scientifique	x
	Bois mort	Flux : 0,54 tC/ha/an	Littérature scientifique	x
<b>C<sub>cos</sub></b>	Carbone dans le sol	Flux : 1,62 tC/ha/an x Rabais 3	Littérature scientifique	Valeur Tier 1&2

x : non applicable

## 7. Vérification

### 7.1 Modalités de vérification

#### 7.1.1 Vérifications documentaires

Le label Bas-Carbone précise dans son référentiel que « *par défaut, les vérifications sont principalement documentaires* » (VII.C.). Le porteur de projet devra donc lors de chaque vérification, à réaliser à minima tous les 5 ans et à ses frais, démontrer à un organisme tier-vérificateur que le plan de gestion a été mis en œuvre et les mesures requises réalisées par le biais de preuves documentaires et dans le cadre d'une visite de site.

Selon le Référentiel du Label Bas Carbone, 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 dossier de demande de labellisation. L'Auditeur vérifie également la véracité des indicateurs inscrits dans le Rapport de Suivi. Le rôle de l'auditeur est de vérifier la qualité des informations et des activités mises en place. Ainsi, par défaut, les vérifications documentaires justifiant de la réalité des travaux engagés et de l'effectivité des réductions d'émissions seront systématiques et doivent inclure :

- Les informations fournies dans le rapport de suivi et lors du dépôt de projet (limites géographiques, faciès écologiques, preuves de dégradation et plan de gestion) ;
- L'examen des factures ou de tout élément justifiant de la réalité des travaux engagés et de l'effectivité des réductions d'émissions ;
- L'analyse des attestations d'achat et de plantation des plants ainsi que de l'ensemble des travaux nécessaire à leur maintien ;
- La revue de la localisation exacte du projet par géolocalisation ;
- Le contrôle de tout autre document justifiant les moyens mis en œuvre pour la mise en place du projet ou toute pièce propre à permettre la vérification de l'évolution de ces données dans le temps (images satellite permettant d'attester de l'évolution du taux de couverture, images photographiques couplées au positionnement GPS, verbatim d'entretiens avec les représentants des collectivités locales attestant de l'évolution du projet et contact des personnes pour vérification par les auditeurs) ;
- Le risque de réversibilité et de non-permanence du projet ;
- La réalité des co-bénéfices ;
- Les données d'entrées qui ont permis le calcul des réductions d'émission estimées, ainsi que le détail des méthodes et des protocoles de suivi engagés.

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

#### **Approche Tier 1 : Valeurs par défaut**

Dans le cas où le porteur de projet décide de se reporter à des valeurs par défaut, il doit prioritairement se reposer sur des valeurs de Tier 2. **Il ne pourra choisir du Tier 1 seulement si les valeurs de Tier 2 ne sont pas disponibles.** Dans ce cas, il faudra apporter les éléments justificatifs, à l'aide d'une revue de littérature et documents justifiant de l'interrogation de spécialistes (académique, bureau d'étude) compétents. Cette démonstration sera vérifiée par l'auditeur qui effectuera une contre-expertise de

la littérature la plus à jour. Si cela n'est pas jugé correct par l'auditeur, les calculs seront refaits sur la base des valeurs de Tier 2 trouvées par l'auditeur. Cette étape sera complétée par la vérification du calcul réalisé et de la bonne application des rabais.

### **Approche de Tier 2 : Littérature scientifique**

Il s'agit de vérifier la pertinence des études et publications scientifiques considérées pour les calculs. Tous les documents relatifs à cette étude et au protocole suivi (cartographie, résultats d'échantillonnage, etc.) devront être soumis au vérificateur.

### **Approche de Tier 3 : Mesures terrain**

Si le Tier 3 a été considéré par le porteur de projet, tous les documents relatifs aux méthodes utilisées devront être envoyés au vérificateur.

#### 7.1.2 Vérification de terrain

Afin de compléter la vérification documentaire à distance, l'organisme tiers-vérificateur doit vérifier la matérialité du projet tous les 5 ans, à partir du démarrage de la restauration, par 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).

Cette vérification sur le terrain a deux objectifs :

- valider la bonne mise en place des actions de restauration, des méthodes et procédures. Il s'agit notamment de s'assurer de la conformité avec le plan de gestion ;
- s'assurer que la restauration est bien effective et que le nombre d'arbres augmente par rapport au scénario de référence.

Concernant l'audit de la bonne mise en place des activités, les éléments vérifiés devront être conformes avec les activités sélectionnées par le porteur de projet (cf Tableau 3), à savoir des actions relatives à :

- L'amélioration et la gestion des conditions hydrologiques du site ;
- La gestion de l'apport sédimentaire ;
- La gestion des caractéristiques salines ;
- La gestion de la qualité de l'eau ;
- La gestion des espèces végétales ;
- Les actions facilitant l'adaptation de l'écosystème côtier au changement climatique et la reconquête de son espace d'évolution naturelle.

L'auditeur devra également vérifier l'amélioration du taux de couverture sur la base de ce qui a été fourni dans l'analyse des faciès écologiques du périmètre du projet. Cette vérification a pour but de renforcer la rigueur de la validation du projet de restauration. En effet, l'augmentation du taux de couverture est un critère essentiel pour évaluer la réussite de la restauration des mangroves. Il est nécessaire que le nombre d'arbres augmente et que le couvert végétal se régénère pour s'assurer que les engagements du porteur de projet ont été respectés, que les activités de restauration ont été effectivement réalisées et qu'elles ont conduit à une amélioration de la zone de projet.

Le vérificateur pourra utiliser des méthodes telles que l'imagerie satellite, les drones ou le comptage des arbres via des protocoles d'échantillonnage<sup>26</sup> pour effectuer une évaluation précise et objective de l'évolution du taux de couverture.

Une amélioration de cet élément est nécessaire pour générer des reconnaissances de réduction d'émission.

**Cette visite terrain s'effectuera quel que soit le Tier utilisé par le porteur de projet.** De plus, l'auditeur peut demander que des procédures de suivis 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.

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

- **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. Celui-ci doit démontrer son indépendance financière comparativement au résultat de la validation et/ou de la vérification ;
- **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, à la gestion des écosystèmes marins et des mangroves afin de pouvoir garder un esprit critique technique sur les données du projet ;
- **Expertise réglementaire** : bonne connaissance du contexte réglementaire et du Label Bas Carbone.

## 7.2 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 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 total du projet. Le porteur de projet 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.

---

<sup>26</sup> L'auditeur pourra se référer aux protocoles d'échantillonnage proposés par le Manual for the Creation of Blue Carbin Projects in Europe and the Mediterranean de l'IUCN (2021) ou le guide de restauration du Pole-Realais Zones humides tropicales (2018)

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.

Le Référentiel précise qu' «un Projet peut donner des réductions à différents bénéficiaires, mais la répartition des volumes des réductions donnés à chaque bénéficiaire doit être définitivement arrêtée au plus tard au stade de la reconnaissance des réductions. »

Il est également à noter qu'à partir du moment où les réductions d'émissions sont reconnues, elles restent valables après la fin de période de validité du Projet.

### 7.3 Récapitulatif relatif à la fiabilité des données

Une logique conservatrice est utilisée dans la formulation des méthodes proposées dans les différents tiers qui servent à déterminer les valeurs carbone des 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.

Tableau 8. Synthèse des rabais applicables dans le cadre de cette méthode

Type de rabais	Description : Applicabilité & Valeur
Risque de non-permanence <i>Rabais<sub>1</sub></i>	Rabais dû au risque de non-permanence décrit en Partie 5. Rabais comptabilisé systématiquement à hauteur de -10%
Séquestration du carbone dans la biomasse aérienne vivante <i>Rabais<sub>2</sub></i>	Rabais dû aux incertitudes liées à la valeur par défaut du Tier 1 utilisé pour évaluer la séquestration de carbone dans la biomasse aérienne décrites en Partie 6. Rabais comptabilisé systématiquement si choix du Tier 1 par le porteur de projet, à hauteur de -5%
Séquestration du carbone dans la biomasse souterraine morte <i>Rabais<sub>3</sub></i>	Rabais dû aux incertitudes liées à la valeur par défaut du Tier 1 utilisé pour évaluer la séquestration de carbone organique dans le sol décrite en Partie 6. Rabais comptabilisé systématiquement si choix du Tier 1 par le porteur de projet, à hauteur de -5%
Risque de non-prolongation du projet sur 30 ans. <i>Rabais<sub>4</sub></i>	Rabais dû aux incertitudes liées à la non-prolongation du projet sur 30 ans, applicable uniquement sur les 2 premières périodes de 10 ans. Rabais comptabilisé systématiquement à hauteur de -5%

## Bibliographie

- Bompy, F. (2013). Approche écologique et écophysiological de l'effet des variations saisonnières sur la croissance des arbres dans les forêts côtières inondables des Antilles [THESEBOMPY.pdf](#)
- Cours des Comptes. (2013). Référé n°65737. Disponible ici : <https://www.ccomptes.fr/fr/publications/gestion-du-conservatoire-de-lespace-littoral-et-des-rivages-lacustres-celrl>
- Durrieu de Madron (2008). Expertise sur les références dendrométriques nécessaires au renseignement de l'inventaire national de gaz à effet de serre pour les forêts de la Guadeloupe, Martinique et Réunion, ONFI, 81 p.
- Emmer I., Moritz Von E., Crooks S., Emmett-Mattox., (2015). Coastal Blue Carbon in Practice A Manual for Using the VCS Methodology for Tidal Wetland and Seagrass Restoration VM0033
- E. Trégarot, A. Caillaud, C.C. Cornet, et al., Mangrove ecological services at the forefront of coastal change in the French overseas territories, Science of the Total Environment, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143004>
- Gilman, E. L., Ellison, J., Duke, N. C., & Field, C. (2008). Threats to mangroves from climate change and adaptation options: a review. *Aquatic botany*, 89(2), 237-250.
- Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M., & Troxler, T. G. (2014). 2013 supplement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Wetlands. *IPCC, Switzerland*.
- Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Telszewski, M., Pidgeon, E. (eds.) (2019). 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.; <https://www.thebluecarboninitiative.org/manual>
- Ifrecor, 2021. Etat de santé des récifs coralliens, herbiers marins et mangroves des outre-mer français. Bilan 2020. 335 pp
- Imbert D. (2002). BOIS ET FORÊTS DES TROPIQUES, N° 273 (3) 273dosimb (cirad.fr)
- Jérôme Chabbert, Maxence Rageade et Viviane Torres et Adrien Moiret (2023). Outil d'évaluation du stockage de Carbone des mangroves ,Forland. ONFI & IGN FI
- LÉOCADIE, A., PIOCH, S., PINAULT, M. (2020). Guide d'Ingénierie Écologique : La réparation des récifs coralliens et des écosystèmes associés. Édition IFRECOR. 114p. Disponible à : <http://ifrecor-doc.fr/files/original/2d636eb8f9730ed9d4a21bf395f37680.pdf>
- Migeot, J. (2010), Phénologie et variations spatiales de la croissance des peuplements à *Pterocarpus officinalis* Jacq. dans la forêt marécageuse de Guadeloupe , Thèse de l'Université des Antilles : [2012\\_these\\_uag\\_mangrove\\_j\\_migeot\(1\).pdf](#)
- PNUE-Convention de Nairobi/USAID/WIOMSA (2020). Guidelines on Mangrove Ecosystem Restoration for the Western Indian Ocean Region. PNUE, Nairobi, 71 pp.



- Sanderman, J., Hengl, T., Fiske, G., Solvik, K., Adame, M. F., Benson, L., ... & Duncan, C. (2018). A global map of mangrove forest soil carbon at 30 m spatial resolution. *Environmental Research Letters*.  
<https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi%3A10.7910/DVN/OCYUI>  
<https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi%3A10.7910/DVN/OCYUI>  
<https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi%3A10.7910/DVN/OCYUI>
- UICN (2018). Guide technique Restaurer la mangrove, PRZHT;  
<https://uicn.fr/wpcontent/uploads/2019/03/guide-restauration-web-25.03.pdf>
- Walcker, R., Laplanche, C., Herteman, M., Lambs, L., Fromard, F. (2019). Damages caused by hurricane Irma in the human-degraded mangroves of Saint Martin (Caribbean). *Scientific Reports* 9, 18971.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-55393-3>

## Annexes

### Annexe 1 : Qualité du sol

La qualité organique d'un sol est déterminée sur la base de l'Annexe « Wetlands » du GIEC (Hiraishi et al., 2014), elle peut être basée sur une revue de littérature ou sur des mesures directes au choix du porteur de projet . Un sol organique est un sol à forte concentration de matière organique (voir ci-dessous). Tout sol qui n'est pas un sol organique est classé comme sol minéral, conformément aux lignes directrices 2006 du GIEC (annexe 3A.5, chapitre 3 du volume 4).

Un sol organique doit répondre aux critères suivants :

1. L'épaisseur de l'horizon organique du sol est supérieure ou égal à 10 cm. Un horizon inférieur à 20 cm doit contenir au moins 12 % ou plus de carbone organique.
2. Ou alors a) au moins 12% de matière organique carbonique au poids dans le cas d'un sol sans argile ou b) au moins 18% de carbone organique au poids si le sol est composé de plus de 60% d'argile ou c) une proportion intermédiaire de carbone organique pour les niveaux intermédiaires de sols argileux.

La définition ci-dessus ne prend pas en compte les éléments organiques « vivants » des sols (racines)

3. Dans le cas d'absence de données ou de données parcellaires, et seulement dans ce cas, il est possible de se référer à une interprétation de la documentation disponible (littérature scientifique) et en dernier recours à dire d'expert : verbatim convergent de deux entretiens avec académiques ou expert de bureau d'études.

## Annexe 2 : Equations allométriques

Une équation commune pour les mangroves est proposée pour les évaluations **ex-ante de biomasse aérienne vivante**, toutes les espèces de mangroves et forêts marécageuses confondues :

$$\text{Komiyama et al. (2005) : } ABG = 0.251pD^{2.46} \quad r^2 = 0.98, \quad n=104, \quad D_{\max} = 49\text{cm}$$

Avec :

D : Diamètre (en cm)

p: Densité (en t/m<sup>2</sup>) cf. tableau ci-dessous

Les équations allométriques suivantes par espèces peuvent être utilisées (Howard et al., 2019). Si l'espèce intrinsèque au projet n'est pas présente dans le tableau, l'équation de Komiyama est à retenir.

Espèces	Equation allométrique : Biomasse aérienne (en kg) et DHP (en cm)	Sources
<i>Avicennia germinans</i>	$B = 0,200 \times DHP^{2,9}$ <4cm	(Fromard et al., 1998)
<i>Avicennia germinans</i>	$B = 0,14 \times DHP^{2,44}$ >4cm et <60cm	(Fromard et al., 1998)
<i>Rhizophora Mangle</i>	$B = 0,178 \times DHP^{2,472}$	(Imbert & Rollet, 1989) (Cintron et Shaeffer – Novelli, 1994)
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	$B = 0,186 \times DHP^{2,42}$ <25cm	(Clough and Scott, 1989)
<i>Xylocarpus granatum</i>	$B = 0,82,3 \times DHP^{2,59}$ <25cm	(Clough and Scott, 1989)
<i>Avicennia marina</i>	$B = 0,308 \times DHP^{2,11}$ <35cm	(Comley and McGuinness, 2005)
<i>Pterocarpus Officinalis</i>	$B = 0,119 \times DHP^{2,42}$	(Chave et al., 2005 utilisé par Bompuy 2013) <sup>27</sup>
Autre	Komiyama et al. (2005)	

<sup>27</sup> <http://www.theses.fr/2013AGUY0674>

### Annexe 3 : Valeurs de Tier 1 GIEC

Les valeurs ci-dessous sont les Valeurs de Tier 1 à prendre en compte, issues de l'annexe du GIEC (2013 *Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetland*).

#### 1. Stock de carbone de la biomasse aérienne vivante

$tMS_{aérien,t,i}$	Tonnes de matières sèche, en année t, dans le faciès i.
--------------------	---

	Stock de carbone dans le compartiment aérien ; t.d.m/ha	95% IC
<b>Tropical humide</b>	192	187,204
<b>Tropical Sec</b>	92	88,970
<b>Subtropical</b>	75	66,840

#### 2. Accumulation annuelle de carbone de la biomasse aérienne vivante

$tMS_{aérien,t,i}$	Tonnes de matières sèche, en année t, dans le faciès i.
--------------------	---

	Accumulation annuelle de carbone dans le compartiment aérien ; t.d.m/ha/an	95% IC
<b>Tropical humide</b>	9.9	9.4 , 10.4
<b>Tropical Sec</b>	3.3	3.1 , 3.5
<b>Subtropical</b>	18.1	17.1 , 19.1

#### 3. Stock de carbone de la biomasse souterraine vivante

$Ratio_{Racinaire,t,i}$	Tonne de racines par tonne de matières sèches par hectare, en année t, dans le faciès i ; sans unité
-------------------------	--

	Ratio racinaire ; sans unité	95% IC
<b>Tropical humide</b>	0.49	0.47, 0.51
<b>Tropical Sec</b>	0.29	0.28, 0.30
<b>Subtropical</b>	0.96	0.91, 1

#### 4. Stock de carbone de la biomasse aérienne morte (litière)

$C_{litière,t,i}$	Stock de carbone dans la litière, au temps t, dans le faciès i ; exprimé en tC
-------------------	--

	Stock de carbone dans la litière ;	
--	------------------------------------	--

	tC/ha	95% CI
<b>Mangroves</b>	0.7	0, 1.3

### 5. Stock de carbone de la biomasse aérienne morte (bois mort)

$C_{boismort,t,i}$	Stock de carbone de bois mort, au temps t, dans le faciès i ; exprimé en tC/ha
--------------------	--

	Stock de carbone de bois mort ; tC/ha	95% CI
<b>Mangroves</b>	10.7	6.5, 14.8

### 6. Accumulation annuelle de carbone dans la litière et bois mort

	Accumulation annuelle (t/ha/an mature)*
<b>Litière</b>	0,04
<b>Bois mort</b>	0,54

\* Accumulation annuelle (t/ha/an) = Stock maximum atteint pour une mangrove mature (tC/ha) / 20 (années)

### 7. Stock de carbone dans le sol

$C_{COSref,t,e}$	Stock de carbone du sol, en année t, dans le faciès i ; exprimé en tC/ha/an
------------------	---

	COS ; tC/ha	95% CI
Sols Organiques	471	436, 510
Sols Minéraux	286	247, 330
Sols agrégés	386	351 , 424

## 8. Accumulation annuelle de carbone dans le sol

$C_{COS\ ref,t,e}$	Stock de carbone du sol, en année t, dans le faciès i ; exprimé en tC/ha/an	
	<b>tC/ha/an</b>	<b>95% CI</b>
Sols Organiques	1.62	1.3 , 2

## Annexe 4 : Plan de suivi et échantillonnage de la biomasse

Un plan d'échantillonnage est mis en œuvre sur la durée du projet pour établir le stock de carbone en situation de référence ainsi que de projet et lors des vérifications au cours du projet. Il est possible pour le construire de suivre le Guide de restauration de Mangrove élaborée par le Pôle Relais Zones Humides Tropicales<sup>28</sup> ou le Guide de l'IUCN<sup>29</sup> qui proposent des recommandations pour l'échantillonnage (type, nombre, taille et localisation, etc.).

Les informations à obtenir dans le cadre de ce plan de suivi sont :

1. Inventaire **des essences présentes** au sein de la parcelle p.
2. **Le diamètre « à hauteur de poitrine » (DHP)** des arbres. Le DHP est le diamètre de l'arbre à 1,30 m du sol. Grâce à cette donnée, il est possible de déterminer le taux de matières sèches de l'arbre grâce aux équations allométriques, et ainsi, de calculer le stock de carbone contenu dans l'arbre grâce à un coefficient (0,45).
3. En fonction des équations allométriques utilisées, la mesure de **hauteur** est nécessaire.

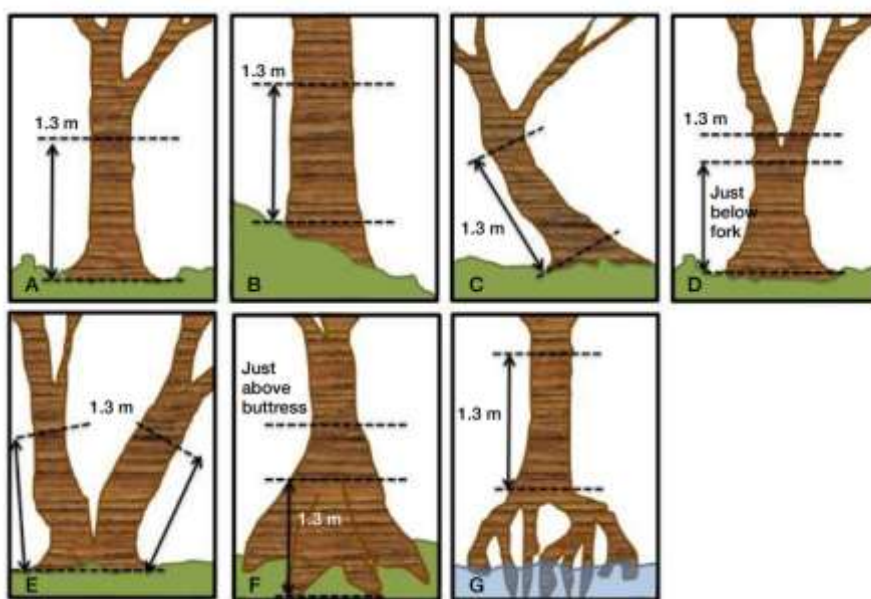


Figure 2 Schématisation de la mesure du Diamètre à Hauteur de Poitrine (DHP) suivant différents cas de figures (Blue Carbon initiative Manual, IUCN, from Pearson et al. 2005)

Les données DHP sont ensuite utilisées dans le cadre des **équations allométriques** fournies en Annexe 1 afin d'établir le contenu t.d.m de l'unité inventoriée. Un tableau de ce type peut être construit pour chacune des parcelles de la campagne d'échantillonnage.

<sup>28</sup> PRZHT, (2018). Guide technique, la Restauration de mangrove. <https://uicn.fr/wp-content/uploads/2019/03/guide-restauration-web-25.03.pdf>

<sup>29</sup> IUCN (2021). Manual for the creation of Blue Carbon projects in Europe and the Mediterranean. Otero, M. (Ed)., 144 pages

Pour le Tier 3, estimation du carbone dans le sol par échantillonnage, extrait de: Manual for the creation of Blue Carbon projects in Europe and the Mediterranean, (IUCN,2021 ; page 84-85)

MANUAL FOR THE CREATION  
OF BLUE CARBON PROJECTS  
IN EUROPE AND THE MEDITERRANEAN

### Step 4: Determine the type, number, size and location of plots

#### Type

Temporary plots are cheaper, easier and quicker to assess. They are useful for single carbon assessments, such as for determining carbon stocks in an area. Permanent plots, on the other hand, enable direct comparison over time for assessing changes in carbon stocks, such as those related to climate change or anthropogenic actions, but are more expensive and slower to sample and set up, as permanent markers have to be installed. Furthermore, it is advisable to overestimate the number of plots needed in permanent plots, as is common to lose some of the plots over time. As blue carbon projects require a monitoring programme, permanent plots are recommended.

#### Number

The number of plots selected is governed by the accuracy required for the carbon stock estimates and the variability of those stocks within each layer of the soil. For REDD+ standard projects a common uncertainty target is less than 15% of the mean at a 95% confidence interval [76].

If there are no estimates of variability of carbon stocks, the sample number is set according to the resources available, with at least one plot in each stratum at each location. A circular plot example is shown in figure 22. Guidance from estimations carried out in Australia has suggested that 40 cores were sufficient to capture the regional variability over an area the size of the country, however the sample number may need to be increased over finer scales, e.g. looking at gradients in blue carbon [77]. A large number of smaller plots can help catch the within-strata variability better than a single large plot.

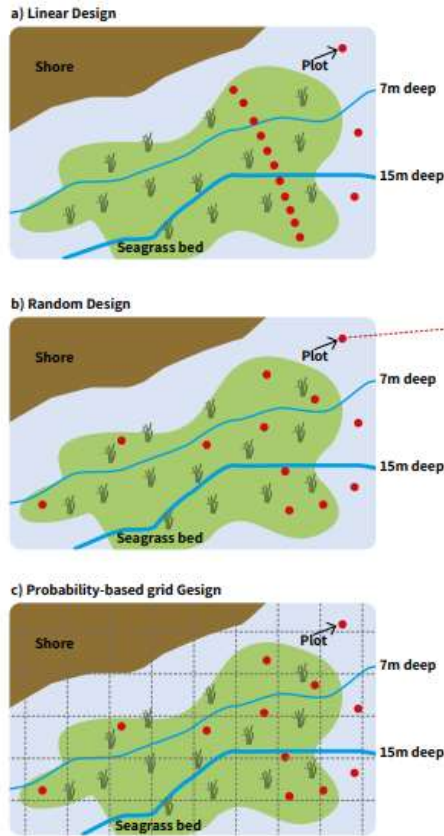
#### Location

Common types of plot distribution include:

- a) **Linear:** most often used when measuring the effect of a variable on the carbon pools; assumes that the strata used represent the gradient of the variable (Fig. 22a).
- b) **Random:** plots are picked at random within each stratum, without any prior knowledge of the carbon stocks within the strata, so that within-strata variability is represented by the samples (Fig. 22b).
- c) **Probability-based grid design:** a grid is placed over the map, sometimes aligned with the strata, and only a single point is sampled within each grid ensuring that the sampling is spread out across the sample area (Fig. 22c).

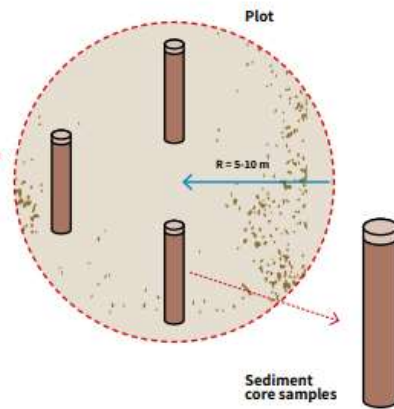
Unless access or resources are restricted, random or probability-based grid sampling should be conducted. Significant differences in carbon stocks between plots in a stratum indicate strata were not correctly assigned. Increasing the sampling effort can help increase the accuracy of estimates or one can accept a loss of accuracy and report the within-strata variability. If the goal of the project is to estimate how much carbon has been sequestered or accumulated in a blue carbon ecosystem in the past, but there is no information on how much carbon there was previously, a control area would need to be sampled as well. A control area should be a nearby area, where the environmental conditions are as similar as possible. This would allow estimation of how much carbon is accumulated in the project ecosystem owing to the presence of the seagrass or coastal marsh. The carbon accumulated in the project study area minus the carbon accumulated in the control area is indicative of the likely carbon accumulated because of project implementation and your project viability.





**Figure 22:** Example of plot location strategies in a seagrass meadow, (a) Linear design, (b) Random design, and (c) Probability-based grid design (modified from Howard et al., 2014 [65]). Plots outside the meadow are the control plots. The same sampling strategies would be used for a salt marsh.

An example of a plot with the different random sampling points.



85

### Step 5: Sampling Frequency for Permanent Plots

Sampling frequency will depend on the objectives of the project, the expected rate of change of the estimated parameter and the studied carbon pool [71]. Changes in below-ground stocks are slower than in above-ground biomass, which vary throughout the year. Sampling is recommended during the period of maximum biomass [78].

This would allow estimation of how much carbon is accumulated in the project ecosystem owing to the

presence of the seagrass or coastal marsh. The carbon accumulated in the project study area minus the carbon accumulated in the control area will equal the carbon accumulated because of the project implementation.

For total carbon stocks, a five-yearly sampling period is common. Sampling intervals of 10 to 20 years are also common but may miss changes in stock or sequestration due to natural or anthropogenic stress. The frequency of the sampling period should meet the guidelines of the chosen standard for participation in carbon markets.