



La contribution des écosystèmes de carbone bleu à l'atténuation des changements climatiques

Objet

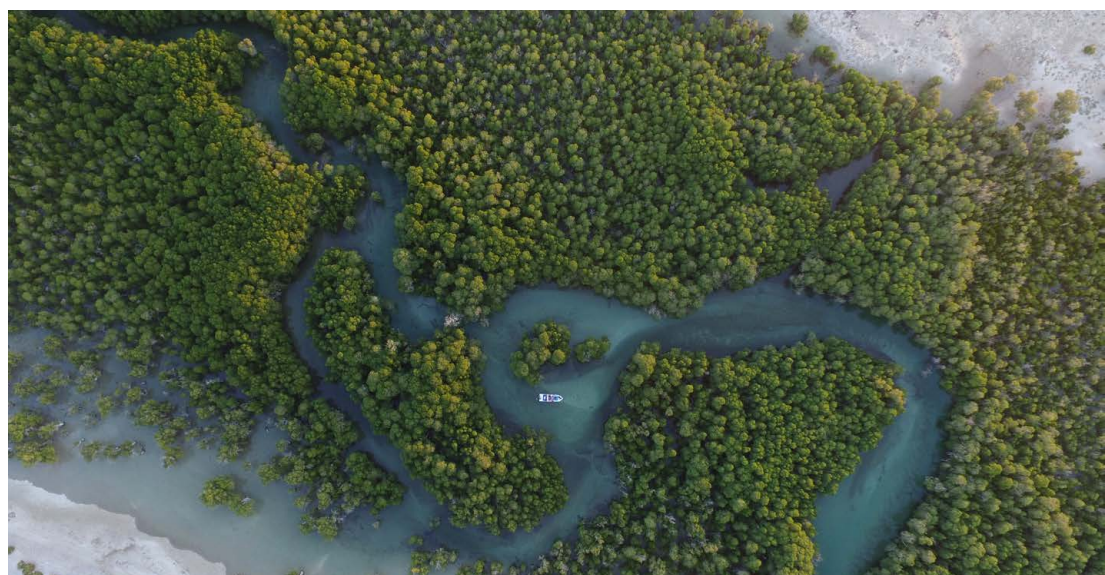
Cette note d'information a pour objectif d'élargir les connaissances sur l'étendue et l'état des écosystèmes de carbone bleu dans les zones humides d'importance internationale (Sites Ramsar) et d'explorer la manière dont ces écosystèmes peuvent contribuer à l'atténuation des changements climatiques et à l'adaptation à ces changements en appliquant des solutions fondées sur la nature. Cette note d'information soutient également l'application des lignes directrices sur l'utilisation rationnelle préparées par la Convention sur les zones humides, aux écosystèmes de carbone bleu afin de protéger leur capacité à séquestrer et à stocker le carbone, ainsi que les nombreux autres avantages qu'ils procurent, contribuant ainsi à la mission de la Convention visant à promouvoir l'utilisation rationnelle des zones humides.

Contexte

La présente note d'information a été préparée par le Groupe d'évaluation scientifique et technique (GEST) de la Convention sur les zones humides, en réponse à la Résolution XIII.14, *Promouvoir la conservation, la restauration et la gestion durable des écosystèmes côtiers de carbone bleu*. Cette note d'information, qui s'appuie sur une étude documentaire des écosystèmes de carbone bleu dans les Sites Ramsar, décrit l'étendue spatiale, les caractéristiques écologiques et l'état des écosystèmes côtiers de carbone bleu dans les Sites Ramsar¹.

Les écosystèmes de carbone bleu, plus précisément les forêts de mangroves, les marais intertidaux et les herbiers marins, sont des zones humides côtières qui absorbent continuellement le dioxyde de carbone atmosphérique, stockant de grandes quantités de ce carbone dans leurs sols et les sédiments. La conservation et la restauration des écosystèmes de carbone bleu constituent une approche fondée sur la nature de l'atténuation et de l'adaptation au climat, tout en fournissant toute une série d'autres services écosystémiques précieux.

La protection, la gestion et la restauration des écosystèmes de carbone bleu peuvent être renforcées par l'inscription de nouveaux Sites Ramsar, par l'amélioration de la gestion des Sites existants et par la réduction des menaces qui entraînent la dégradation et la disparition des zones humides côtières. Ces actions peuvent figurer au nombre des Contributions déterminées au niveau national (CDN) en vue d'atteindre les objectifs de l'Accord de Paris de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Des efforts inlassables doivent être déployés pour lever l'incertitude quant à l'étendue des écosystèmes de carbone bleu, qui limite actuellement la capacité des Parties contractantes à les gérer efficacement à des fins d'atténuation et d'adaptation au climat et à rendre compte de leur absorption et de leurs émissions de carbone.



1 Beers, L., S. Crooks, S. & Fennessy, S. (2020). Desktop study of blue carbon ecosystems in Ramsar Sites. Rapport réalisé par Silvestrum Climate Associates à la demande du Groupe d'évaluation scientifique et technique de la Convention sur les zones humides.

Resources pertinentes de la Convention

[Résolution XI.14](#) : Les changements climatiques et les zones humides : implications pour la Convention de Ramsar sur les zones humides

[Résolution XII.13](#) : Les zones humides et la prévention des risques de catastrophe

[Résolution XIII.14](#) : Promouvoir la conservation, la restauration et la gestion durable des écosystèmes côtiers de carbone bleu

[Résolution XIII.15](#) : Valeurs culturelles et pratiques des peuples autochtones et des communautés locales, et leur contribution à l'atténuation des changements climatiques et à l'adaptation à ces changements dans les zones humides

[Résolution XIII.20](#) : Promouvoir la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides intérieures et des habitats associés sur le plan écologique

[Manuel No. 12](#) : Gestion des zones côtières

[Rapport technique No. 5](#) : A framework for assessing the vulnerability of wetlands to climate change (Cadre d'évaluation de la vulnérabilité des zones humides au changement climatique)

[Note d'information No. 10](#) : Wetland restoration for climate change resilience (Restauration des zones humides à des fins de résilience aux changements climatiques)

[Fiches techniques](#) : Restaurer les zones humides marines et côtières: pour qu'elles prospèrent

Messages clés

- **Les écosystèmes de carbone bleu absorbent et stockent des quantités importantes de carbone de l'atmosphère. Ainsi, leur conservation et leur restauration sont essentielles pour atténuer le changement climatique.** Les écosystèmes de carbone bleu sont des zones humides soumises à l'influence des marées, notamment les mangroves, les marais intertidaux et les herbiers marins, où le carbone est capté par des organismes vivants et stocké dans la biomasse (la masse totale d'organismes vivants dans une zone) et les sédiments. S'il n'est pas perturbé, le carbone stocké dans les sédiments est stable et peut y subsister pendant des milliers d'années. En revanche, en cas de perturbation ou de drainage, des quantités importantes de ce carbone peuvent être rapidement libérées. Étant donné que les écosystèmes de carbone bleu absorbent et stockent une forte concentration de carbone par unité de surface, il est tout à fait justifié de les inclure dans les plans d'atténuation des effets du changement climatique.
- **Les écosystèmes de carbone bleu sont présents sur tous les continents, à l'exception de l'Antarctique, et couvrent une superficie estimée à 49 millions d'hectares** (The International Blue Carbon Initiative, 2020). **L'étendue totale des écosystèmes de carbone bleu situés sur des Sites Ramsar n'a pas été entièrement cartographiée.** Selon des estimations mondiales, le stockage total de carbone dans les écosystèmes de carbone bleu est compris entre 10,450 et 25,070 millions de tonnes de carbone dans le premier mètre de sol, à savoir 512 tonnes de carbone par hectare dans les herbiers marins, et 917 et 1028 tonnes de carbone par hectare dans les marais salés et les mangroves, respectivement (Pendelton *et al.* 2012). De même, les Sites Ramsar comportant des forêts de mangroves affichent les stocks de carbone les plus élevés compris entre 212,1 et 725,1 tonnes par hectare (Beers *et al.* 2020). C'est l'équivalent de chaque hectare de forêt de mangrove qui stocke du carbone contenu dans 1,1 million de litres de pétrole (Environmental Protection Agency des États-Unis, 2021).
- **L'étendue des forêts de mangroves sur les Sites Ramsar a diminué de 4 % en moyenne entre 1997 et 2016. Ce taux de perte (estimé à 0,2 % par an) est d'un ordre de grandeur inférieur à la perte annuelle moyenne mondiale estimée à 2 %.** Malgré cela, la superficie de plus des deux tiers des forêts de mangrove situées sur des Sites Ramsar a diminué, ce qui signifie que ces forêts n'ont plus la même capacité de séquestrer le carbone, mais qu'elles aussi subissent des pertes évitables, le carbone stocké dans les sols et la biomasse ayant de ce fait été libéré dans l'atmosphère. Par ailleurs, environ 20 % des Sites Ramsar ont vu la superficie de leur mangrove augmenter et, par conséquent, ils séquestrent davantage de carbone, initialement en grande partie dans la biomasse des arbres. (Beers *et al.* 2020).
- **L'absence de cartographie précise des écosystèmes de carbone bleu au niveau mondial ne nous permet pas de bien connaître la couverture géographique globale qu'ils représentent, en particulier en ce qui concerne les marais intertidaux et les herbiers marins.** Une enquête menée auprès des Parties contractantes a révélé que cette lacune constituait l'obstacle le plus courant à leur protection, leur restauration et leur gestion durable. L'absence de données constituant un inventaire de base de l'étendue globale des écosystèmes de carbone bleu est également susceptible d'entraîner une sous-estimation de leurs avantages climatiques.

- **Il est possible de combler certaines lacunes en matière d'action politique, notamment en incluant la protection et la restauration des écosystèmes de carbone bleu dans les CDN dans le cadre de l'Accord de Paris sur le climat.** Les informations sur l'étendue des écosystèmes de carbone bleu constituent une exigence minimale pour pouvoir inclure le carbone bleu dans les CDN. Le supplément Zones humides du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) peut être utilisé pour tenir compte des écosystèmes de carbone bleu dans les inventaires nationaux des émissions de gaz à effet de serre (GES). Ainsi, il sera possible d'aligner les mesures de gestion sur les politiques internationales en vigueur ou en cours d'élaboration et sur les engagements nationaux en matière de changement climatique. Selon la manière dont un pays définit ce qu'est une « forêt », les mangroves peuvent également être incluses dans son programme REDD+.
- **Si les écosystèmes de carbone bleu peuvent être considérés comme des « zones privilégiées » de stockage du carbone, ils offrent également de nombreux autres avantages, notamment en contribuant à l'adaptation des écosystèmes au changement climatique.** Au nombre de leurs contributions on peut citer : la protection du littoral et contre les inondations, la protection de la qualité de l'eau, le soutien aux moyens d'existence, le soutien à la biodiversité et à l'habitat pour les poissons (par exemple, les nourriceries), les oiseaux, les invertébrés et les mammifères, ainsi que les capacités de construction des terres.

Le problème

Le carbone bleu fait référence au carbone stocké et séquestré dans les zones humides côtières et est défini par la Convention sur les zones humides comme suit : « le carbone capturé par les organismes vivants dans les écosystèmes côtiers et marins (mangroves, marais salés [intertidaux] et herbiers marins) et stocké dans la biomasse et les sédiments. »

¹ La majeure partie du carbone capturé est stockée dans les sols et les sédiments, ce qui entraîne une accumulation de carbone à long terme (Windham-Myers *et al.* 2019, Chmura *et al.* 2003). Par conséquent, les zones humides côtières constituent un puits de carbone permanent et puissant, avec des taux d'enfouissement du carbone dans les sédiments jusqu'à 55 fois plus rapides que les forêts tropicales humides (McLeod *et al.* 2011). Cette absorption de carbone contribue à contrebalancer les émissions humaines de GES, conférant aux écosystèmes de carbone bleu un rôle important dans l'atténuation du changement climatique. Les écosystèmes de carbone bleu fournissent également d'autres avantages écosystémiques importants qui contribuent au bien-être humain, tels que la protection des côtes contre les tempêtes et les inondations, la protection de la qualité de l'eau, le soutien à la biodiversité, la nourriture pour soutenir les moyens d'existence durables et les zones d'alevinage pour de nombreuses espèces marines².

Lorsque les écosystèmes de carbone bleu sont perdus ou dégradés, l'impact sur le carbone est double. Le premier est la perte du potentiel de séquestration du carbone (c'est-à-dire d'absorption annuelle de carbone) à des taux élevés par zone que l'on trouve généralement dans les écosystèmes de carbone bleu. Le second est la libération dans l'atmosphère de l'ancien carbone enfoui qui a été stocké au cours des derniers siècles ou millénaires ; ce carbone augmente le réchauffement climatique (Pendelton *et al.* 2012). De tels impacts peuvent faire passer les écosystèmes de carbone bleu de puits de carbone nets à des sources nettes de GES. Cette note d'information est un résumé de ce que l'on sait des écosystèmes de carbone bleu, l'accent étant mis sur les écosystèmes de carbone bleu dans les Sites Ramsar (regroupés par régions Ramsar), en utilisant les données et les informations disponibles permettant de faire des estimations en matière de séquestration et de stockage de carbone d'une manière conforme au supplément Zones humides du GIEC (2014).

1 L'avertissement suivant de la Rés. XIII.14 mérite d'être noté : « Toutefois, toutes les Parties contractantes n'adhèrent pas à cette définition ou ne reconnaissent pas la Convention de Ramsar comme forum compétent pour traiter des dispositions relatives à l'établissement de rapports et à la comptabilité en matière d'atténuation. »

2 Voir thebluecarboninitiative.org.

Les écosystèmes de carbone bleu et le réseau de Sites Ramsar

À l'échelle mondiale, tous les écosystèmes de carbone bleu (pas seulement ceux des Sites Ramsar) représentent près de 50 % de l'enfouissement du carbone dans les sédiments marins, alors qu'ils occupent moins de 2 % de la superficie des océans (Duarte *et al.* 2013). Ce carbone est prélevé dans l'atmosphère, stocké dans la biomasse végétale, avant d'être stockés à long terme dans les sédiments (Crooks *et al.* 2019). La conservation, la restauration et l'utilisation rationnelle des zones humides pour maintenir les fonctions permanentes de séquestration et de stockage du carbone et pour arrêter et inverser les émissions des sites dégradés ou détruits sont des stratégies efficaces d'atténuation des effets du changement climatique (Note d'information Ramsar No. 10, Crooks *et al.* 2019). À l'inverse, la perte et la dégradation des écosystèmes de carbone bleu contribuent de manière significative au changement climatique mondial. On estime que jusqu'à un milliard de tonnes de dioxyde de carbone est libéré chaque année par des écosystèmes de carbone bleu dégradés, un volume qui équivaut à près de 20 % des émissions mondiales dues à la déforestation (Pendelton *et al.* 2012). Selon les estimations actuelles, environ un tiers de la superficie autrefois couverte par les écosystèmes de carbone bleu est déjà perdu, et ces écosystèmes sont toujours menacés. La forte teneur en carbone (carbone par unité de surface) des écosystèmes de carbone bleu a conduit le GIEC à élaborer des Lignes directrices pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Ces lignes directrices constituent la base de l'évaluation et de la déclaration nationale des écosystèmes de carbone bleu dans les CDN au titre de l'Accord de Paris de la CCNUCC. En 2018, 58 pays ont inclus les écosystèmes de carbone bleu dans leurs engagements de CDN visant à réduire les émissions nettes de GES (Crooks *et al.* 2019). Par conséquent, la comptabilisation précise du carbone dans les zones humides devient essentielle pour déterminer si les cibles et objectifs nationaux sont atteints.

La valeur des écosystèmes de carbone bleu dans l'accumulation et la protection de stocks de carbone disproportionnés s'étend aux zones humides côtières, qu'elles fassent partie ou non de Sites Ramsar. En tant que tels, tous les écosystèmes de carbone bleu devraient être pris en considération en termes de conservation et de restauration. Des informations provenant de la base de données du Service d'information sur les Sites Ramsar (RSIS) (veuillez noter que certaines mises à jour récentes du RSIS peuvent ne pas figurer dans cette analyse) ont permis de déterminer spécifiquement l'étendue de la séquestration et du stockage du carbone dans les Sites Ramsar. Il en résulte une compilation de 780 Sites Ramsar qui comprennent au moins un, voire plusieurs écosystèmes de carbone bleu (voir Tableau 1, Figure 1).

Figure 1.
Répartition des Sites Ramsar abritant des écosystèmes à carbone bleu (ECB), indiquant le nombre d'ECB dans chaque site. Les écosystèmes comprennent les zones humides intertidales, les zones humides forestières intertidales, les herbiers marins et les zones humides dominées par des buissons [insert link](#) (Beers *et al.* 2020).

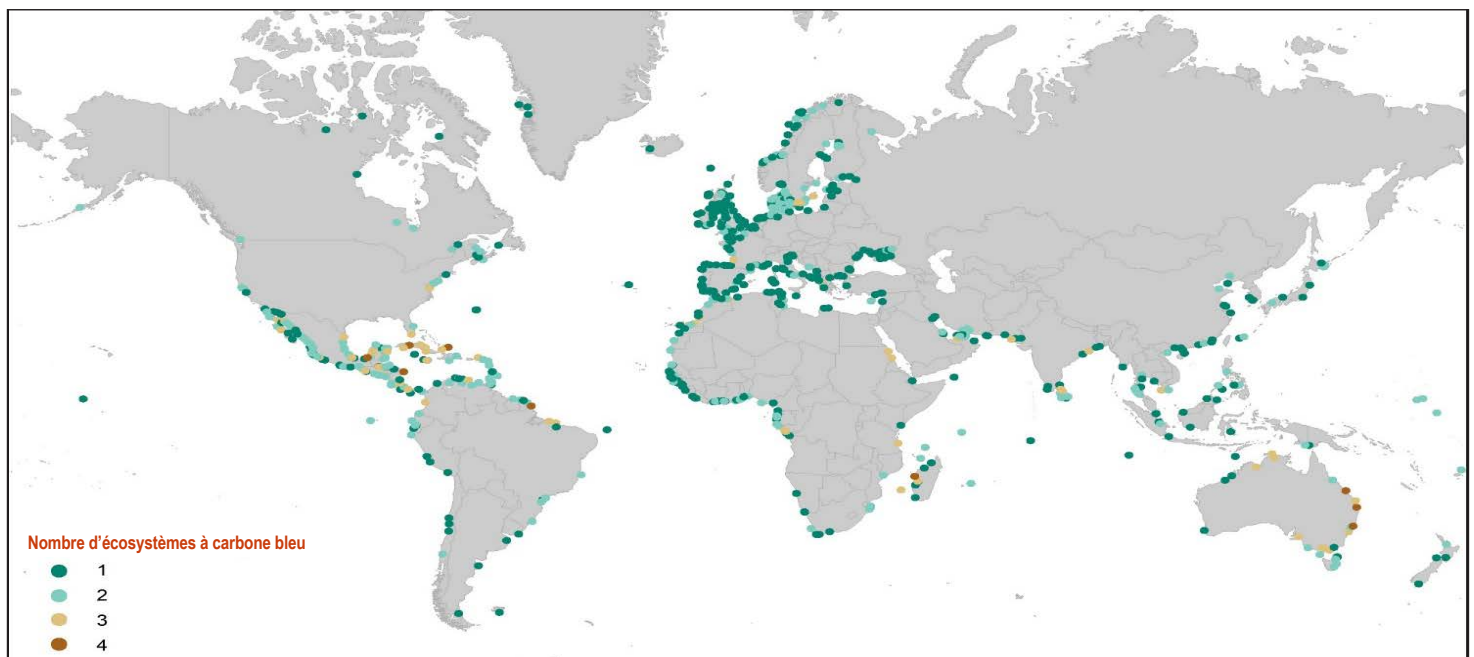


Tableau 1. Occurrence (nombre et type) des écosystèmes de carbone bleu dans les Sites Ramsar, par région. Notez que certains Sites Ramsar possèdent plusieurs écosystèmes de carbone bleu. Les forêts de mangroves sont un sous-ensemble des zones humides boisées intertidales. (Beers *et al.* 2020).

Région Ramsar	# total de Sites Ramsar	Zones humides boisées intertidales et dominées par des buissons	Forêts de mangroves (sous-ensemble des zones humides boisées)	Marais intertidaux	Herbiers marins
Afrique	116	78	61	61	41
Asie	93	70	62	38	29
Europe	337	53	20	286	103
Amérique latine & Caraïbes	87	83	72	52	36
Amérique du Nord	110	79	69	83	42
Océanie	37	31	17	27	20
Total	780	394	301	547	271

Étendue de la forêt de mangrove

Les activités humaines ont causé la perte d'environ 30 % de la superficie mondiale originale des mangroves. Actuellement, on trouve des forêts de mangrove dans 121 pays situés dans les régions tropicales et subtropicales et 70 Parties contractantes entretiennent des Sites Ramsar contenant des mangroves. Pour estimer la superficie des mangroves, le stockage du carbone et les changements dans chacun de ces éléments au fil du temps, nous avons utilisé les données extraites en 2018 du Global Mangrove Watch (GMW) par Bunting *et al.* 2018. Les données sur l'étendue des mangroves réunies en 1997, 2007 et 2016 ont été comparées pour calculer les changements intervenus dans les zones de mangroves d'une décennie à l'autre (Tableau 2). Pour 45 Sites Ramsar, il n'existe pas de données du GMW³ ; ceux-ci ne figurent donc pas dans l'analyse.

En 2016, les Sites Ramsar abritaient plus de 3,8 millions d'hectares de mangroves (Tableau 2). La superficie des mangroves a diminué de 4 % en moyenne entre 1997 et 2016 (Tableau 2), ce qui est conforme aux tendances observées à l'échelle mondiale ; toutefois, le taux de perte dans les Sites Ramsar, estimé à 0,2 % par an, est environ 10 fois plus lent que la moyenne mondiale de 2 % de pertes annuelles (Blue Carbon Initiative). Bien que les raisons de cette différence n'aient pas fait l'objet de recherches détaillées, les écosystèmes de carbone bleu situés dans les Sites Ramsar semblent être mieux protégés que ceux situés à l'extérieur.



Mangrove, Pagbilao Quezon, Philippines
Crédit : Adriane B. Tobias

3 Cette omission n'est pas expliquée dans Bunting *et al.* (2018).

La perte de mangroves a été constatée dans toutes les régions Ramsar, à l'exception de l'Europe, qui a enregistré une augmentation de 14 % au cours de cette période (en grande partie grâce à un site dont la superficie a augmenté de 55 %). Les pertes de mangroves les plus importantes ont été observées en Amérique latine et dans les Caraïbes, qui possèdent la plus grande étendue de mangroves, et le plus grand changement en pourcentage a été enregistré en Amérique du Nord, avec un déclin de 8 %. Au total, plus de 158 000 ha de mangrove ont disparu des régions Ramsar au cours de cette période.

Tableau 2. Superficie totale des mangroves (ha) dans les Sites Ramsar en 1997, 2007 et 2016 ; données extraites de la base de données de Global Mangrove Watch et changements enregistrés au fil du temps en termes de superficie dans chaque région Ramsar. Les valeurs négatives représentent une perte de superficie et les valeurs positives un gain de superficie de mangrove.

Région Ramsar	Superficie en 1997 (ha)	Superficie en 2007 (ha)	Superficie en 2016 (ha)	Changement (ha) 1997-2007	Changement (ha) 2007-2016	Changement (ha) 1997-2016	% Changement 1997-2016
Afrique	693,010	686,445	661,711	-6,565	-24,734	-31,299	-5%
Asie	873,946	861,697	858,409	-12,249	-3,288	-15,537	-2%
Europe	37,418	39,938	42,702	2,520	2,764	5,284	14%
Amérique latine & Caraïbes	1,325,005	1,292,607	1,273,923	-32,398	-18,684	-51,082	-4%
Amérique du Nord	834,240	816,189	770,767	-18,051	-45,422	-63,473	-8%
Océanie	157,677	157,055	155,554	-622	-1,501	-2,123	-1%
Total	3,921,296	3,853,931	3,763,066	-67,365	-90,865	-158,230	-4%

Étendue des zones humides des marais intertidaux

Les marais intertidaux sont les écosystèmes dominants du carbone bleu dans la zone tempérée, bien qu'on les rencontre également dans la partie supérieure de zones intertidales sous les tropiques. L'utilisation et la conversion par l'homme des marais intertidaux se poursuivent depuis des centaines ou des milliers d'années, ce qui rend difficile l'estimation de leur étendue initiale (Lovelock *et al.* 2019). Contrairement aux écosystèmes de mangrove, les zones humides des marais intertidaux n'ont pas été systématiquement cartographiées à l'échelle mondiale au fil du temps ; il est donc difficile d'estimer leur étendue et la quantité de carbone qu'elles absorbent et stockent.

En raison du manque de données, les changements qui ont pu intervenir en termes de superficie des marais intertidaux dans les Sites Ramsar n'ont pas pu être déterminés. Les données n'étaient disponibles que pour 42 % de ces Sites (230 sur 546 Sites Ramsar). Concernant les Sites qui ont été cartographiés, la plaine d'inondation de la rivière Ord en Australie affiche la plus grande superficie cartographiée (143,741 ha) tandis que la superficie moyenne est de 2,494 ha.



Vue de la Baie du Mont-Saint-Michel photographiée depuis la côte d'Hirel, Ille-et-Vilaine (35).
Crédit : Clément JOURDAN

Tableau 3. Superficie totale des marais intertidaux pour lesquels des données géospatiales étaient disponibles (230 des 546 Sites Ramsar) et superficie totale estimée des herbiers marins pour lesquels des données étaient disponibles pour chaque région Ramsar. Les données disponibles étant limitées, ces chiffres sont probablement sous-estimés pour chaque région.

Région Ramsar	Zone de marais intertidal cartographiée (ha)
Afrique	713
Asie	37,104
Europe	287,773
Amérique latine & Caraïbes	6,152
Amérique du Nord	10,294
Océanie	251,470
Total	593,506

Source: Beers *et al.* 2020.

Étendue des herbiers marins

La superficie des herbiers marins a largement diminué à l'échelle mondiale, en grande partie en raison de la détérioration de la qualité de l'eau (Forqurean *et al.* 2012). Bien que les estimations portant sur la superficie des herbiers marins dans le monde soient très peu précises, elles révèlent une augmentation des pertes, passant d'une moyenne estimée de 0,9 % par an avant 1940 à 7 % de perte par an depuis 1990 (Waycott *et al.* 2009 ; UNEP, 2020). La difficulté à cartographier ces écosystèmes vient encore largement compliquer la collecte de données sur l'étendue des herbiers marins. Par exemple, les techniques de télédétection utilisées pour cartographier les zones humides à grande échelle ne sont souvent pas en mesure de pénétrer avec précision dans les eaux où se trouvent les herbiers marins. Par conséquent, il n'existe pas de données globales sur leur étendue ou leur évolution au fil du temps au niveau mondial.

Pour remédier à ce problème, des modèles ont été utilisés pour faire des estimations de la distribution des herbiers marins dans le monde (Jayathilake & Costello, 2018). L'Atlas mondial des herbiers marins (Green et Short, 2003), a permis de compiler des estimations sur l'étendue des herbiers marins dans les Sites des régions Ramsar où des données étaient disponibles (Tableau 4), bien que ces estimations ne soient en aucun cas exhaustives.



Tableau 4. Estimations de la superficie des herbiers marins dans les régions Ramsar pour lesquelles des données sont disponibles.

Région Ramsar	Superficie estimée (ha)
Afrique	Pas de données
Amérique du Nord ¹	2,431,500
Asie ²	3,212,000
Europe ³	894,000
Océanie ⁴	9,641,800

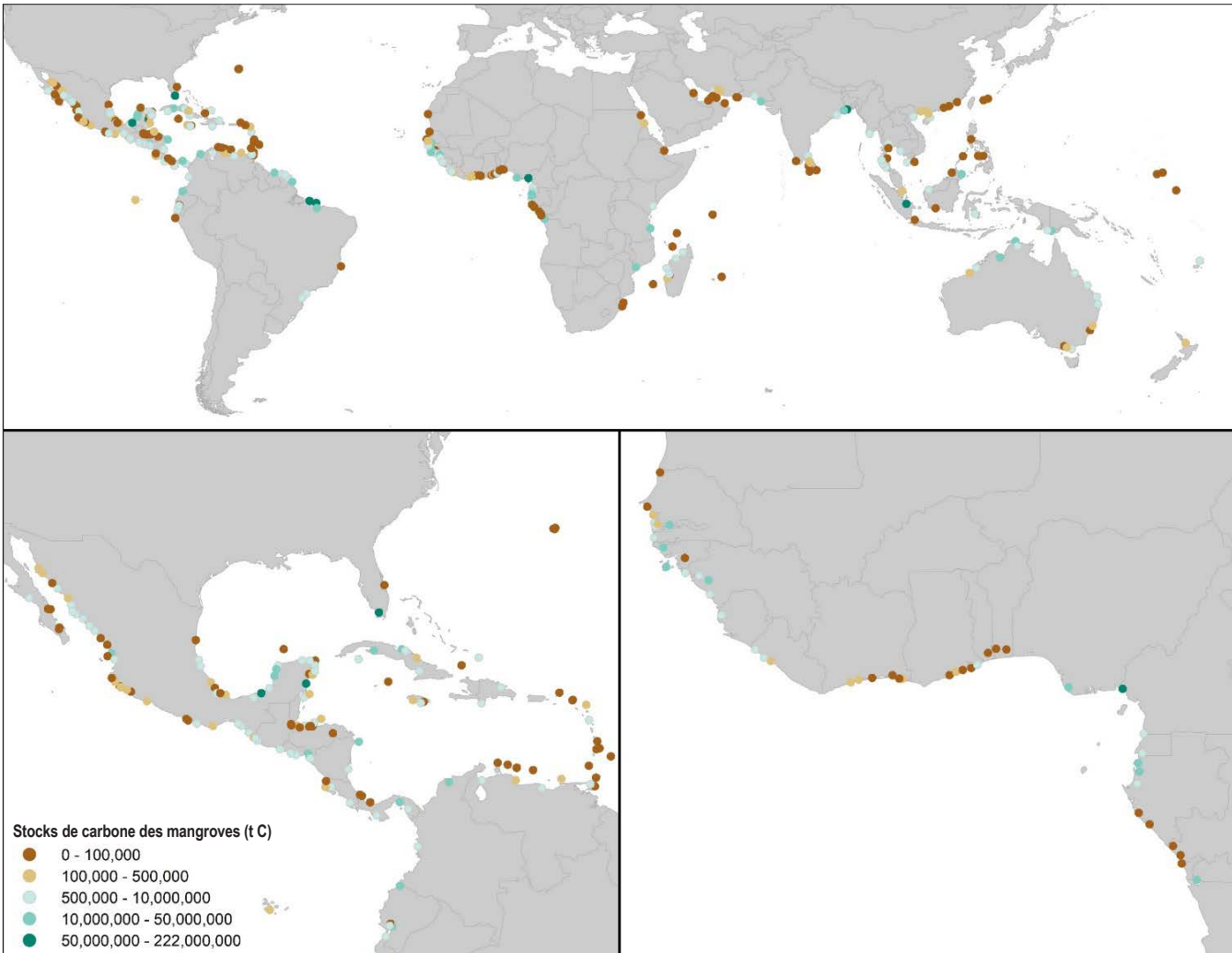
Source : Green et Short, 2003; ¹ Côte pacifique de l'Amérique du Nord, côte ouest de l'Atlantique Nord des États-Unis, centre du littoral atlantique des États-Unis, golfe du Mexique, côte est de la Floride, Mexique ; ² Thaïlande, Malaisie péninsulaire, Indonésie, Inde, Philippines, Viet Nam, Japon et République de Corée ; ³ Scandinavie, Europe occidentale, Méditerranée occidentale et mers euro-asiatiques ; ⁴ Australie occidentale, Australie orientale et Nouvelle-Zélande.

Estimations des stocks, absorptions et émissions de carbone des écosystèmes de carbone bleu

Stocks de carbone des forêts de mangroves

Les mangroves sont des écosystèmes riches en carbone affichant des concentrations élevées de carbone (carbone par unité de surface), ce qui rend leur conservation essentielle pour que la séquestration se poursuive et pour éviter des pertes de carbone stocké dans les mangroves (émissions évitables). Les estimations des stocks de carbone contenus dans la biomasse des mangroves dans les régions Ramsar ont été réalisées à l'aide des valeurs mondiales produites grâce au modèle de Hutchinson *et al.* 2014. Une grande partie du carbone stocké dans les écosystèmes de mangrove se trouve dans le sol.

Figure 2.
Stocks totaux de carbone dans les écosystèmes de mangrove (arbres plus sols) dans les Sites Ramsar (unités en t C). Les encadrés de la carte supérieure sont repris en-dessous (Beers *et al.* 2020).



Pour cette estimation, les stocks de carbone du sol ont été dérivés du Global Mangrove Watch. Pour les sites pour lesquels on ne disposait pas de données relatives au sol ou à la biomasse, la valeur du Site Ramsar le plus proche a été utilisée comme approximation. Les calculs ont été effectués en utilisant uniquement la couche supérieure du sol sur un mètre de hauteur, ce qui fait que les stocks de carbone risquent d’être sous-estimés dans de nombreux endroits (Kauffman *et al.* 2020) ; cependant, il n’existe actuellement aucune méthode permettant de modéliser la profondeur du sol.

Les Sites Ramsar comportant des mangroves détiennent en moyenne 432,6 tonnes de carbone par hectare (ou t C ha⁻¹) réparties dans leurs sols et leur biomasse, allant d’un minimum de 353.6 t C ha⁻¹ en Amérique du Nord à un maximum de 522.8 t C ha⁻¹ en Europe, et à 514.81 en Amérique latine et dans les Caraïbes (Tableau 5 ; Figure 2). La quantité de carbone dans le sol des Sites Ramsar se situait entre 122 et 579 t C ha⁻¹ (Sites Estero el Chorro au Mexique et Parc national de Sembilang en Indonésie, respectivement). Le Parc national de Sembilang affichait également le stock de carbone le plus élevé (biomasse des arbres plus sol ; 725.13 t C ha⁻¹) et la Basse Vallée de l’Ouémé, la Lagune de Porto-Novo, le lac Nokoué au Bénin affichaient les stocks les plus faibles (126.87 t C ha⁻¹), ce qui s’explique probablement par les différences de climat et de contexte hydrogéomorphologique entre ces Sites Ramsar.

Émissions et absorptions de carbone dans les forêts de mangrove avec changement de superficie

Des estimations des pertes totales de carbone stocké dans les mangroves (lorsque le carbone est libéré dans l’atmosphère, ce que l’on appelle des émissions négatives) et de l’absorption (lorsque le carbone de l’atmosphère est absorbé) ont été réalisées pour les Sites Ramsar sur une période de 20 ans, entre 1997 et 2016 (Tableau 5 ; pour plus de détails sur cette analyse, voir Beers *et al.* 2020). Cette analyse n’a pu être réalisée que pour les mangroves, les autres écosystèmes de carbone bleu ne disposant pas de données chronologiques. Deux tiers des mangroves des Sites Ramsar ont perdu en superficie au fil du temps et ont donc laissé s’échapper du carbone. Toutefois, environ 20 % des sites ont vu leur habitat de mangrove augmenter et séquestrent des quantités croissantes de carbone, principalement dans la biomasse des arbres. D’après les données disponibles, les forêts de mangrove dans chaque région Ramsar séquestrent entre 19.2 et 620.7 millions de tonnes de carbone.

Tableau 5. Estimations de la quantité moyenne de carbone dans le sol et la biomasse des mangroves (au-dessus et au-dessous du sol ; t C par hectare) dans les Sites Ramsar, par région Ramsar. Le tableau indique également la quantité totale de carbone stockée dans les mangroves potentiellement perdue ou gagnée par région en raison de la perte de superficie des mangroves au cours de la période 1997-2016 (les valeurs négatives indiquent une perte de carbone ; cette estimation est faite pour le carbone séquestré dans le sol jusqu’à une profondeur d’un mètre), ainsi que le carbone total stocké dans ces Sites (Beers *et al.* 2020).

Région Ramsar	Stock moyen C sol (t C ha ⁻¹)	Stock moyen C biomasse (au-dessus + sous le sol (t C ha ⁻¹))	Stock moyen total C (sol + biomasse : t C ha ⁻¹)	Perte totale C 1997 – 2016 (millions tonnes métriques, MT)	Total C séquestré dans tous les Sites (millions de tonnes métriques, MT)
Afrique	291.71	107.80	399.51	-13.77	292.1
Asie	318.63	107.81	426.44	-4.97	289.7
Europe	410.52	109.02	522.84	1.92	19.2
Amérique latine & Caraïbes	401.25	115.78	514.81	-26.38	620.7
Amérique du Nord	264.90	88.63	353.53	-27.85	326.2
Océanie	303.19	75.02	378.22	-0.81	58.9
Moyenne	331.70	100.68	432.56	--	--

Stocks de carbone des zones humides intertidales

Les données sur le carbone piégé et stocké par les zones humides intertidales sont limitées. Par exemple, il n'existe aucune estimation au niveau mondial de la biomasse aérienne et souterraine pour les zones humides intertidales. Cependant, une étude réalisée récemment sur une sélection variée de zones humides émergentes, a révélé une fourchette étroite (0,97 - 2,67 t C ha⁻¹) de valeurs de production de biomasse, qui est susceptible de s'appliquer à l'échelle mondiale en raison de la diversité des espèces et des types de zones humides utilisés dans ces estimations (Byrd *et al.* 2019). Le supplément Zones humides du GIEC fournit des estimations de niveau 2 (au niveau des pays) pour relier la biomasse aérienne à la biomasse souterraine.

Il n'existe pas non plus de données spatiales au niveau mondial pour les stocks de carbone dans le sol des zones humides intertidales. Pour estimer le carbone du sol par région Ramsar, les valeurs du niveau 1 (mondial) du supplément Zones humides du GIEC ont été utilisées (elles peuvent être utilisées jusqu'à 1 m de profondeur en fonction du type de sol (par exemple, sol minéral ou organique ; Tableau 6). Le stockage de carbone (total) dans les zones humides intertidales des régions Ramsar varie de 183,620 tonnes (Afrique) à 74,159,600 tonnes (Europe). L'Océanie compte un total de 251,470 ha de marais intertidaux qui stockent près de 65,000,000 tonnes de C (ou ~65 téagrammes ; Tableau 3).

Tableau 6 : Carbone des marais intertidaux (biomasse aérienne et souterraine et sol ; t C par hectare) dans les Sites Ramsar par région Ramsar (Beers *et al.* 2020).

Région Ramsar	Nombre de Sites	Superficie totale dans la région (ha)	C total séquestré sur tous les sites (tonnes)
Afrique	2	710	183,620
Asie	13	37,100	9,561,700
Europe	185	287,770	74,159,600
Amérique latine & Caraïbes	7	6,150	1,585,330
Amérique du Nord	6	10,290	2,652,720
Océanie	25	251,470	64,804,160
Total	238	593,490	152,947,130

Stocks de carbone des herbiers marins

Comme pour les zones humides intertidales, il n'existe pas de données mondiales sur la biomasse des herbiers marins ou sur les stocks dans les sols sous-jacents, ce qui rend difficile l'estimation du stockage de carbone dans ces écosystèmes de carbone bleu. Toutefois, en s'appuyant sur les documents existants, Fourqurean *et al.* 2012 ont réuni des données sur le carbone stocké dans les plantes et les sols de 946 herbiers marins à travers le monde, qui peuvent être appliquées aux Sites Ramsar une fois que les zones d'herbiers marins sont connues. Lorsque des données sur la biomasse aérienne au niveau du site sont disponibles, le supplément Zones humides du GIEC comprend des conversions de niveau 2 (au niveau régional) en biomasse souterraine. Le supplément Zones humides du GIEC présente également des valeurs de niveau 1 (mondial) pour le carbone du sol des herbiers marins stocké à 1 m. Dès que des estimations de superficie deviennent disponibles pour d'autres Sites Ramsar contenant des herbiers marins, ces conversions du GIEC peuvent être appliquées pour estimer les stocks de carbone du sol.



Figure 3.
Stocks totaux de carbone dans les écosystèmes des marais intertidaux dans les Sites Ramsar (unités en t C). Les encadrés de la carte supérieure sont repris en-dessous (Beers *et al.* 2020).

Séquestration du carbone dans le sol et taux d'émission de GES

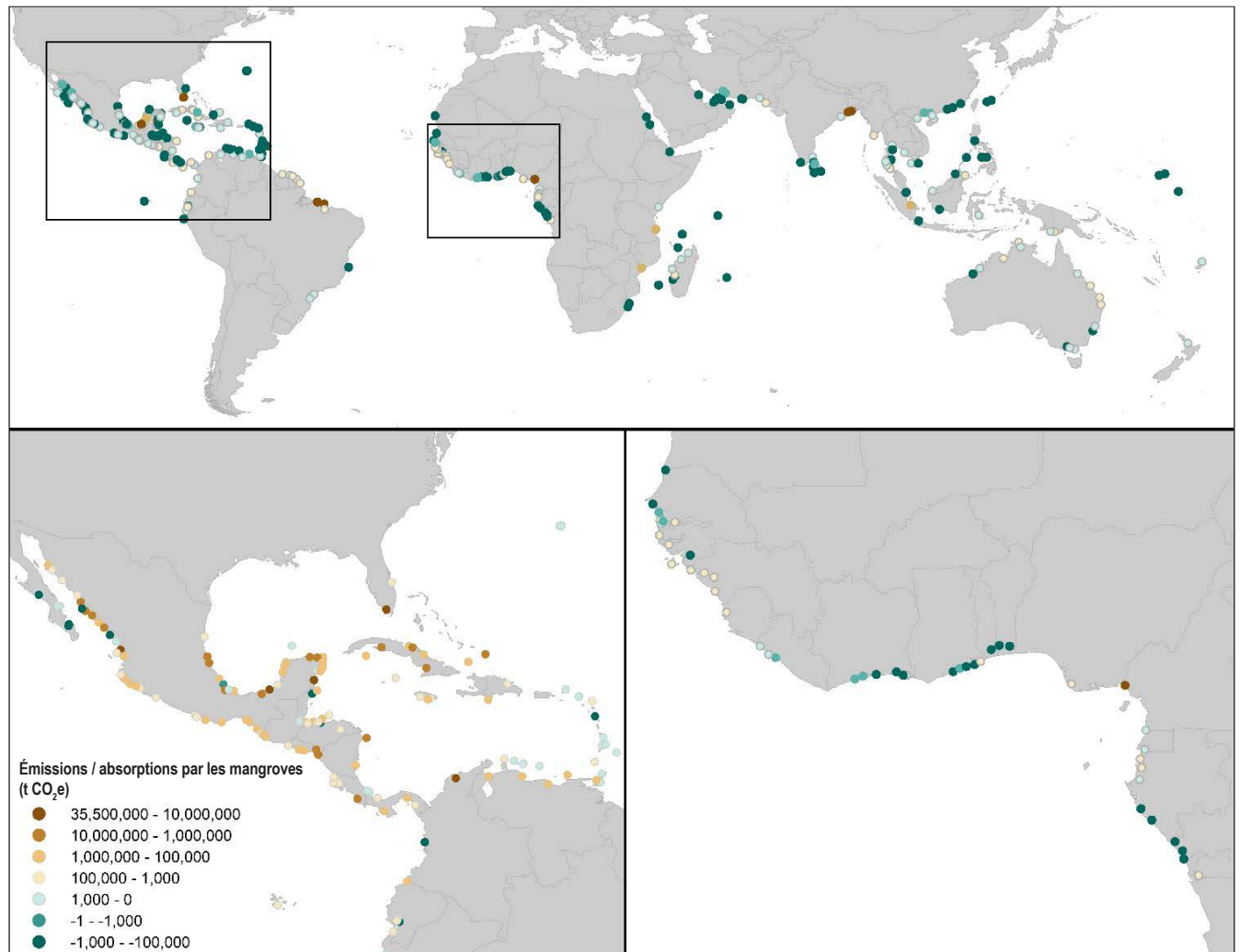
La séquestration du carbone dans le sol représente la capacité des écosystèmes de carbone bleu à absorber le dioxyde de carbone de l'atmosphère et à le stocker dans les sols à long terme, ce qui en fait un processus vital pour la réduction des concentrations de carbone dans l'atmosphère. Les taux annuels d'enfouissement du carbone sont généralement plus élevés dans les mangroves et les marais intertidaux que dans les herbiers marins (Tableau 7 ; Hiraishi *et al.* 2014). Dans les Sites Ramsar pour lesquels des données sont disponibles sur l'étendue des mangroves et/ou des marais intertidaux, le taux moyen d'enfouissement du carbone du GIEC pour chaque écosystème a été utilisé pour estimer les taux de séquestration du carbone dans le sol.

Tableau 7. Taux d'enfouissement du carbone du sol dans les écosystèmes de carbone bleu (d'après Hiraishi *et al.* 2014, Tableau 4.2 ; taille de l'échantillon N).

Écosystème	Taux d'enfouissement du carbone (t C ha ⁻¹ an ⁻¹)			N
	Moyen	95 % IC	Fourchette	
Mangroves	1.62	1.3 - 2.0	0.10 – 2.2	69
Marais intertidaux	0.91	0.7 - 1.1	0.05 – 4.65	69
Herbiers marins	0.43	0.2 - 0.7	0.09 – 1.12	6

Lorsque les écosystèmes de carbone bleu sont perturbés ou convertis à d'autres utilisations des terres, ils libèrent dans l'atmosphère le carbone qu'ils ont stocké. Au total, les trois principaux GES, le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4) et, dans une moindre mesure, l'oxyde nitreux (N_2O , provenant principalement de l'aquaculture), sont libérés (Hu *et al.* 2012). Dans les écosystèmes de zones humides exposés à la marée, où la salinité est supérieure à 18 unités pratiques de salinité (PSU), les émissions de méthane sont jugées négligeables. Lorsqu'on fait des estimations des émissions des Sites Ramsar, on suppose que toutes les mangroves et tous les marais salés ont une salinité supérieure à 18 PSU. Il n'y aura donc pas d'émissions de méthane. Lorsque les salinités sont inférieures à 18 PSU, les émissions de méthane peuvent être très variables ; cependant, le supplément Zones humides du GIEC donne une valeur d'émissions par défaut de $193.7 \text{ kg CH}_4 \text{ ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$, ce qui équivaut à $29.84 \text{ t CO}_2\text{e ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ (c.-à-d. équivalents de dioxyde de carbone ; Hiraishi *et al.* 2014) (Figure 4). Au fur et à mesure que les données sur l'étendue des zones humides d'eau douce et saumâtre s'affinent, la valeur par défaut du GIEC peut être appliquée pour améliorer ces estimations.

Figure 4.
Émissions et absorptions dues à la modification des zones de mangrove entre 1997 et 2016 dans les Sites Ramsar (unités en $\text{t CO}_2\text{e}$). Les émissions sont des valeurs positives et les absorptions des valeurs négatives. Les encadrés de la carte supérieure sont repris en-dessous (Beers *et al.* 2020).



Le carbone bleu et les Contributions déterminées au niveau national (CDN)

L'Accord de Paris (Décision I/CP.21) a établi des CDN pour réduire les émissions de GES afin de lutter contre le changement climatique. En vertu de cet accord, les Parties sont tenues de préparer et de communiquer leurs CDN, et d'établir les mesures nécessaires pour atteindre ces objectifs de réduction du carbone dans le cadre des activités qu'elles proposent. À partir de 2020, et ensuite tous les cinq ans, les Parties devront soumettre à nouveau leurs CDN qui devront comporter des objectifs révisés et plus ambitieux (Anisha *et al.* 2020).

Les écosystèmes côtiers de carbone bleu peuvent être intégrés aux CDN dans le cadre des solutions prévues pour atténuer le changement climatique et s'y adapter. Cependant, certains éléments essentiels, tels que la cartographie de l'étendue des zones humides et la détermination de la teneur en carbone de la biomasse, de la matière organique morte et des sols, sont nécessaires pour soutenir des contributions efficaces (Stocktake report, 2017).

Pour remédier au manque d'informations spécifiques sur les zones humides, le GIEC a préparé le supplément Zones humides 2013 qui vient compléter ses Lignes directrices pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (IPCC, 2014). Ce supplément couvre les zones humides intérieures sur sols organiques et minéraux, les zones humides côtières (mangroves, marais tidaux et herbiers marins) et les zones humides construites pour le traitement des eaux usées. Il fournit des facteurs d'émission et des orientations pour des scénarios particuliers d'utilisation des terres. Par exemple, des facteurs d'émission sont fournis pour les mangroves asséchées, qui peuvent devenir une source importante de dioxyde de carbone. Le GIEC a également mis au point une approche permettant de prendre en compte les nouvelles sources et les nouveaux puits de carbone bleu. Par exemple, la gestion forestière dans les mangroves peut inclure le prélèvement de bois (perte de carbone) ou la replantation de mangroves sur des sols réhumidifiés ou saturés (absorption de carbone) (résumé de Troxler *et al.* 2019).

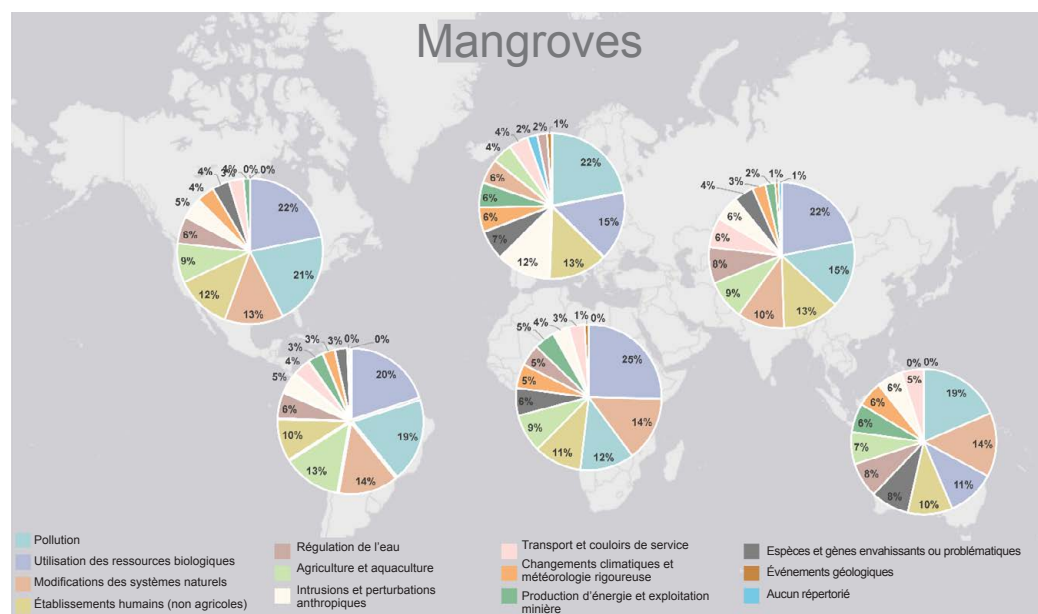
Si les zones humides doivent être incluses dans les CDN, les considérations suivantes sont importantes (d'après Beasley *et al.* 2019) :

- **Déterminer l'étendue et la portée géographique des écosystèmes de carbone bleu.**
 - L'identification de l'étendue des zones humides côtières est la première étape dans l'utilisation du supplément Zones humides du GIEC, qui ne requiert que des informations sur la superficie des écosystèmes de carbone bleu combinées à des approximations pour calculer le potentiel d'absorption et de stockage du carbone.
- **Établir des cibles et des objectifs d'atténuation spécifiques pour les écosystèmes côtiers bleus.**
 - Les cibles pour les écosystèmes côtiers (par ex. gestion et restauration) peuvent inclure des objectifs de lutte contre les GES et des méthodes similaires à celles utilisées pour les forêts afin de reconnaître la protection et la conservation des écosystèmes de carbone bleu ou les émissions évitées grâce à ces écosystèmes.
 - Si les mangroves sont spécifiquement intégrées dans la définition de la forêt nationale, elles peuvent faire partie du programme REDD+ du pays et peuvent être intégrées à la préparation des CDN.
- **Adaptation.**
 - Les écosystèmes de carbone bleu peuvent être intégrés dans la section concernant l'adaptation au changement climatique des CDN d'un pays donné ou dans les plans nationaux d'adaptation (PNA) au changement climatique et/ou sa communication relative à l'adaptation (CA). Compte tenu de la valeur inestimable que représentent les zones humides côtières en termes d'adaptation, notamment la protection contre les inondations et la sécurité de l'eau et des aliments, il est légitime que les écosystèmes de carbone bleu figurent dans cette section.

Évaluation des menaces qui pèsent sur les écosystèmes de carbone bleu Ramsar

Une conservation et une restauration efficaces des zones humides côtières sont tributaires de la manière dont nous appréhendons les perturbations anthropiques, ou menaces, qui peuvent entraîner la dégradation et la perte des écosystèmes de carbone bleu. Les informations sur les menaces peuvent aider à évaluer les avantages des écosystèmes de carbone bleu et à planifier leur restauration. Afin de caractériser les menaces qui pèsent sur les écosystèmes de carbone bleu, les informations de la base de données du Service d'information sur les Sites Ramsar (RSIS) soumises par les Parties contractantes ont servi de base pour compiler les menaces les plus courantes qui se trouvent à l'intérieur ou à proximité des Sites Ramsar.

Les menaces pesant sur les Sites Ramsar varient selon les écosystèmes et les régions. Dans les zones humides forestières intertidales et les mangroves, l'utilisation des ressources biologiques tend à être la menace dominante, suivie par la pollution et les modifications des systèmes naturels (Figure 5). En particulier, les zones humides à dominante arbustive de la région Océanie sont considérées comme les plus menacées par le changement climatique et les phénomènes météorologiques violents, et les herbiers marins présentent une prévalence plus élevée de menaces liées à la pollution, à l'utilisation des ressources et à la modification des systèmes naturels.



Il convient de noter que ce tableau des menaces est relativement simpliste. Une évaluation plus approfondie des menaces et de leur ampleur peut s'avérer nécessaire pour mieux comprendre les risques que les activités humaines font peser sur les écosystèmes de carbone bleu et qui limiteraient leur inclusion dans le cadre des CDN. Une menace potentielle non négligeable qui ne figure pas dans la liste établie par le RSIS est l'élévation du niveau de la mer qui risque d'avoir un impact significatif sur la plupart des écosystèmes côtiers. Il faudrait y remédier en l'ajoutant à la liste des menaces qui pourraient avoir un impact sur les écosystèmes de carbone bleu.

Enquête sur les besoins des Parties contractantes en matière d'écosystèmes de carbone bleu

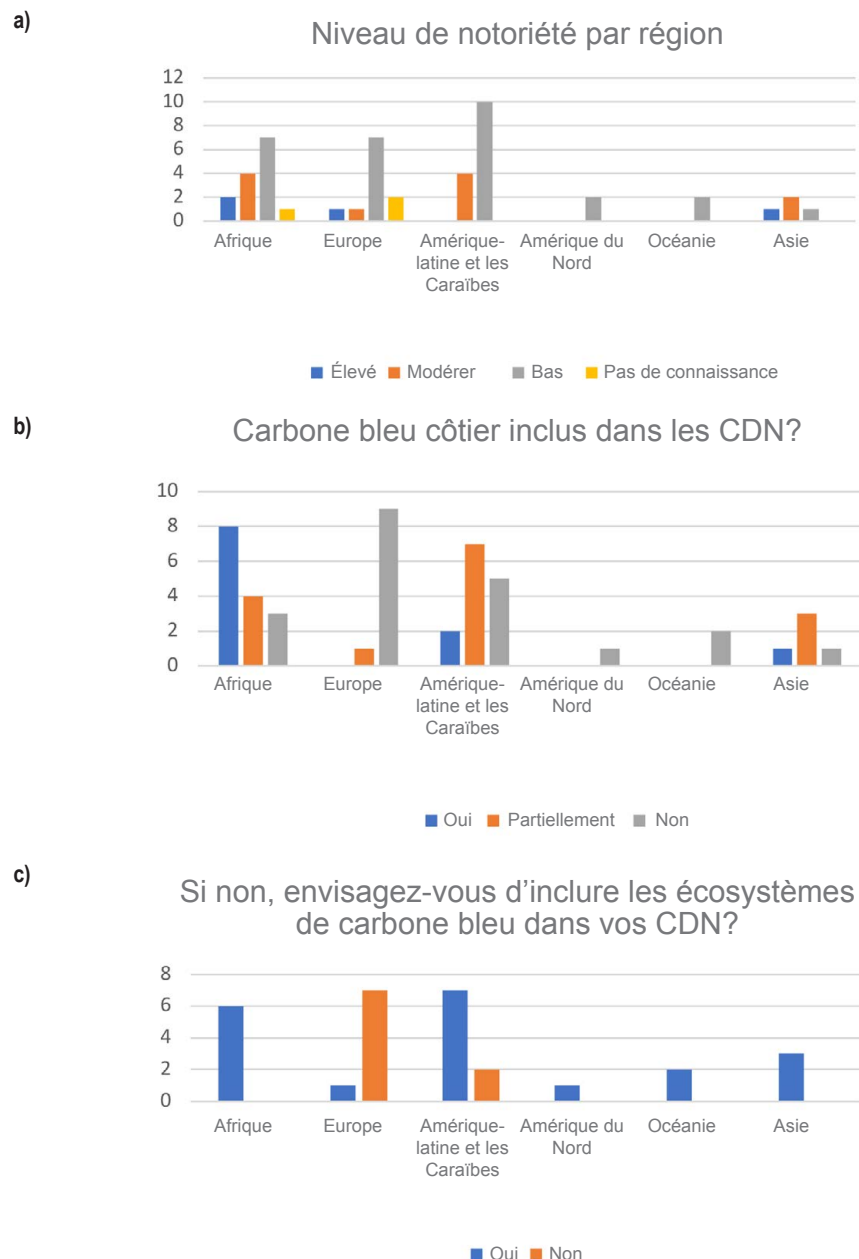
La protection, la gestion et la restauration des zones humides côtières peuvent apporter une contribution concrète et significative à l'atténuation du changement climatique et devraient donc être considérées comme une stratégie à inclure dans les CDN. L'inscription du carbone bleu dans les CDN dépend de la possibilité de chaque pays de réunir des informations spécifiques sur l'étendue de ses zones humides côtières et leur type, et de progresser pour procéder à un bilan carbone. Une enquête a été réalisée afin d'évaluer les capacités des Parties contractantes de la Convention et de déterminer leurs attentes et leurs besoins en matière de gestion des zones humides côtières. Cinquante-cinq Parties contractantes y ont participé.

S'agissant des écosystèmes de carbone bleu, les Parties contractantes qui ont répondu à l'enquête ont indiqué qu'il convenait de sensibiliser les autorités aux écosystèmes de carbone bleu, du niveau communautaire au niveau national. Dans chaque région Ramsar, 70 % des pays en moyenne ont indiqué que les autorités étaient peu, voire pas informées du tout sur les écosystèmes à carbone bleu ou les avantages qu'ils procurent (Figure 6a). Seuls quatre pays ont indiqué que la sensibilisation aux écosystèmes de carbone bleu était élevée, et la région Afrique a affiché le taux le plus élevé, avec 22 pays (40%) indiquant une sensibilisation modérée à forte. Cette ignorance des avantages du carbone bleu et des bienfaits des écosystèmes de carbone bleu nuit gravement à leur inscription au nombre des CDN.

La proportion de Parties contractantes des régions Ramsar qui ont inclus, ou prévoient d'inclure, les zones humides côtières dans leurs CDN varie ; dans toutes les régions Ramsar, près de 50 % des pays ont indiqué que les zones humides côtières ne figuraient pas actuellement dans leurs CDN. Plus de la moitié d'entre eux ont déclaré qu'ils prévoyaient d'inclure les écosystèmes de carbone bleu dans leur CDN (Figure 6b, c).

Au niveau mondial, l'absence de cartographie précise des écosystèmes de carbone bleu constitue une lacune importante qui limite notre compréhension de leur étendue et de leur portée géographique, en particulier en ce qui concerne les marais tidaux et les herbiers marins. Les Parties contractantes ont clairement identifié cette lacune, puisque près de 80 % des répondants ont indiqué que leurs zones humides côtières n'étaient que partiellement cartographiées ou n'étaient pas cartographiées du tout. Seuls huit pays (soit une moyenne de 14 % pour l'ensemble des régions Ramsar) ont indiqué que tous leurs écosystèmes de carbone bleu étaient entièrement cartographiés. L'absence de cartographie complète était l'obstacle le plus communément identifié (par plus de 50 % des répondants), limitant la

Figure 6.
Réponses des Parties contractantes, regroupées par région Ramsar, ayant participé à l'enquête du Secrétariat de la Convention sur les zones humides sur la gestion des écosystèmes de carbone bleu, aux questions suivantes : a) Quel est le niveau de sensibilisation aux écosystèmes côtiers de carbone bleu et à leur importance, au niveau des gouvernements, des provinces et des communautés ? b) Votre pays inclut-il les écosystèmes côtiers de carbone bleu dans ses Contributions déterminées au niveau national (CDN) pour la mise en œuvre de l'Accord de Paris ? et c) Si non, envisagez-vous d'inclure les écosystèmes côtiers de carbone bleu dans les engagements futurs au titre de vos CDN ?



capacité des Parties contractantes à protéger, restaurer et gérer durablement les écosystèmes de carbone bleu. La deuxième préoccupation la plus courante (exprimée par 25 % des pays) portait sur la nécessité de renforcer les capacités d'évaluer les stocks de carbone et l'évolution de ces stocks au sein des écosystèmes côtiers de carbone bleu, notamment l'acquisition/la recherche de données pour combler ces lacunes.

L'introduction de la protection et de la gestion des zones humides côtières dans les CDN et les PNA contribuera à améliorer leur conservation et permettra de tirer profit des services écosystémiques. Ainsi, les Parties contractantes peuvent compenser leurs obligations en matière de climat par les multiples avantages que procurent les zones humides. Le supplément Zones humides du GIEC publié en 2013 et les orientations méthodologiques qu'il fournit en matière d'estimation des émissions et des absorptions ont considérablement fait progresser l'établissement des bilans carbone nécessaires pour déterminer les contributions climatiques des écosystèmes de carbone bleu.

Conclusions

Les Sites Ramsar ne protègent qu'un faible pourcentage de l'étendue totale des écosystèmes de carbone bleu dans les régions Ramsar ; cependant, ils séquestrent et stockent des quantités importantes de carbone, contribuant à l'atténuation des changements climatiques et soutenant d'autres services écosystémiques précieux. La désignation Ramsar offre un niveau de protection international important pour ce type de zones humides, comme en témoigne la perte plus lente que la moyenne des forêts de mangroves dans les Sites Ramsar, et donne aux Parties contractantes d'autres possibilités de protéger les écosystèmes de carbone bleu, soit par l'amélioration de leur gestion, soit par l'expansion des sites existants et/ou par la désignation de nouveaux sites. La perte plus lente que la moyenne des forêts de mangroves dans les Sites Ramsar en est la preuve. Les sites faisant l'objet d'une protection ou d'une gestion spéciale font également partie intégrante de plans plus globaux, à l'échelle nationale ou de l'écosystème, en faveur de l'utilisation rationnelle de toutes les zones humides.

Les lacunes importantes en matière de connaissance de la couverture géographique complète et de l'étendue des zones humides côtières dans le réseau mondial Ramsar constituent un obstacle pour les Parties contractantes qui souhaitent gérer efficacement leurs écosystèmes de carbone bleu. Il en découle que le carbone bleu n'est pas encore pleinement utilisé pour atténuer le changement climatique et ses impacts. Cette absence de données ne se limite pas aux Sites Ramsar mais constitue plutôt une lacune importante dans les connaissances au niveau mondial qu'il convient de combler pour tirer parti d'avantages multiples pour le climat, la nature et la personne. La protection, la gestion et la restauration des zones humides côtières peuvent être inscrites au nombre des CDN, en créant de nouveaux Sites Ramsar, en améliorant la gestion des Sites existants et en réduisant les menaces qui entraînent la dégradation et la perte de zones humides. Certains écosystèmes de carbone bleu peuvent également être intégrés dans d'autres désignations d'aires protégées nationales, régionales ou internationales ; par exemple, de nombreux écosystèmes côtiers et îles sont protégés par des réseaux officiels de parcs marins ou font parties de biens inscrits au patrimoine mondial, par exemple en Australie et dans d'autres pays de la région Océanie. En définitive, la mission de la Convention sur les zones humides, qui est de promouvoir l'utilisation rationnelle de toutes les zones humides, s'applique à toutes les mesures visant à protéger le carbone stocké et séquestré dans toutes les zones humides côtières, ainsi que les autres avantages que procurent ces zones humides. À cette fin, les Parties contractantes ayant un littoral devraient envisager d'inclure les zones humides côtières dans leurs stratégies climatiques.

Auteurs

Fennessy, M.S. Kenyon College, Gambier, Ohio, États-Unis d'Amérique.
Schille Beers, L. Sylvestrum Climate Associates, San Francisco, Californie, États-Unis d'Amérique.

Citation

Convention sur les zones humides. (2021). *La contribution des écosystèmes de carbone bleu à l'atténuation des changements climatiques*. Note d'information No. 12. Gland, Suisse : Secrétariat de la Convention sur les zones humides.

Références

- Anisha, N.F., Mauroner, A., Lovett, G., Neher, A., Servos, M., *et al.* (2020). Locking Carbon in Wetlands: Enhancing Climate Action by Including Wetlands in NDCs. Corvallis, U.S.A. and Wageningen, Netherlands: Alliance for Global Water Adaptation and Wetlands International.
- Beasley, E., Schindler Murray, L., Funk, J., Lujan, B., Kasprzyk, K. & Burns, D. (2019). Guide to Including Nature in Nationally Determined Contributions. A checklist of information and accounting approaches for natural climate solutions. Nature 4 Climate and partners. <https://www.conservation.org/docs/default-source/publication-pdfs/guide-to-including-nature-in-ndcs.pdf>.
- Beers, L., S. Crooks, S. & Fennessy, S. (2020). Desktop study of blue carbon ecosystems in Ramsar Sites. Report by Sylvestrum Climate Associates for the Scientific and Technical Review Panel of the Convention on Wetlands.
- Bunting, P., Rosenqvist, A., Lucas, R., Rebelo, L.-M., Hilarides, L. *et al.* (2018). The global mangrove watch—a new 2010 global baseline of mangrove extent. Remote Sensing, 10, 1669.
- Byrd, K.B., Mcowen, C., Weatherdon, L., Holmquist, J. & Crooks, S. (2019). Status of Tidal Marsh Mapping for Blue Carbon Inventories. In: L. Windham-Myers, Crooks, S. and Troxler, T.G. (eds.). A Blue Carbon Primer. Boca Raton, U.S.A.: CRC Press, pp. 179-198.
- Chmura, G.L., Anisfeld, S.C., Cahoon, D.R. & Lynch, J.C. (2003). Global carbon sequestration in tidal, saline wetland soils. Global Biogeochemical Cycles, 17, 12.
- Crooks, S., Windham-Myers, L. & Troxler, T.G. (2019). In: L. Windham-Myers, Crooks, S. and Troxler, T.G. (eds.). A Blue Carbon Primer. Boca Raton, U.S.A.: CRC Press, pp. 1-8

Duarte, C.M., Losada, I.J., Hendriks, I.E., Mazarrasa, I. & Marbà, N. (2013). The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation. Nature Climate Change, 3, 961-968.

Fennessy, S.M. & Lei, G. (2018). Wetland restoration for climate change resilience. Ramsar Briefing Note No.10. Gland: Ramsar Convention Secretariat.

Fourqurean, J.W., Duarte, C.M., Kennedy, H., Marbà, N., Holmer, M. *et al.* (2012). Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. Nature Geoscience, 5, 505-509.

Green, E. & Short, F. (2003). World Atlas of Seagrasses. Prepared by the UNEP World Conservation Monitoring Centre. Berkeley, U.S.A.: University of California Press.

Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J. *et al.* (2014). 2013 supplement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Wetlands. Switzerland: IPCC.

Hutchinson, J., Manica, A., Swetnam, R., Balmford, A. & Spalding, M. (2014). Predicting Global Patterns in Mangrove Forest Biomass. Conservation Letters, 7, 233-240.

Hu, Z. Lee, J., Chandran, K., Kim, S. & Khanal, S. (2012). Nitrous Oxide (N₂O) Emission from Aquaculture: A Review. Environmental Science & Technology, 46; 6470-6480. DOI: 10.1021/es300110x.

IPCC. (2014). 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands, Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. and Troxler, T.G. (eds.). Switzerland: IPCC.

IPCC. (2019). Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Switzerland IPCC, DOI:10.21513/0207-2564-2019-2-05-13.

Jayatilake, D.R., and Costello, M.J. (2018). A modelled global distribution of the seagrass biome. Biological Conservation, 226, 120-126.

Kauffman, J.B., Adame, M.F., Arifanti, V.B., Schille-Beers, L.M., Bernardino, A.F., *et al.* (2020). Total ecosystem carbon stocks of mangroves across broad global environmental and physical gradients. Ecological Monographs: e01405.

Lovelock, C., Fries, D., Kauffman, J. & Fourqurean, J. (2019). Human impacts on blue carbon ecosystems. In: Windham-Myers, L., Crooks, S. & Troxler, T.G. (eds.). A Blue Carbon Primer. Boca Raton, U.S.A.: CRC Press, pp. 17-26.

Mcleod, E., Chmura, G.L., Bouillon, S., Salm, R., Björk, M., *et al.* (2011). A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO₂. Frontiers in Ecology and the Environment, 9, 552-560.

Pendleton, L., Donato, D.C., Murray, B.C., Crooks, S., Jenkins, W.A., *et al.* (2012). Estimating global "blue carbon" emissions from conversion and degradation of vegetated coastal ecosystems. PLoS One, 7, e43542.

Stocktake Report (2017). International Blue Carbon Stocktake. Report for the International Partnership for Blue Carbon. Queensland, Australia: The University of Queensland.

The International Blue Carbon Initiative, <https://www.thebluecarboninitiative.org/>. Accessed: November, 2020.

Troxler, T.G., Kennedy, H., Crooks, S. & Sutton-Grier, A.E. (2019). Introduction of coastal wetlands into the IPCC Greenhouse Gas Inventory Methodological Guidance. In: Windham-Myers, L., Crooks, S. & Troxler, T.G. (eds.). A Blue Carbon Primer. Boca Raton, U.S.A.: CRC Press, pp. 217-234.

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

United States Environmental Protection Agency (EPA), Greenhouse Gas Equivalence Calculator, <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>. Accessed: August 2021.

Waycott M, Duarte, C.M., Carruther, T., *et al.* (2009). Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. Proceedings of the National Academy of Sciences, 106, 12377-81.

Windham-Myers, L., Crooks, S. and Troxler, T.G. (eds.). (2019). A Blue Carbon Primer: The State of Coastal Wetland Carbon Science, Practice and Policy. Boca Raton, U.S.A.: CRC Press.

Les opinions et appellations figurant dans la présente publication sont celles de ses auteurs et ne représentent pas nécessairement les opinions des Parties à la Convention sur les zones humides ou de son Secrétariat.

La reproduction de ce document en tout ou en partie, sous quelque forme que ce soit, à des fins pédagogiques ou non lucratives est autorisée sans accord préalable des détenteurs des droits d'auteur, à condition que la source soit dûment citée.

Le Secrétariat apprécierait de recevoir une copie de toute publication ou de tout matériel utilisant le présent document comme référence. Sauf indication contraire, cet ouvrage est protégé par licence Creative Commons Attribution – Pas d'Utilisation Commerciale – Pas de Modification

Les Notes d'Information Ramsar peuvent être téléchargées à l'adresse: <http://www.ramsar.org/fr/ressources>.

L'information sur le Groupe d'évaluation scientifique et technique (GEST) peut être consultée à l'adresse: www.ramsar.org/about/the-scientific-technical-review-panel.

Pour d'autres informations sur les Notes d'Information Ramsar ou pour des informations sur les moyens de correspondre avec leurs auteurs, veuillez contacter le Secrétariat de la Convention de Ramsar à l'adresse: strp@ramsar.org

Publié par le Secrétariat de la Convention sur les zones humides.

© 2021 Secrétariat de la Convention sur les zones humides.

La Convention sur les zones humides



La Convention sur les zones humides, est un traité intergouvernemental qui sert de cadre pour l'action nationale et la coopération internationale en faveur de la conservation et de l'utilisation rationnelle des zones humides et de leurs ressources.

