



SOCIÉTÉ POUR LA NATURE ET LES PARCS DU CANADA

LES AIRES PROTÉGÉES

UNE SOLUTION
CLIMATIQUE FONDÉE
SUR LA NATURE

RISA B. SMITH, PH.D.
DÉCEMBRE 2023



TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	4
LES AIRES PROTÉGÉES, UNE SOLUTION CLIMATIQUE FONDÉE SUR LA NATURE	5
AIRES PROTÉGÉES, SOLUTIONS CLIMATIQUES NATURELLES ET RÉCONCILIATION AVEC LES AUTOCHTONES	7
AIRES PROTÉGÉES ET ATTÉNUATION DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES	8
AIRES PROTÉGÉES ET ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES	11
LES POINTS CHAUDS À FORTE TENEUR EN CARBONE SONT MAL REPRÉSENTÉS DANS LES RÉSEAUX D'AIRES PROTÉGÉES DU CANADA	13
ÉLIMINATION DU CO ₂ EXCÉDENTAIRE DE L'ATMOSPHÈRE APRÈS 2050	21
CONCLUSIONS	23
SOURCES CITÉES	25

Photos de couverture; Andrew Darlington (cerf dans un champs), Benjamin L. Jones (herbier marin), Clement Fusil (mousse sauvage)

Ceci est un rapport technique basé sur des références et des recherches complétées par l'entremise de méthodes et méthodologies associées à la science occidentale.

La SNAP Canada reconnaît qu'il existe d'autres perspectives pertinentes sur les aires protégées en tant que solutions climatiques fondées sur la nature; des perspectives fondées sur des connaissances, y compris, mais sans s'y limiter, les connaissances autochtones et les connaissances écologiques traditionnelles (CET), et que cette expertise devrait être consultée et intégrée équitablement lors de la planification et de l'évaluation des aires protégées en tant que solutions climatiques fondées sur la nature.

Ce rapport a été rendu possible en partie grâce au financement de la Metcalf Foundation et de la Gordon and Betty Moore Foundation.



Photo : Shayd Johnson



Photo : Annie Spratt

« L’avenir du Canada – et du monde – dépend de l’efficacité avec laquelle les vastes stocks de carbone du Canada sont préservés. ¹ »

RÉSUMÉ

Le Canada peut tirer parti de la nature comme outil important pour réduire ses émissions de gaz à effet de serre (GES) en augmentant la protection d'écosystèmes clés, comme les complexes de tourbières nordiques dans les basses-terres de la baie d'Hudson et le bassin du fleuve Mackenzie, les forêts boréales et tempérées anciennes, les systèmes côtiers de carbone bleu, y compris les prairies de zostères et les marais salés restants sur les trois côtes, et les anciennes prairies. Le plus grand avantage à court terme (d'ici 2030) vient de la protection des écosystèmes denses en carbone, pour s'assurer que le carbone qu'ils stockent est sûr et que leur capacité à éliminer le CO₂ de l'atmosphère est maintenue. La restauration des écosystèmes endommagés est également importante, mais ses avantages se feront plutôt sentir à long terme (c'est-à-dire après 2050).

La mise en œuvre de solutions climatiques fondées sur la nature doit être menée dans le contexte de la reconnaissance des droits et des titres des terres autochtones, du respect du savoir autochtone et de l'assurance que les peuples autochtones jouent un rôle dominant dans les décisions relatives à l'utilisation des terres sur leurs territoires.

Les écosystèmes à forte teneur en carbone du Canada sont généralement mal représentés dans le réseau des aires protégées. Bien que la proportion de systèmes marins côtiers encore protégés (c.à.d. zostères et marais salés) soit élevée, la protection de ce qui reste doit être une priorité, suivie de la restauration et de la protection des écosystèmes restaurés. Le rapport fournit des preuves de la nécessité d'inclure les écosystèmes à forte teneur en carbone du Canada dans le réseau élargi des aires protégées du pays.

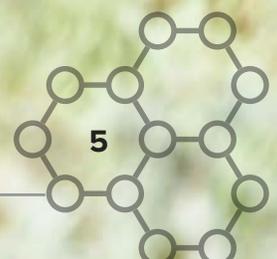
LES AIRES PROTÉGÉES, UNE SOLUTION CLIMATIQUE FONDÉE SUR LA NATURE

Les solutions climatiques fondées sur la nature (SCFN) sont des « solutions aux défis sociétaux qui impliquent de travailler avec la nature » pour apporter des avantages au bien-être humain et à la biodiversité². Les solutions climatiques fondées sur la nature sont un sous-ensemble de solutions naturelles qui visent spécifiquement l'atténuation des changements climatiques et l'adaptation à ceux-ci, tout en procurant de multiples avantages à la biodiversité et aux populations. Les SCFN comprennent de nombreuses actions telles que la protection, la restauration et une meilleure gestion des ressources biologiques. Cependant, un consensus se dégage : les aires protégées conçues et gérées efficacement sont les SCFN qui offrent la plus haute valeur totale³⁻¹⁰.

À l'échelle mondiale, dans les écosystèmes terrestres, les SCFN peuvent atténuer 10 à 12 milliards de tonnes d'équivalent CO₂ par an (10 à 12 Gt CO₂e/an) d'ici 2030 et 10 à 18 Gt de CO₂e/an d'ici 2050, suffisamment pour réduire le pic de réchauffement d'environ 0,1 °C à 0,3 °C^{7,11,12}. La protection des écosystèmes terrestres primaire (c'est-à-dire des écosystèmes où l'interférence humaine est minimale) pourrait fournir environ 40 % du potentiel des SCFN^{7,13}. Des études menées en Asie du Sud-Est et aux États-Unis ont montré que les paysages situés à l'intérieur des zones terrestres protégées stockent plus de carbone et séquestrent plus de CO₂ de l'atmosphère que ceux situés à l'extérieur des zones protégées, même si ces dernières n'ont pas été créées spécifiquement pour l'atténuation des changements climatiques^{14,15}. Aucune analyse globale similaire n'a été effectuée pour les aires marines protégées (AMP).



Photo : Hector John Periquin



Mesurer l'atténuation des changements climatiques

L'atténuation des changements climatiques est le plus souvent mesurée en milliards de tonnes (Gt) d'équivalent CO₂ dans un contexte mondial ou en millions de tonnes (Mt) au Canada. Bien que le CO₂ soit un puissant gaz à effet de serre (GES), il y a d'autres GES libérés par décomposition et combustion, comme le méthane et l'oxyde nitrique, qui sont encore plus puissants que le CO₂. Pour normaliser les mesures, les émissions de GES sont converties en équivalents de CO₂ (CO₂e).

Engagement du Canada à réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES)

En 2021, l'année la plus récente pour laquelle il existe des statistiques, le Canada a émis 670 millions de tonnes (Mt) d'équivalent de dioxyde de carbone (CO₂e), ce qui représente une diminution des émissions de 62 Mt (8,4 %) par rapport à 2005. Le Canada s'est engagé à réduire ses émissions de 40 à 45 % par rapport aux niveaux de 2005 (de 741 Mt de CO₂e) d'ici 2030, pour les ramener entre 408 et 444 Mt de CO₂e. Pour tenir sa promesse, le Canada doit réduire directement les émissions provenant des plus grandes sources – le pétrole, le gaz et les transports^{16,17}. Toutefois, la protection de la nature peut aussi jouer un rôle important pour aider le Canada à respecter ses engagements en matière de réduction des émissions de GES.



Photo : Pete Nuij

AIRES PROTÉGÉES, SOLUTIONS CLIMATIQUES NATURELLES ET RÉCONCILIATION AVEC LES AUTOCHTONES

Les anciennes pratiques consistant à déplacer les peuples autochtones de leurs terres au nom de la protection de la nature n'ont plus leur place aujourd'hui. D'autres paradigmes de la conservation plus inclusifs ont émergé dans les dernières décennies, dont celui de la conservation menée par les Autochtones, des solutions climatiques naturelles menées par les Autochtones et des aires protégées et de conservation autochtones (APCA). Ces nouvelles approches reconnaissent les systèmes de connaissances autochtones, les traditions juridiques, les pratiques culturelles pour la gestion des terres et des eaux, les droits et les titres sur les terres autochtones, ainsi que l'impératif d'adopter des processus décisionnels inclusifs et des normes d'utilisation durable continue¹⁸⁻²¹.

La création d'espaces pour l'inclusion des savoirs et des visions du monde autochtones dans les processus de création et la gestion des aires protégées contribue à assurer la conservation de certains des plus importants points chauds du Canada en matière de biodiversité et de carbone, tout en fournissant un cadre pour la réconciliation.

Un pourcentage élevé des écosystèmes primaires restants dans le monde, riches en biodiversité et en carbone, se trouvent sur les territoires traditionnels des peuples autochtones au Canada²²⁻²⁴, y compris une grande partie des forêts boréales, des forêts tempérées anciennes et des tourbières nordiques. Comme Eli Enns, de la Première Nation Tla-O-Qui-Aht, l'a si bien exprimé dans le rapport *Nous nous levons ensemble* : « Partout où vous trouvez une biodiversité écologique intacte, vous trouvez une diversité holistique culturelle intacte et florissante » (page 73)²⁵.



Photo: Linda Széto





AIRES PROTÉGÉES ET ATTÉNUATION DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les aires protégées peuvent atténuer les changements climatiques en supportant le maintien de la capacité des écosystèmes à séquestrer le CO₂ de l'atmosphère et en veillant à ce que le carbone stocké, qui s'est accumulé sur une longue période (c'est-à-dire souvent des centaines d'années ou plus), ne soit pas rejeté dans l'atmosphère. Dans les écosystèmes terrestres, le GIEC¹³ estime que la protection des forêts, des prairies et d'autres écosystèmes contre la conversion à d'autres utilisations permettrait de réduire les émissions mondiales d'environ 4 Gt de CO₂e par an. La protection de 30 % des terres non cultivées à faible densité de population humaine et à forte connectivité pourrait séquestrer 6,9 Gt de CO₂e par an de l'atmosphère, ce qui représente environ 20 % des réductions d'émissions de carbone nécessaires pour limiter les hausses de température à 1,5 °C²⁶. Du côté marin, la protection de 39 % des océans pourrait réduire les émissions de 16,2 Gt de CO₂e en moyenne de 2018 à 2060, soit environ 2 % des réductions d'émissions nécessaires pour limiter le réchauffement planétaire à 2 °C au-dessus des niveaux industriels d'ici 2050²⁷. La protection du carbone du sol entraînerait des réductions de 5,5 Gt de CO₂e/an, la majeure partie provenant de la protection des sols des zones humides et des prairies²⁸.

Bien que des chiffres équivalents ne soient pas facilement disponibles au Canada, certaines estimations canadiennes comprennent les faits suivants :

- La protection de 900 km² par année de forêts anciennes au Canada de 2021 à 2030 permettrait de séquestrer 17,2 Mt de CO₂e d'ici 2030, ce qui équivaldrait à 5 à 6 % des réductions d'émissions auxquelles le Canada s'est engagé³¹.
- La protection des 12 700 km² de prairies indigènes restantes³² séquestrerait 2,42 Mt de CO₂e par an, ce qui équivaldrait à 0,7 à 0,8 % des réductions d'émissions que le Canada s'est engagé à réaliser, et protégerait 2 à 3 Gt de carbone qui est stocké dans ces anciennes prairies contre le rejet dans l'atmosphère³³.
- Les basses-terres de la baie d'Hudson, le deuxième plus grand complexe de tourbières intactes au monde, séquestrent 74,6 Mt de CO₂ par année, ce qui équivaut à 11 % des émissions totales du Canada en 2020 et empêche en outre le rejet des 30 Gt de carbone qui y sont stockés³⁴.

Les réductions d'émissions de EGES

Afin de maintenir le réchauffement climatique à moins de 1,5 °C au-dessus des niveaux préindustriels, les émissions de EGES doivent diminuer, d'ici 2030, de 45 % par rapport aux niveaux de 2010 et atteindre la carboneutralité d'ici 2050²⁹. En 2010, les émissions mondiales de EGES étaient de 46 Gt de CO₂e³⁰; en 2020, les émissions mondiales totales de EGES étaient de 54 Gt de CO₂e²⁹. Le tableau ci-dessous présente un résumé des réductions d'émissions de EGES attendues des différentes SCFN en pourcentage des réductions mondiales requises d'ici 2030. Il est à noter que pour les aires marines protégées (AMP), le calcul porte sur la période de 2018 à 2060. **Ces estimations ne sont pas cumulatives.** Il existe un chevauchement considérable entre les catégories présentées. Par exemple, « protéger le carbone du sol » est partiellement inclus dans « protéger les forêts et autres écosystèmes contre la conversion ».

Réductions des émissions mondiales requises d'ici à 2030 pour atteindre l'objectif de 1,5 °C = 25,3 Gt de CO₂e

	Pourcentage des réductions d'émissions requises qui peuvent être atteintes par les SCFN en 2030 (les estimations ne sont PAS cumulatives)
Protéger les forêts et autres écosystèmes contre la conversion	34,8 %
Protéger 30 % des terres non cultivées à faible densité de population et à forte connectivité	24,0 %
Protéger 39 % des aires marines	2 %
Protéger le carbone du sol	19,2 %

Selon le Conseil des académies canadiennes (2022)¹, l'augmentation du potentiel de séquestration du carbone dans les écosystèmes du Canada n'aurait qu'une incidence modeste sur le respect des engagements en matière de réduction des émissions. Cependant, le Conseil a également conclu que « l'avenir du Canada – et du monde – dépend de l'efficacité de la préservation des vastes stocks de carbone du Canada ».



En décembre 2022, la Convention des Nations unies sur la diversité biologique a fixé comme objectif de protéger au moins 30 % des terres, des eaux intérieures et des zones marines d'ici 2030³⁵. Le Canada a adopté cet objectif. En décembre 2022, le Canada avait protégé 13,6 % de sa zone terrestre et 14,66 % de ses zones marines et côtières^{37,38}. L'expansion des aires terrestres protégées du Canada à 30 % nécessitera 2,95 millions de km² supplémentaires et pourrait, selon une étude, séquestrer 1,17 Gt de CO₂ supplémentaire par année³⁹.

La reconnaissance croissante de l'importance des réserves de carbone marin, y compris la végétation près des côtes comme les marais salés et les zostères, ainsi que les sédiments profonds, suggère que les aires marines protégées (AMP) peuvent également jouer un rôle important pour éviter les émissions de carbone stocké et assurer la séquestration continue du CO₂ atmosphérique des écosystèmes marins⁴⁰⁻⁴². Une étude mondiale suggère que les systèmes marins pourraient fournir 2 % de l'atténuation totale du carbone nécessaire pour respecter l'Accord de Paris d'ici 2050²⁷. En outre, une compréhension du rôle des organismes marins dans le cycle du carbone est en train d'émerger²⁷.



Photo : Eoin Anderson

AIRES PROTÉGÉES ET ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les aires protégées sont également importantes pour l'adaptation aux changements climatiques. Les aires protégées renforcent l'intégrité et la résilience des écosystèmes⁴³, offrent des zones tampons face à des événements météorologiques de plus en plus imprévisibles et créent des refuges climatiques qui permettent aux espèces de survivre dans des zones d'habitat moins touchées par les activités humaines et en particulier par les changements climatiques eux-mêmes. Par exemple, le réchauffement dans les forêts boréales protégées est 20 % plus faible que dans les forêts boréales non protégées environnantes⁴⁴. La gestion des perturbations naturelles dans les aires protégées, comme l'incorporation de brûlages culturels – une pratique historique des peuples autochtones –, peut améliorer la résilience des aires protégées⁴⁵. La création de réseaux d'aires protégées, reliées par des corridors écologiques, peut faciliter le mouvement des espèces dans un climat changeant⁴⁶ et accroître la résilience des écosystèmes dans l'ensemble du paysage⁴⁷⁻⁴⁹. À l'échelle mondiale, sur terre, le pourcentage d'aires protégées reliées était de 7,7 % en 2018⁵⁰. Aucune analyse semblable n'a été effectuée pour le Canada ou pour les AMP. Toutefois, l'engagement du Canada à établir des réseaux d'AMP dans cinq biorégions marines prioritaires comprend la connectivité et la planification en matière de changements climatiques.





Densité de carbone et biodiversité

La densité du carbone fait référence à la quantité de carbone par unité de surface stockée dans un écosystème particulier. Elle est généralement mesurée en kilogrammes de carbone par mètre carré (kg C/m²). La protection des écosystèmes à forte densité de carbone est reconnue comme l'une des options les plus rentables pour réduire les émissions de GES. L'effet de la densité du carbone sur la biodiversité dépend de l'existence d'une relation entre la densité du carbone et la biodiversité. Pour certains écosystèmes, tels que les forêts naturelles, les écosystèmes côtiers végétalisés (c'est-à-dire les marais salants, les herbiers marins et les mangroves) et les tourbières boréales et nordiques, la relation entre la densité de carbone et la biodiversité est bien établie^{8,51}. Lorsque la biodiversité dans ces zones est dégradée ou détruite, le carbone stocké est également perdu^{52,53}. Les points chauds terrestres pour le carbone coïncident avec d'importantes populations de mammifères migrants intacts et avec les dernières étendues sauvages du monde⁵⁴. Les points chauds marins pour le carbone sont associés à des zones de productivité élevée et d'importance pour les espèces marines, y compris les habitats d'alevinage pour de nombreuses espèces marines importantes sur les plans commercial, culturel et écologique, comme le saumon, le hareng, l'anguille et le crabe.



Photo : Ryan Stone

LES POINTS CHAUDS À FORTE TENEUR EN CARBONE SONT MAL REPRÉSENTÉS DANS LES RÉSEAUX D'AIRES PROTÉGÉES DU CANADA

% DES POINTS CHAUDS PROTÉGÉS – CARBONE

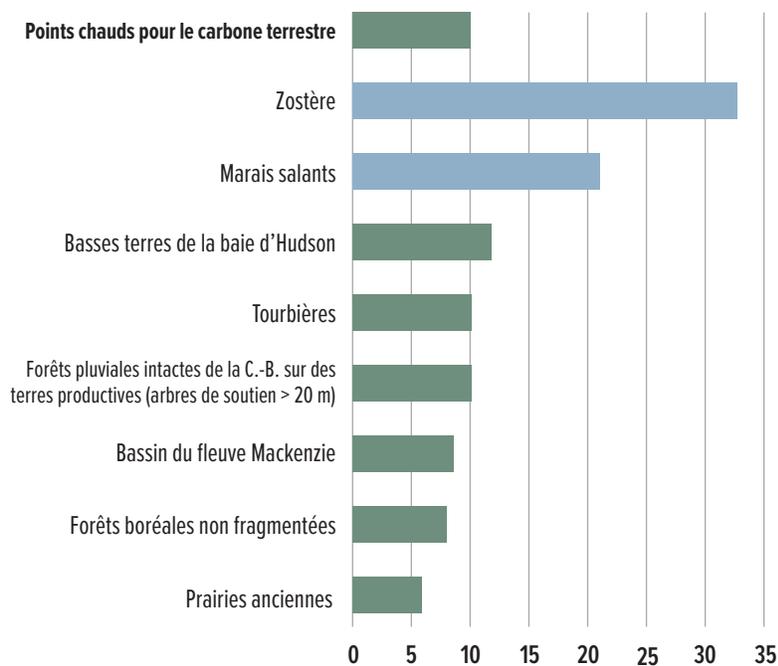
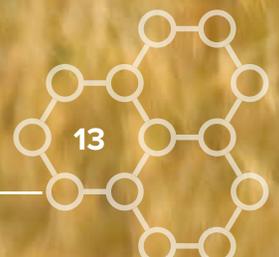


Figure 1. Pourcentage de points chauds pour le carbone protégés au Canada. Sources : total terrestre protégé⁵⁵; forêts boréales non fragmentées⁵⁶; forêts pluviales intactes en C.-B. situées sur des terres productives qui abritent des arbres de 20 m de haut⁵⁷; prairies anciennes³³ des basses-terres de la baie d'Hudson⁵⁸⁻⁶⁰; tourbières³⁴; bassin du fleuve Mackenzie⁶¹. Zones marines sensibles : zostères marines⁶² et marais salants⁶². Ces écosystèmes ne s'excluent pas mutuellement. Les barres vertes représentent les aires protégées terrestres, les barres bleues représentent les aires marines protégées.





Une analyse mondiale a tenté de superposer des zones importantes pour la biodiversité et la densité du carbone (figure 2)⁵¹. En utilisant ce que les auteurs appellent un « indice proactif de la biodiversité », qui identifie les zones présentant une grande richesse en espèces, une grande rareté en taille d'aire de répartition, une grande intégrité locale et une santé moyenne à élevée de l'habitat, certains écosystèmes du Canada sont apparus comme des points chauds à forte densité de carbone et à forte biodiversité.

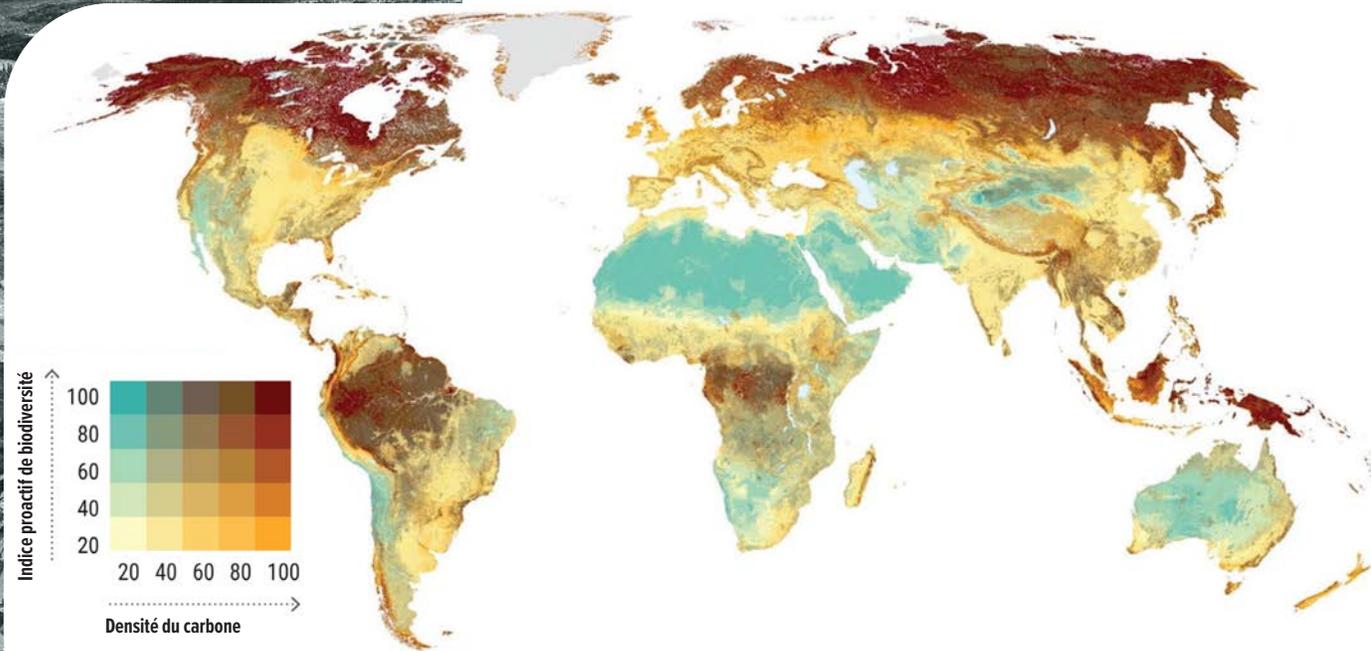


Figure 2. Convergence de la densité du carbone et de la biodiversité.

Cette carte montre le chevauchement entre des écosystèmes riches en carbone et un indice de biodiversité (l'indice de biodiversité proactif), qui représente une richesse en espèces élevée, une rareté de taille d'aire de répartition, une intégrité locale élevée et une santé moyenne élevée de l'habitat. Les régions en brun foncé sont celles qui présentent le plus grand chevauchement. Le jaune montre peu de chevauchement; 12 % des zones en brun foncé sont représentées dans les réseaux d'aires protégées. Source : Soto-Navarro et coll. 2020⁵¹. Imprimé avec permission.

Des cartes de la densité du carbone pour le Canada récemment achevées révèlent les points chauds pour le stockage du carbone dans les écosystèmes terrestres (figure 3)⁵³. Toutefois, il reste encore à faire au Canada un chevauchement avec les points chauds en matière de biodiversité puisque seulement 10 % d'entre eux font partie du réseau d'aires protégées existant⁵⁵.

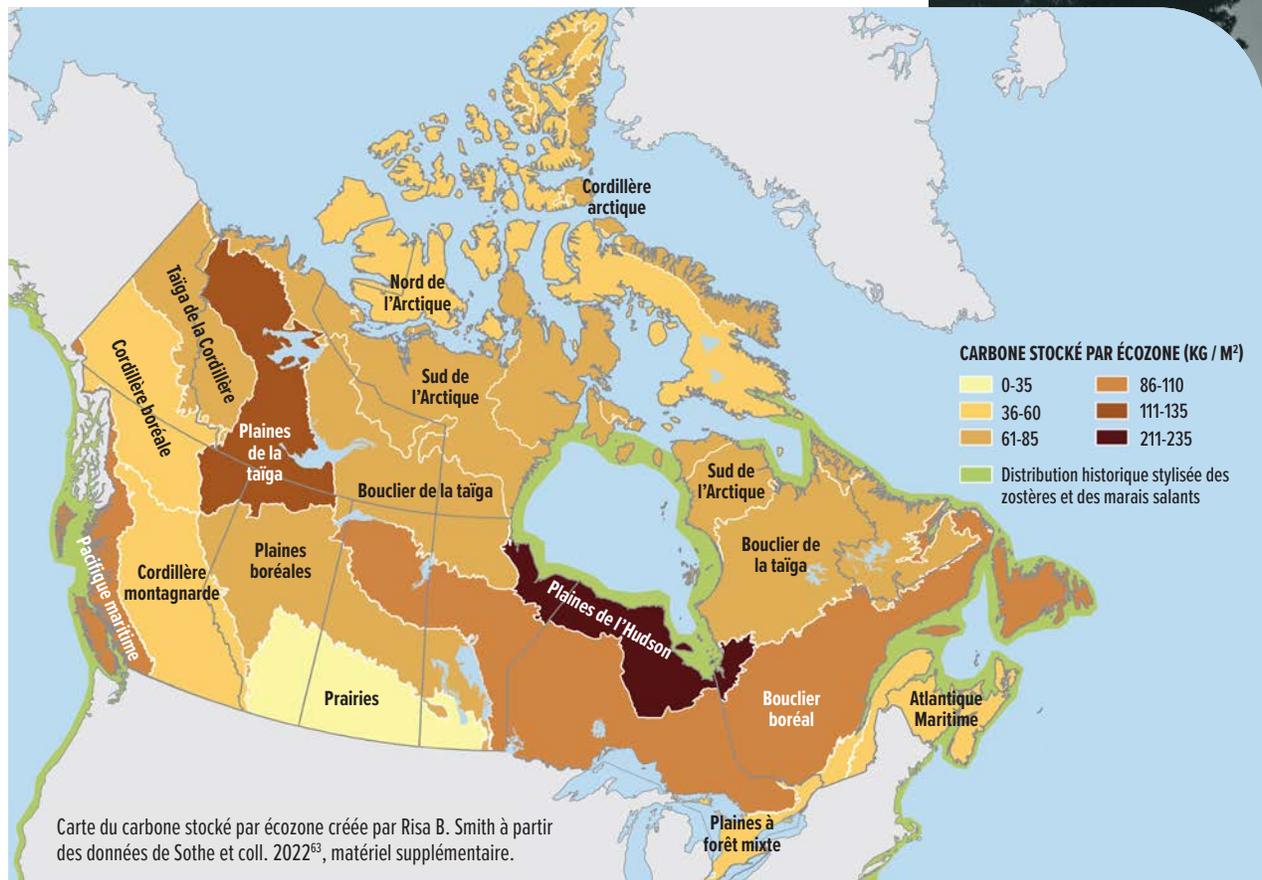


Figure 3. Distribution des stocks de carbone organique en kg C/m² par écozone à une profondeur de 0 à 2 m pour le carbone du sol. Les écozones des plaines hudsoniennes, de la taïga des plaines, du bouclier boréal et du Pacifique maritime présentent la plus forte densité de carbone stocké dans l'écozone terrestre (carte du carbone stocké par écozone créée par Risa B. Smith à partir des données de Sothe et coll. 2022⁶³, matériel supplémentaire). Dans la zone marine côtière, l'étendue totale des zostères et des marais salants restants n'est pas connue. Toutefois, des études locales ont montré que les marais salants de la côte pacifique et de la baie de Fundy ne sont pas plus denses en carbone que les écosystèmes terrestres⁶⁴⁻⁶⁶.



LES FORÊTS BORÉALES DU CANADA couvrent environ 30 % de la superficie forestière mondiale. Elles contiennent environ 32 % des stocks de carbone terrestres mondiaux et représentent environ 20 % du puits de carbone total des forêts mondiales. Elles contiennent également plus d'eau intérieure de surface que tout autre biome et contiennent de grandes étendues de forêts primaire non aménagées⁶⁷. Les forêts boréales du Canada représentent plus de 16 % des forêts primaire qui subsistent dans le monde⁶⁸. Les tourbières boréales de l'est du Canada et de l'ouest de la Sibérie stockent certaines des plus fortes concentrations de carbone irrécupérable (12,4 Gt) (c.-à-d. du carbone qui, s'il est perdu, ne peut être récupéré dans les 30 ans requis pour éviter des changements climatiques catastrophiques)⁶⁹. La densité du carbone dans la zone boréale du Canada, qui comprend les forêts tourbeuses denses en carbone, les forêts anciennes et les forêts non tourbeuses, a été estimée entre 20,4 et 212 kg C/m^{2,70,63}. Ce biome abrite entre un et trois millions d'oiseaux migrateurs nicheurs et de grands mammifères migrateurs. Environ 8,1 % de la forêt boréale primaire du Canada est protégée⁵⁶. Cependant, la résilience des forêts boréales dans un paysage dépend d'une bonne répartition des aires protégées⁶⁷. Au Canada, seulement 1 à 2 Gt de carbone irrécupérable se trouvent dans des aires protégées⁷¹.



Photo : Juan Davila

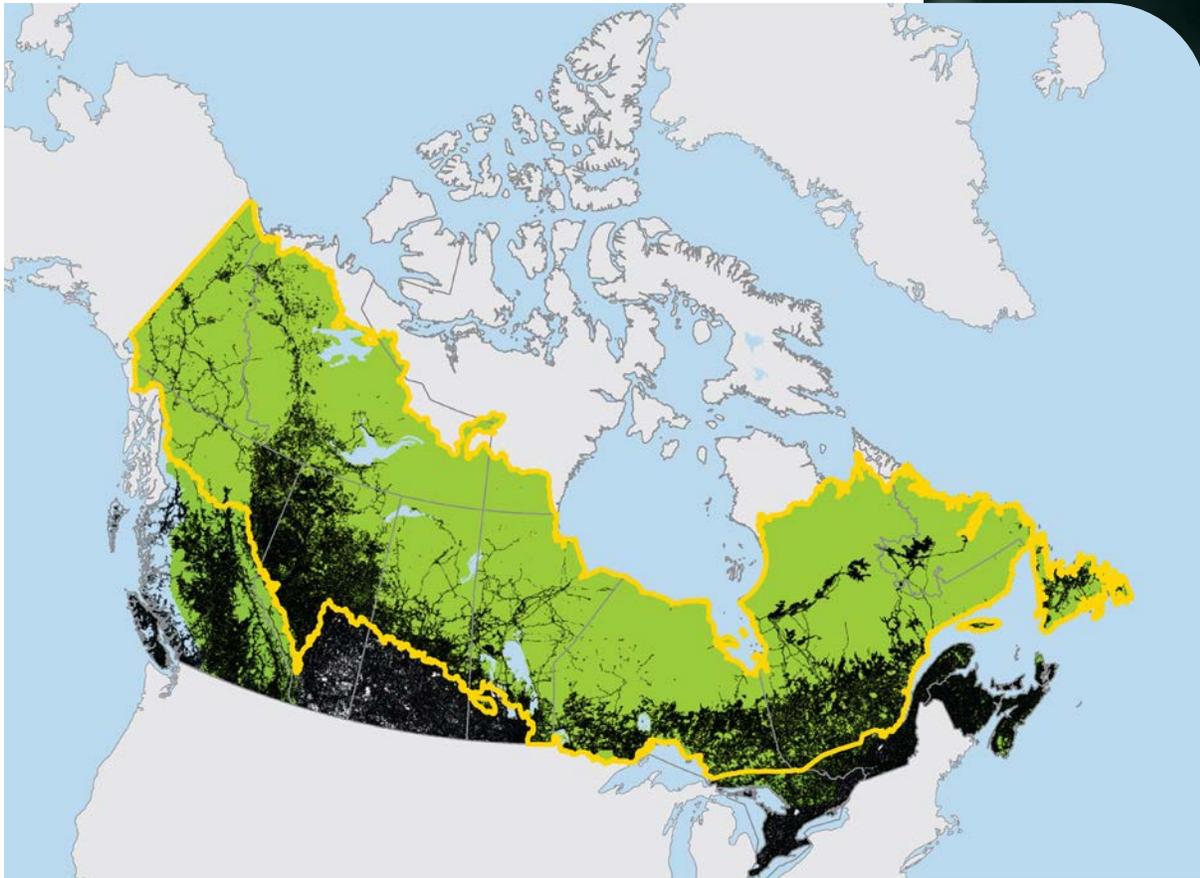


Figure 4. Étendue des forêts primaire du Canada. Cette carte représente les paysages du Canada relativement exempts de perturbations anthropiques, en vert, et les paysages très fragmentés par les perturbations anthropiques, en noir. La zone boréale est délimitée en jaune. La carte donne une idée de la superficie du sud du Canada et de la forêt boréale déjà perturbée. Adapté de Global Forest Watch, Canada's Intact Forest Landscapes 2013⁷³.

LES FORÊTS PLUVIALES TEMPÉRÉES DE LA COLOMBIE-BRITANNIQUUE (côtières et intérieures)^{8,51,63,71} sont parmi les forêts les plus denses en carbone de la planète. Les estimations de la densité du carbone dans ces forêts varient de 58,5 à 127,5 kg C/m² en moyenne^{74,75}. En comparaison, la densité de carbone des forêts anciennes de frênes en Australie est d'environ 103,9 kg C/m², et de 47,8 kg C/m² dans une forêt tropicale protégée du sud-est du Mexique⁷⁶. Ces forêts de la Colombie-Britannique abritent également des espèces en voie de disparition qui dépendent des forêts anciennes. Dix pour cent de la forêt côtière de la Colombie-Britannique qui peut produire des arbres de 20 m ou plus est protégée⁵⁷.

La protection des forêts anciennes

Les forêts anciennes sont des écosystèmes forestiers diversifiés qui montrent peu de signes de perturbation humaine. Elles sont souvent définies par l'âge des arbres les plus âgés, bien qu'il soit largement reconnu que l'âge des arbres ne suffit pas à décrire la complexité des forêts anciennes. Une étude récente a estimé que la protection de 900 km² de peuplements anciens non protégés par année entraînerait une réduction des émissions de GES du Canada de 17,2 Mt de CO₂e en 2030³¹. Cela représente le double des réductions d'émissions découlant d'autres pratiques améliorées d'aménagement forestier et représente de 5 à 6 % des réductions totales d'émissions que le Canada a promises dans sa contribution établie au niveau national dans l'Accord* de Paris. De telles mesures protégeraient également un héritage biologique irremplaçable de fixation de l'azote, de microclimats pour les espèces menacées, de produits phytochimiques et de patrimoine culturel⁷⁷.

Le remplacement des vieilles forêts par des plantations plus jeunes s'est fait dans tout le Canada, au moins en partie avec l'aval des gouvernements et de l'industrie, en se fondant sur le mythe maintenant réfuté selon lequel les vieilles forêts sont écologiquement décadentes et qu'il vaut mieux les remplacer par des plantations plus jeunes et à croissance plus rapide⁷⁸. Les recherches menées au fil des ans ont montré que les forêts continuent d'absorber du carbone même lorsqu'elles deviennent anciennes^{68,79-87}. Les fermes forestières matures gérées stockent la moitié du carbone des forêts anciennes^{75,88,89}, et la perte initiale de carbone résultant de la récolte ne peut être récupérée dans un délai approprié pour prévenir des niveaux nocifs de CO₂ atmosphérique⁸⁹⁻⁹³. Le débat ne porte pas sur la question de savoir si les forêts anciennes sont des puits de carbone ou non, mais plutôt sur le taux spécifique (c'est-à-dire les tonnes de carbone séquestrées par an) auquel les forêts anciennes séquestrent le carbone^{79,83,94-96}.

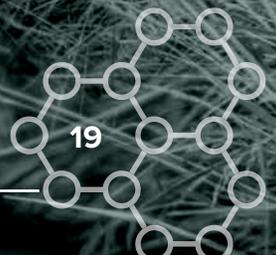
* Les contributions déterminées au niveau national par l'Accord de Paris sont les promesses en matière d'émissions de gaz à effet de serre que chaque pays soumet à l'Accord de Paris sur les changements climatiques. Tous les cinq ans, les pays tiennent leurs promesses jusqu'à ce que l'objectif de maintenir la température en dessous de 2 °C soit atteint.

BASSES-TERRES DE LA BAIE D'HUDSON^{51,55,63,71} Situées dans la zone boréale, ces basses-terres représentent le deuxième plus grand complexe de tourbières intactes au monde. Elles séquestrent 74,6 Mt de CO₂ par an et stockent 30 Gt de carbone. Cette région affiche l'une des plus fortes densités de carbone au Canada, soit environ 89 kg C/m²,60 à 212 kg C/m².⁶³ Seulement 12 % de ce territoire est actuellement protégé^{60,97,98}.

LES ANCIENNES PRAIRIES RESTANTES, comme les forêts anciennes, stockent dans le sol d'importantes quantités de carbone qui sont difficiles à restaurer en cas de perte ou de dégradation⁹⁹. La plupart des 615 000 km² originaux de prairies indigènes du Canada ont été perdus avant 1990¹⁰⁰. Les 12 700 km² restants (2,1 %) de prairies tempérées ancienne stockent environ 2 à 3 Gt de carbone^{32,100}. La protection de ces restes pourrait maintenir un puits de carbone annuel d'environ 2,41 Mt CO₂ et éviter des émissions d'environ 380 à 1 900 MtCO₂e³². Les espèces des prairies sont parmi les plus menacées au Canada : les populations d'oiseaux des prairies ont diminué de 57 % depuis 1970 et toutes les espèces qui dépendent des prairies indigènes ont reculé de 87 %¹⁰¹. Environ 6 % des prairies anciennes sont protégées³³.

L'ARCTIQUE^{51,55} Bien que le développement ne représente pas nécessairement une menace aussi importante et imminente pour l'Arctique, les changements climatiques menacent la région et fournissent un habitat à des millions d'oiseaux migrateurs et à de grands mammifères migrateurs, tant sur terre que dans l'océan. La densité en carbone des écosystèmes du Nord de l'Arctique canadien varie de 42,1 à 71,8 kg⁶³ C/m².⁶³ L'océan Arctique représente l'une des dernières aires marines sauvages¹⁰². En 2016, 20,2 % de la zone terrestre et 4,7 % de la zone marine de l'Arctique circumpolaire ont été protégés¹⁰³ La portion canadienne de cette zone n'a pu être déterminée. En 2019, le Canada a assuré la protection provisoire de Tuvajuittuq, une vaste aire marine protégée (319 411 km²) dans l'océan Arctique, au large de la côte nord-ouest de l'île d'Ellesmere, au Nunavut¹⁰⁴.

Photo : Michael Shannon





LES ZOSTÈRES CÔTIÈRES ET LES MARAIS SALÉS SUR LES TROIS CÔTES,

également conjointement connus sous le nom de carbone bleu côtier, sont considérés comme étant certains des écosystèmes les plus denses en carbone sur la planète¹⁰⁵. La petite superficie occupée par les systèmes de carbone bleu au Canada – confirmée à 1 200 km², mais jugée plus grande⁶² – par rapport aux 3,62 millions de km² de forêts, signifie que leur potentiel de contribution à l'atténuation des changements climatiques est relativement faible, mais néanmoins significatif. Selon une estimation, la protection et la restauration du carbone bleu au Canada pourraient séquestrer 1,7 Mt de CO₂e par année en 2030¹⁰⁶. Par comparaison, la protection de 900 km² de forêts anciennes par an pourrait permettre de séquestrer dix fois plus, soit 17,2 Mt CO₂e par an d'ici 2030³¹ (voir l'encadré 6 pour connaître la gamme des densités de carbone que l'on trouve dans le carbone bleu canadien et mondial).

Environ 32,7 % de la superficie restante de zostère marine et 21,3 % de la superficie restante de marais salés au Canada sont protégés⁶². Les aires marines protégées (AMP), si elles sont bien gérées, peuvent contribuer à réduire les effets des changements climatiques, tels que l'acidification des océans, l'élévation du niveau de la mer, les ondes de tempête, les changements dans la répartition des espèces, la réduction de la disponibilité de l'oxygène, la réduction de la productivité et les effets cumulatifs de tous ces facteurs, ainsi qu'à atténuer les émissions anthropiques de GES¹⁰⁷⁻¹⁰⁹. La végétation côtière protégée par les AMP sert de pouponnière et d'habitat pour les espèces d'importance commerciale et les espèces marines en péril.

Densité de carbone dans les écosystèmes à carbone bleu du Canada

La densité de carbone bleu a été mesurée dans peu de régions du Canada, et il est nécessaire d'obtenir plus de données. Là où la densité du carbone bleu a été mesurée, les estimations pour les marais salants du Canada varient de 25 à 34 kg C/m² ^{62,111} ; pour prairies sous-marines, elles varient de 1,8 à 2,8 kg C/m² ⁶⁶. À l'échelle mondiale, les estimations de la densité de carbone dans les prairies sous-marines vont de 1,2 à 2,9 kg C/m² ^{112,113} et de 16,2 kg C/m² ¹¹⁴ à 22,6 kg C/m² ¹¹⁵ pour les marais salants.

ÉLIMINATION DU CO₂ EXCÉDENTAIRE DE L'ATMOSPHÈRE APRÈS 2050

La séquestration du carbone fait référence à la capacité de la nature à capter le CO₂ de l'atmosphère. Pour atteindre les objectifs* de l'Accord de Paris, environ 730 Gt de CO₂ – soit l'équivalent de la totalité du CO₂ émis par les États-Unis, le Royaume-Uni, l'Allemagne et la Chine réunis depuis la révolution industrielle – doivent être retirées de l'atmosphère d'ici la fin du 21^e siècle¹¹⁶. Bien que des solutions technologiques pour l'élimination du CO₂ aient été suggérées, aucune n'est actuellement opérationnelle à l'échelle et dans les délais requis. La protection de la capacité des écosystèmes à séquestrer le CO₂ deviendra de plus en plus importante après 2050, l'accent étant mis sur l'élimination de l'excès de CO₂ de l'atmosphère. Une analyse globale de la capacité des écosystèmes à séquestrer le CO₂ est présentée à la figure 5¹¹⁷[...] Bon nombre de ces écosystèmes se trouvent au Canada.

* L'Accord de Paris, en vertu de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques, engage les signataires à « maintenir l'augmentation de la température mondiale bien en dessous de 2 degrés Celsius et de mener des efforts encore plus poussés pour limiter l'augmentation de la température à 1,5 degré Celsius au-dessus des niveaux pré-industriels. Il vise à renforcer la capacité à répondre aux conséquences du changement climatique. »



Photo : Mathieu Deslauriers





POTENTIEL MONDIAL DE SÉQUESTRATION DU CARBONE POUR LES ÉCOSYSTÈMES CLÉS (MT CO₂ / AN)

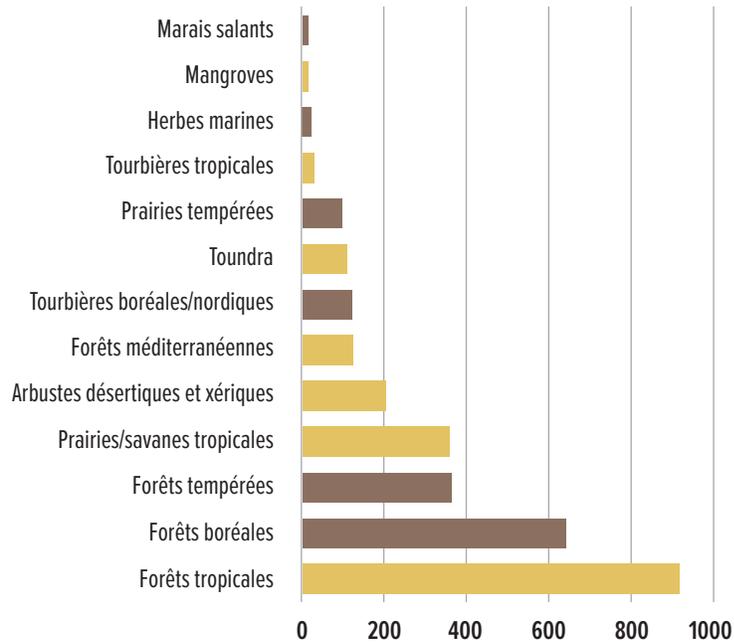


Figure 5. Les valeurs estimées du piégeage du carbone pour les différents écosystèmes sont tirées de Taillardat et coll. .2018¹¹⁷, matériel supplémentaire. Les écosystèmes canadiens qui peuvent contribuer à la séquestration du carbone, par le biais de la protection, figurent en marron. Ils comprennent les marais salants, les herbiers marins, les prairies tempérées, les tourbières boréales/tempérées, les forêts tempérées et les forêts boréales.



Le Canada abrite certains des écosystèmes les plus denses en carbone au monde. Les forêts boréales et tempérées primaire, les tourbières nordiques, les prairies anciennes et les écosystèmes marins côtiers peuvent contribuer de manière significative à l'atteinte des objectifs en matière d'émissions de GES si l'accent est mis sur la « protection de ce que nous avons ». Les écosystèmes à forte teneur en carbone du Canada sont mal représentés dans ses aires protégées.

CONCLUSIONS



1.

Le Canada a reconnu l'importance des solutions climatiques fondées sur la nature (SCFN), puisqu'elles contribuent à l'atténuation des changements climatiques et à l'adaptation à ceux-ci. Toutefois, il convient de mettre davantage l'accent sur le rôle spécifique des aires protégées dans la prévention de la libération du carbone stocké, le maintien de la capacité des écosystèmes à séquestrer le CO₂ de l'atmosphère, l'assurance de la protection perpétuelle des zones restaurées et la compréhension réelle des avantages pour la biodiversité, pour la sécurité de l'eau et des aliments et pour d'autres services écosystémiques.

2.

Le soutien que le Canada a récemment apporté aux peuples autochtones pour la création et la gestion des aires protégées autochtones et des solutions climatiques naturelles menées par les Autochtones devrait être élargi.*

3.

L'accent mis par le Canada sur la restauration en tant que SCFN offre des avantages à long terme, au-delà de 2050. Cependant, la protection des zones qui présentent à la fois une forte densité de carbone et une grande importance pour la biodiversité produira des résultats plus immédiats (d'ici 2030) en matière de protection de la biodiversité et d'adaptation aux changements climatiques.

4.

La meilleure stratégie en matière de SCFN est de protéger nos acquis, de restaurer ce qui est endommagé, puis de protéger les aires restaurées, dans cet ordre. Lorsque la restauration est financée en tant que SCFN, la protection des zones restaurées assurera les avantages à long terme découlant de l'investissement.

5.

Le concept de SCFN est centré sur les multiples bénéfices d'un même investissement. Le Canada, comme la plupart des pays, a traditionnellement axé ses efforts en matière d'aires protégées sur la conservation de la biodiversité. Dans certains cas au moins, le fait de se concentrer sur la protection des écosystèmes riches en carbone et à forte biodiversité identifiés ici aura des effets bénéfiques sur l'adaptation aux changements climatiques ainsi que sur la conservation de la biodiversité, la santé humaine et le bien-être, la sécurité alimentaire et les possibilités de loisirs. Cela comprend les aires de protection terrestres et marines.

6.

Il est important de s'assurer que les critères pour les possibilités actuelles de financement fédéral des SCFN encouragent l'établissement et la gestion proactifs d'aires protégées à forte densité de carbone et à forte biodiversité, qu'elles soient actuellement menacées ou non. Dans certains cas, ces zones pourraient être considérées comme des aires de stabilisation du carbone qui protégeraient les réserves de carbone qui se sont accumulées, parfois au fil des siècles, et la capacité de ces écosystèmes à continuer de séquestrer le carbone de l'atmosphère⁸.

* Par exemple, le Fonds des solutions climatiques axées sur la nature (FSCAN) est une initiative de dix ans lancée par Environnement et Changement climatique Canada en 2020. Il alloue 76,9 millions de dollars pour aider les communautés et les organisations autochtones à mener les initiatives de solutions climatiques naturelles, puisque le renforcement de ces initiatives favorise à la fois la réconciliation et la conservation menée par les Autochtones.

Photo : Rye Jessen



CONCLUSIONS



7.

Certaines lacunes dans l'analyse, aux niveaux national et régional, doivent être comblées pour soutenir la prise de décisions concernant l'emplacement des nouvelles aires protégées et la gestion des aires protégées existantes, de façon à assurer le maintien de la capacité des écosystèmes à stocker et à séquestrer le carbone. Cela comprend des cartes nationales et régionales du chevauchement entre la densité du carbone et la biodiversité, les meilleurs endroits pour les corridors écologiques, l'identification des refuges climatiques sur terre et dans les régions côtières, une meilleure analyse de l'étendue et du rôle des écosystèmes de carbone bleu du Canada, la couverture des aires protégées dans les forêts anciennes les plus productives du Canada, les écosystèmes de carbone bleu, les tourbières et les prairies anciennes. Toutes les analyses des écarts devraient inclure des chevauchements avec les territoires autochtones.

8.

Bien que la restauration soit généralement axée sur les écosystèmes endommagés, des investissements dans la restauration des écosystèmes denses en carbone dans les zones protégées sont également nécessaires.

9.

Des outils pour soutenir la création d'AMP qui traitent du chevauchement entre la densité du carbone et la biodiversité sont particulièrement nécessaires. Les domaines nécessitant des investissements comprennent : la cartographie des marais salés et des herbiers de zostères marines restants ainsi que la cartographie du chevauchement biodiversité/densité du carbone dans les aires marines; la quantification du carbone stocké et séquestré par les systèmes marins côtiers du Canada, y compris dans leurs sédiments; l'identification des zones marines clés pour la biodiversité; et l'identification de la relation entre le carbone et la biodiversité dans le domaine marin.

10.

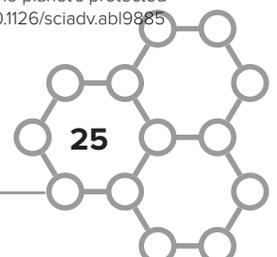
Il faut combler les lacunes dans les connaissances sur le stockage du carbone dans les sédiments marins, en particulier pour pouvoir cerner les points chauds pour le stockage du carbone dans les fonds marins et les protéger contre le développement.

11.

Les évaluations proactives de zones qui ne semblent pas être menacées de manière imminente, mais qui sont particulièrement importantes pour le carbone et la biodiversité, ont été largement ignorées. La protection immédiate de ces zones, avant que la pression du développement ne s'intensifie, permettra de mieux identifier les zones propices au développement et celles qui devraient être réglementées plus étroitement.

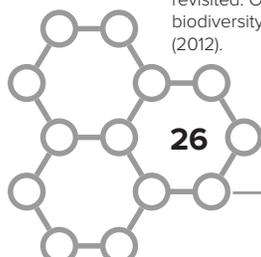
RÉFÉRENCES CITÉES

- 1 Conseil des académies canadiennes. Solutions climatiques basées sur la nature : Le comité d'experts sur le potentiel des puits de carbone au Canada. (Ottawa, Canada, 2022). <https://www.rapports-cac.ca/reports/le-potentiel-des-puits-de-carbone-au-canada/>
- 2 Seddon, N. *et al.* Getting the message right on nature-based solutions to climate change. *Global Change Biology* **n/a**, doi:<https://doi.org/10.1111/gcb.15513> (2021).
- 3 Cook-Patton, S. C. *et al.* Mapping carbon accumulation potential from global natural forest regrowth. *Nature* **585**, 545-550, doi:<https://doi.org/10.1038/s41586-020-2686-x> (2020).
- 4 Nabuurs, G.-J. *et al.* in *IPCC Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* Vol. Chapter 7 (eds P.R. Shukla *et al.*) (Cambridge University Press, 2022). IPCC 6th Assessment chapter 7
- 5 Pörtner, H. O. *et al.* IPBES-IPCC Co-sponsored workshop report on biodiversity and climate change. (Bonn, Germany, 2021). <https://zenodo.org/record/5101133>
- 6 Milner-Gulland, E. *et al.* Four steps for the earth: mainstreaming the post-2020 global biodiversity framework. *One Earth* **4**, 75-87, doi:<https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.12.011> (2021).
- 7 Girardin, C. A. J. *et al.* Nature-based solutions can help cool the planet—if we act now. *Nature* **593**, 191-194, doi:<https://doi.org/10.1038/d41586-021-01241-2> (2021).
- 8 Dinerstein, E. *et al.* A Global Deal For Nature: Guiding principles, milestones, and targets. *Science Advances* **5**, doi:<https://doi.org/10.1126/sciadv.aaw2869> (2019).
- 9 Smyth, C. E., Xu, Z., Lempriere, T. C. & Kurz, W. A. Climate change mitigation in British Columbia's forest sector: GHG reductions, costs, and environmental impacts. *Carbon Balance Manag* **15**, 21, <http://doi.org/10.1186/s13021-020-00155-2> (2020).
- 10 Strassburg, B. B. N. *et al.* Global congruence of carbon storage and biodiversity in terrestrial ecosystems. *Conservation Letters* **3**, 98-105, <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2009.00092.x> (2010).
- 11 Roe, S. *et al.* Contribution of the land sector to a 1.5° C world. *Nature Climate Change*, 1-12, doi:<https://doi.org/10.1038/s41558-019-0591-9> (2019).
- 12 Griscom, B. W. *et al.* Natural climate solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **114**, 11645-11650, <https://doi.org/10.1073/pnas.1710465114> (2017).
- 13 IPCC. in *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (eds P.R. Shukla *et al.*) <https://doi.org/10.1017/9781009157926.001> (Cambridge University Press, 2022).
- 14 Hayashi, M., Van Der Kamp, G. & Rudolph, D. L. Water and solute transfer between a prairie wetland and adjacent uplands, 1. Water balance. *Journal of Hydrology* **207**, 42-55 [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(98\)00098-5](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(98)00098-5) (1998).
- 15 Graham, V. *et al.* Southeast Asian protected areas are effective in conserving forest cover and forest carbon stocks compared to unprotected areas. *Sci Rep* **11**, 23760, doi:<https://doi.org/10.1038/s41598-021-03188-w> (2021).
- 16 ECCC. Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada : sommaire 2022. (Ottawa, Canada, 2022). <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/emissions-gaz-effet-serre/sources-puits-sommaire-2022.html>.
- 17 ECCC. Rapport d'inventaire national 1990-2021 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada, résumé. (Ottawa, Canada, 2023) <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/emissions-gaz-effet-serre/inventaire.html>.
- 18 Black, K. & McBean, E. Increased Indigenous participation in environmental decision-making: A policy analysis for the improvement of Indigenous health. *International Indigenous Policy Journal* **7**, doi:<https://doi.org/10.18584/iipj.2016.7.4.5> (2016).
- 19 Dietz, S. *et al.* Emerging Issues for Protected and Conserved Areas in Canada. *Facets*, <https://doi.org/10.17863/CAM.76711> (2021).
- 20 Dohan, R. & Voora, V. First Nations Carbon Collaborative - Indigenous Peoples and Carbon Markets: An annotated Bibliography. (Winnipeg, Canada, 2010).
- 21 Nous nous levons ensemble : atteindre l'objectif 1 du Canada en créant des aires protégées et de conservation autochtones dans l'esprit et la pratique de la réconciliation : le Cercle autochtone d'experts, 1-112 (Ottawa, Canada, 2018). <https://publications.gc.ca/site/eng/9.852991/publication.html>
- 22 Garnett, S. T. *et al.* A spatial overview of the global importance of Indigenous lands for conservation. *Nature Sustainability* **1**, 369, doi:<https://doi.org/10.1038/s41893-018-0100-6> (2018).
- 23 Artelle, K. A. *et al.* Supporting resurgent Indigenous-led governance: A nascent mechanism for just and effective conservation. *Biological Conservation* **240**, 108284, doi:<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108284> (2019).
- 24 Zurba, M., F. Beazley, K., English, E. & Buchmann-Duck, J. Indigenous protected and conserved areas (IPCAs), Aichi Target 11 and Canada's Pathway to Target 1: Focusing conservation on reconciliation. *Land* **8**, 10, doi:<https://doi.org/10.3390/land8010010> (2019).
- 25 ICE. *We Rise Together* (Ottawa, Canada, 2018).
- 26 Sreekar, R. *et al.* Nature-based climate solutions for expanding the global protected area network. *Biological Conservation* **269**, doi:<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109529> (2022).
- 27 Jankowska, E., Pelc, R., Alvarez, J., Mehra, M. & Frischmann, C. J. Climate benefits from establishing marine protected areas targeted at blue carbon solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **119**, e2121705119, doi:<https://doi.org/10.1073/pnas.2121705119> (2022).
- 28 Bossio, D. A. *et al.* The role of soil carbon in natural climate solutions. *Nature Sustainability* **3**, 391-398, doi:<https://doi.org/10.1038/s41893-020-0491-z> (2020).
- 29 UNEP. Emissions Gap Report: The Closing Window - Climate crisis calls for rapid transformation of societies. (Nairobi, Kenya, 2022).
- 30 EPA. Climate Change Indicators in the United States: Global Greenhouse Gas Emissions. (www.epa.gov/climate-indicators, 2016)
- 31 Drever, C. R. *et al.* Natural climate solutions for Canada. Supplementary Material. *Science Advances* **7**, doi:<https://www.doi.org/10.1126/sciadv.abd6034> (2021).
- 32 Smith, R. Enhancing Canada's Climate Change Ambitions with Natural Climate Solutions. Report No. 978-1-7773950-0-1, (Canada, 2020). https://www.researchgate.net/publication/344754536_Enhancing_Canada's_Climate_Change_Ambitions_with_Natural_Climate_Solutions
- 33 Hisey, F., Heppner, M. & Olive, A. Supporting native grasslands in Canada: Lessons learned and future management of the Prairie Pastures Conservation Area (PPCA) in Saskatchewan. *The Canadian Geographer/Le Géographe canadien* **66**, 683-695, doi:<https://doi.org/10.1111/cag.12768> (2022).
- 34 Harris, L. I. *et al.* The essential carbon service provided by northern peatlands. *Frontiers in Ecology and the Environment* **20**, 222-230 <https://doi.org/10.1002/fee.2437> (2022).
- 35 Convention des Nations unies sur la diversité biologique. Cadre mondial pour la biodiversité de Kunming à Montréal. (CDB, Montréal, Canada, 2022, 18 décembre).
- 36 Protected Planet. Marine Protected Areas. (Cambridge, UK, 2023).
- 37 Pêches et Océans Canada. Aires marines protégées et de conservation du Canada. (Ottawa, Canada, 2023).
- 38 Redford, K. H. The Empty Forest: Many large animals are already ecologically extinct in vast areas of neotropical forest where the vegetation still appears intact. *BioScience* **42**, 412-422, doi:<http://doi.org/10.2307/1311860> (1992).
- 39 Zeng, Y., Koh, L. P. & Wilcove, D. S. Gains in biodiversity conservation and ecosystem services from the expansion of the planet's protected areas. *Science Advances* **8**, doi:<https://doi.org/10.1126/sciadv.abl9885> (2022).



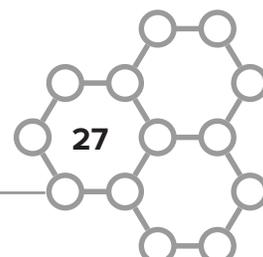
RÉFÉRENCES CITÉES

- 40 Hutto, S. H., Hohman, R. & Tezak, S. Blue carbon in marine protected areas: Part 2. A Blue Carbon Assessment of Greater Farallones National Marine Sanctuary. (Washington, USA, 2021).
- 41 Zarate-Barrera, T. G. & Maldonado, J. H. Valuing Blue Carbon: Carbon Sequestration Benefits Provided by the Marine Protected Areas in Colombia. *PLOS ONE* **10**, e0126627, doi:https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126627 (2015).
- 42 Burrows, M. T. *et al.* Assessment of carbon capture and storage in natural systems within the English North Sea (Including within Marine Protected Areas). (Scotland, 2021).
- 43 Pörtner, H.-O. *et al.* WGII contribution to the IPCC Sixth Assessment Report (AR6), climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability; Summary for policymakers. (Switzerland, 2022).
- 44 Xu, X., Huang, A., Belle, E., De Frenne, P. & Jia, G. Protected areas provide thermal buffer against climate change. *Science Advances* **8**, eabo0119, doi:https://doi.org/10.1126/sciadv.abo0119 (2022).
- 45 Wang, W., Wu, W., Guo, F. & Wang, G. Fire regime and management in Canada's protected areas. *International Journal of Geoheritage and Parks*, doi:https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2022.04.003 (2022).
- 46 Hilty, J. *et al.* Guidelines for conserving connectivity through ecological networks and corridors. (Gland, Switzerland, 2020).
- 47 Lehtikoinen, P. *et al.* Increasing protected area coverage mitigates climate-driven community changes. *Biological Conservation* **253**, 108892, doi:https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108892 (2021).
- 48 MacKinnon, K. *et al.* Strengthening the Global System of Protected Areas post 2020: A Perspective from the IUCN World Commission on Protected Areas. *Parks Stewardship Forum* **36**, doi:https://doi.org/10.5070/P536248273 (2020).
- 49 Gillingham, P. K., Alison, J., Roy, D. B., Fox, R. & Thomas, C. D. High abundances of species in protected areas in parts of their geographic distributions colonized during a recent period of climatic change. *Conservation Letters* **8**, 97-106 (2015).
- 50 Saura, S. *et al.* Global trends in protected area connectivity from 2010 to 2018. *Biological Conservation* **238**, 108183, doi:https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.07.028 (2019).
- 51 Soto-Navarro, C. *et al.* Mapping co-benefits for carbon storage and biodiversity to inform conservation policy and action. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **375**, 20190128, doi:https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0128 (2020).
- 52 Martin, T. G. & Watson, J. E. M. Intact ecosystems provide best defence against climate change. *Nature Climate Change* **6**, 122, doi:https://doi.org/10.1038/nclimate2918 (2016).
- 53 Duarte, C. M., Middelburg, J. J. & Caraco, N. Major role of marine vegetation in the oceanic carbon cycle. *Biogeosciences* **2**, 1-8, doi:https://doi.org/10.5194/bg-2-1-2005 (2005).
- 54 Watson, J. E. M. *et al.* The exceptional value of intact forest ecosystems. *Nature Ecology & Evolution* **2**, 599-610, doi:http://doi.org/10.1038/s41559-018-0490-x (2018).
- 55 Mitchell, M. G. *et al.* Identifying key ecosystem service providing areas to inform national-scale conservation planning. *Environmental Research Letters* **16**, 014038, doi:https://doi.org/10.1088/1748-9326/abc121 (2021).
- 56 Wulder, M. A., Cardille, J. A., White, J. C. & Rayfield, B. Context and opportunities for expanding protected areas in Canada. *Land* **7**, 137, doi:https://doi.org/10.3390/land7040137 (2018).
- 57 Price, K., Holt, R. F. & Daust, D. Conflicting portrayals of remaining old growth: the British Columbia case. *Canadian Journal of Forest Research* **51**, 742-752, doi:https://dx.doi.org/10.1139/cjfr-2020-0453 (2021).
- 58 Abraham, K. F. & McKinnon, L. M. Hudson Plains Ecozone+ evidence for key findings summary. vi + 98pp (Ottawa, ON, 2011).
- 59 Bergeron, Y. & Fenton, N. J. Boreal forests of eastern Canada revisited: Old growth, nonfire disturbances, forest succession, and biodiversity. *Botany* **90**, 509-523, doi:http://doi.org/10.1139/b2012-034 (2012).
- 60 Packalen, M. S., Finkelstein, S. A. & McLaughlin, J. W. Carbon storage and potential methane production in the Hudson Bay Lowlands since mid-Holocene peat initiation. *Nat Commun* **5**, 4078, doi:https://doi.org/10.1038/ncomms5078 (2014).
- 61 Opperman, J. J. *et al.* Safeguarding free-flowing rivers: the global extent of free-flowing rivers in protected areas. *Sustainability* **13**, 2805, doi:https://doi.org/10.3390/su13052805 (2021).
- 62 CEC. *North America's Blue Carbon: Assessing Seagrass, Salt Marsh and Mangrove Distribution and Carbon Sinks*. (Commission for Environmental Cooperation, 2016).
- 63 Sothe, C. *et al.* Large soil carbon storage in terrestrial ecosystems of Canada. *Global Biogeochemical Cycles*, doi:https://doi.org/10.1029/2021GB007213 (2022).
- 64 Chmura, G. L. & Van Ardenne, L. B. *The Bay of Fundy Blue Carbon Story*. (Montreal, QC, 2018).
- 65 Chastain, S. G., Kohfeld, K. E., Pellatt, M. G., Olid, C. & Gailis, M. Quantification of blue carbon in salt marshes of the Pacific coast of Canada. *Biogeosciences* **19**, 5751-5777 (2022).
- 66 Douglas, T. J., Schuerholz, G. & Juniper, S. K. Blue carbon storage in a northern temperate estuary subject to habitat loss and chronic habitat disturbance: Cowichan Estuary, British Columbia, Canada; Supplementary material. *Frontiers in Marine Science* **9**, doi:https://doi.org/10.3389/fmars.2022.857586 (2022).
- 67 Gauthier, S., Bernier, P., Kuuluvainen, T., Shvidenko, A. Z. & Schepaschenko, D. G. Boreal forest health and global change. *Science* **349**, 819-822 (2015).
- 68 Morales-Hidalgo, D., Oswalt, S. N. & Somanathan, E. Status and trends in global primary forest, protected areas, and areas designated for conservation of biodiversity from the Global Forest Resources Assessment 2015. *Forest Ecology and Management* **352**, 68-77, doi:https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.011 (2015).
- 69 Goldstein, A. *et al.* Protecting irrecoverable carbon in Earth's ecosystems. *Nature Climate Change* **10**, 287-295, doi:https://doi.org/10.1038/s41558-020-0738-8 (2020).
- 70 Bradshaw, C. J. & Warkentin, I. G. Global estimates of boreal forest carbon stocks and flux. *Global and Planetary Change* **128**, 24-30, doi:https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2015.02.004 (2015).
- 71 Noon, M. L. *et al.* Mapping the irrecoverable carbon in Earth's ecosystems. *Nature Sustainability*, doi:https://doi.org/10.1038/s41893-021-00803-6 (2021).
- 72 Wells, J. V., Dawson, N., Culver, N., Reid, F. A. & Siegers, S. M. The State of Conservation in North America's Boreal Forest: Issues and Opportunities. *Frontiers in Forests and Global Change* **3**, doi:https://doi.org/10.3389/ffgc.2020.00090 (2020).
- 73 Global Forest Watch. (Conservation Biology Institute, 2013).
- 74 DellaSala, D. A. *et al.* Estimating carbon stocks and stock changes in Interior Wetbelt forests of British Columbia, Canada. *Ecosphere* **13**, doi:https://doi.org/10.1002/ecs2.4020 (2022).
- 75 Fredeen, A. L., Bois, C. H., Janzen, D. T. & Sanborn, P. T. Comparison of coniferous forest carbon stocks between old-growth and young second-growth forests on two soil types in central British Columbia, Canada. *Canadian Journal of Forest Research* **35**, 1411-1421, doi:https://doi.org/10.1139/x05-074 (2005).
- 76 Navarrete-Segueda, A., Martínez-Ramos, M., Ibarra-Manríquez, G., Vázquez-Selem, L. & Siebe, C. Variation of main terrestrial carbon stocks at the landscape-scale are shaped by soil in a tropical rainforest. *Geoderma* **313**, 57-68 (2018).
- 77 Gilhen-Baker, M., Roviello, V., Beresford-Kroeger, D. & Roviello, G. N. Old growth forests and large old trees as critical organisms connecting ecosystems and human health. A review. *Environmental Chemistry Letters*, 1529-1538, doi:https://doi.org/10.1007/s10311-021-01372-y (2022).
- 78 Odum, E. P. The strategy of ecosystem development. *Science* **164**, 262-279, doi:https://doi.org/10.1126/science.164.3877.262 (1969).



RÉFÉRENCES CITÉES

- 79 Yang, Z. j. *et al.* A culture of conservation: How an ancient forest plantation turned into an old growth forest reserve – The story of the Wamulin forest. *People and Nature* **3**, 1014-1024, doi:<https://doi.org/10.1002/pan3.10248> (2021).
- 80 Fauset, S. *et al.* Hyperdominance in Amazonian forest carbon cycling. *Nature communications* **6**, 1-9, doi:<https://doi.org/10.1038/ncomms7857> | www.nature.com/naturecommunications (2015).
- 81 Gray, A. N., Whittier, T. R. & Harmon, M. E. Carbon stocks and accumulation rates in Pacific Northwest forests: role of stand age, plant community, and productivity. *Ecosphere* **7**, e01224, doi:<https://doi.org/10.1002/ecs2.1224> (2016).
- 82 Hudiburg, T. W., Law, B. E., Moomaw, W. R., Harmon, M. E. & Stenzel, J. E. Meeting GHG reduction targets requires accounting for all forest sector emissions. *Environmental Research Letters* **14**, 095005, doi:<https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab28bb> (2019).
- 83 Sothe, C. *et al.* Large soil carbon storage in terrestrial ecosystems of Canada. *Global Biogeochemical Cycles*, doi:<https://doi.org/10.1002/essoar.10507117.2> (2021).
- 84 Schulze, E.-D. *et al.* in *Old-Growth Forests* 343-366 (Springer, 2009).
- 85 Lutz, J. A. *et al.* Global importance of large diameter trees. *Global Ecology and Biogeography* **27**, 849-864, doi:<https://doi.org/10.1111/geb.12747> (2018).
- 86 Meakem, V. *et al.* Role of tree size in moist tropical forest carbon cycling and water deficit responses. *New Phytologist* **219**, 947-958, doi:<https://doi.org/10.1111/nph.14633> (2018).
- 87 Lewis, S. L., Wheeler, C. E., Mitchard, E. T. A. & Koch, A. Restoring natural forests is the best way to remove atmospheric carbon. *Nature* **568**, 25-28 (2019).
- 88 Waring, B. There aren't enough trees in the world to offset society's carbon emissions - and there never will be. *The Conversation* (2021).
- 89 Waring, B. *et al.* Forests and decarbonization; Roles of natural and planted forests. *Frontiers in Forests and Global Change* **3**, doi:[10.3389/ffgc.2020.00058](https://doi.org/10.3389/ffgc.2020.00058) (2020).
- 90 Böttcher, H. & Lindner, M. in *Ecosystem goods and services from plantation forests* (eds Jurgen Bauhus, Peter van der Meer, & Markku Kanninen) Ch. 3, 43-76 (Earthscan, 2010).
- 91 Schulze, E.-D., Wirth, C. & Heimann, M. Managing forests after Kyoto. *Science* **289**, 2058-2059, doi:<https://doi.org/10.1126/science.289.5487.2058> (2000).
- 92 Kurz, W. A., Beukema, S. J. & Apps, M. J. Carbon budget implications of the transition from natural to managed disturbance regimes in forest landscapes. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* **2**, 405-421 (1998).
- 93 Wilson, S. J. & Hebda, R. J. Mitigating and adapting to climate change through the conservation of nature. (Victoria, Canada, 2008).
- 94 Luyssaert, S. *et al.* Reply to: Old-growth forest carbon sinks overestimated. *Nature* **591**, E24-E25, doi:<https://doi.org/10.1038/s41586-021-03267-y> (2021).
- 95 Luyssaert, S. *et al.* Old-growth forests as global carbon sinks. *Nature* **455**, 213, doi:<https://doi.org/10.1038/nature07276> <https://www.nature.com/articles/nature07276#supplementary-information> (2008).
- 96 Gundersen, P. *et al.* Old-growth forest carbon sinks overestimated. *Nature* **591**, E21-E23, doi:<https://doi.org/10.1038/s41586-021-03266-z> (2021).
- 97 Harris, L. *et al.* The essential carbon services provided by northern peatlands. *Frontiers in Ecology and Environment* (2021).
- 98 Abraham, K. F. *et al.* *Hudson Plains Ecozone+ Status and Trends Assessment*. (Canadian Councils of Resource Ministers, 2011).
- 99 Buisson, E., Archibald, S., Fidelis, A. & Suding, K. N. Ancient grasslands guide ambitious goals in grassland restoration. *Science* **377**, 594-598, doi:<https://doi.org/10.1126/science.abo4605> (2022).
- 100 Wang, X., VandenBygaart, A. J. & McConkey, B. C. Land management history of Canadian grasslands and the impact on soil carbon storage. *Rangeland Ecology & Management* **67**, 333-343, doi:<http://dx.doi.org/10.2111/REM-D-14-00006.1> (2014).
- 101 Initiative de conservation des oiseaux de l'Amérique du Nord. (Ottawa, Canada, 2019). <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/organisation/affaires-internationales/parteneriats-pays-regions/amerique-nord/conservation-oiseaux.html>
- 102 Jones, K. R. *et al.* The location and protection status of Earth's diminishing marine wilderness. *Current Biology* **28**, 2506-2512. e2503 (2018).
- 103 CAFF & PAME. Arctic Protected Areas: Indicator Report 2017. (Akureyri, Iceland, 2017).
- 104 Gouvernement du Canada. *Zones de protection marine à travers le Canada*, <https://www.dfo-mpo.gc.ca/oceans/mpa-zpm/index-fra.html> (2020).
- 105 Howard, J. *et al.* The potential to integrate blue carbon into MPA design and management. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **27 (S1)**, 100-115, doi:<https://doi.org/10.1002/aqc.2809> (2017).
- 106 Drever, C. R. *et al.* Natural climate solutions for Canada. *Science Advances* **7**, eabd6034, doi:<https://www.doi.org/10.1126/sciadv.abd6034> (2021).
- 107 Thomas, T. *et al.* Blue Carbon and Nationally Determined Contributions: Guidelines on Enhanced Action. 48pp (The Blue Carbon Initiative, 2020).
- 108 Saderne, V. *et al.* Role of carbonate burial in Blue Carbon budgets. *Nat Commun* **10**, 1106, doi:<http://doi.org/10.1038/s41467-019-08842-6> (2019).
- 109 Roberts, C. M. *et al.* Marine reserves can mitigate and promote adaptation to climate change. *Proc Natl Acad Sci U S A* **114**, 6167-6175, doi:<https://doi.org/10.1073/pnas.1701262114> (2017).
- 110 van Ardenne, L. B., Jolicouer, S., Bérubé, D., Burdick, D. & Chmura, G. L. The importance of geomorphic context for estimating the carbon stock of salt marshes. *Geoderma* **330**, 264-275, doi:[10.1016/j.geoderma.2018.06.003](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.06.003) (2018).
- 111 Statistique Canada. Les marais salés au Canada. (Ottawa, Canada, 2022). <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/11-627-m/11-627-m-2022064-fra.htm>
- 112 Mazarrasa, I. *et al.* Factors determining seagrass Blue Carbon across bioregions and geomorphologies. *Global Biogeochemical Cycles* **35**, e2021GB006935, doi:<https://doi.org/10.1029/2021GB006935> (2021).
- 113 Duarte, C. M. Reviews and syntheses: Hidden forests, the role of vegetated coastal habitats in the ocean carbon budget. *Biogeosciences* **14**, 301-310, doi:<https://doi.org/10.5194/bg-14-301-2017> (2017).
- 114 Duarte, C. M., Losada, I. J., Mazarrasa, I., Hendriks, I. E. & Marbà, N. The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation. *Nature Climate Change* **3**, 961-968, doi:<http://www.nature.com/doi/10.1038/nclimate1970> (2013).
- 115 Kennedy, H., Alongi, D. M. & Karim, A. Chapter 4: Coastal Wetlands. (Switzerland, 2014).
- 116 IPCC. in *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* (eds V. Masson-Delmotte *et al.*) 1-26 (World Meteorological Organization, 2018).
- 117 Taillardat, P., Friess, D. A. & Lupascu, M. Mangrove blue carbon strategies for climate change mitigation are most effective at the national scale. *Biological Letters* **14**, 20180251, doi:<http://dx.doi.org/10.1098/rsbl.2018.0251> (2018).





Photos :
Rochers marins : Vlad D.
Champignons : Jesse Bauer
Glace marine : Isaac Demeester