



DE LA FUMÉE SUR L'EAU

LUTTER CONTRE LES MENACES MONDIALES LIÉES À LA DESTRUCTION ET À LA DÉGRADATION DES TOURBIÈRES



ÉVALUATION EN VUE D'UNE INTERVENTION RAPIDE



Crump, J. (Dir.) 2017. *De la fumée sur l'eau – lutter contre les menaces mondiales liées à la destruction et à la dégradation des tourbières*. Évaluation du PNUE en vue d'une intervention rapide. Programme des Nations Unies pour l'environnement et GRID-Arendal, Nairobi et Arendal, www.grida.no

ISBN : 978-82-7701-168-4

Avertissement

Le contenu de ce rapport ne reflète pas nécessairement la vision ou la politique de l'ONU Environnement ou des organisations qui y ont contribué. Les appellations employées dans la présente publication et la présentation des éléments qui y figurent n'impliquent de la part du PNUE ou de ses organisations contributantes aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires ou villes, entreprises ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.



DE LA FUMÉE SUR L'EAU

LUTTER CONTRE LES MENACES MONDIALES LIÉES À LA DESTRUCTION ET À LA DÉGRADATION DES TOURBIÈRES

ÉVALUATION EN VUE D'UNE INTERVENTION RAPIDE
ÉDITION RÉVISÉE

Rédacteur et coordinateur

John Crump, GRID-Arendal

Auteurs

Armine Avagyan, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)
Elaine Baker, GRID-Arendal
Alexandra Barthelmes, Greifswald Mire Centre
Héctor Cisneros Velarde, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)
Greta Dargie, université de Leeds
Miriam Guth, Centre mondial de surveillance de la conservation de la nature (CMSC) de l'ONU Environnement
Kristell Hergoualc'h, Centre de recherche forestière international (CIFOR)
Lisa Johnson, Institut des ressources mondiales
Hans Joosten, Greifswald Mire Centre
Johan Kieft, ONU Environnement
Dianna Kopansky, ONU Environnement
Lera Miles, Centre mondial de surveillance de la conservation de la nature (CMSC) de l'ONU Environnement
Tatiana Minayeva, Care for Ecosystems UG, Allemagne
Luca Montanarella, Commission européenne
Maria Nuutinen, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)

Annawati van Paddenburg, Institut mondial pour la croissance verte (GGGI)
Jan Peters, Greifswald Mire Centre
Shaenandhoa Garcia Rangel, Centre mondial de surveillance de la conservation de la nature (CMSC) de l'ONU Environnement
Joanna Richards, Programme Tourbières de l'UICN au Royaume-Uni
Tobias Salathe, Secrétariat de Ramsar
Tina Schoolmeester, GRID-Arendal
Marcel Silvius, (ancien directeur de programme) Wetlands International

Réviseurs

Yannick Beaudoin, GRID-Arendal
Tim Christophersen, ONU Environnement
Martin Herold, université de Wageningen
Tiina Kurvits, GRID-Arendal
Kaja Lønne Fjærtøft, GRID-Arendal
Bas Tinhout, Wetlands International

Cartographes

Nieves López Izquierdo
Levi Westerveld, GRID-Arendal (figure 2)

Avant-propos

Les tourbières sont présentes dans plus de 180 pays, mais nous commençons seulement à comprendre le rôle qu'elles jouent à la fois dans le changement climatique et dans nos efforts pour limiter ses effets. Si elles couvrent moins de 3 % de la surface de la Terre, elles constituent la plus grande réserve terrestre de carbone organique. Elles stockent en effet deux fois plus de carbone que les forêts mondiales. De fait, les tourbières drainées ou brûlées libèrent des gaz à effet de serre, des émissions qui représentent 5 % du budget carbone mondial. Ce premier rapport publié par l'Initiative mondiale pour les tourbières met l'accent sur le danger que représente pour le climat la menace que l'agriculture, la foresterie, l'extraction des ressources et le développement des infrastructures font peser sur les tourbières.

L'Initiative mondiale pour les tourbières est née en 2016 de l'urgence de protéger ces précieuses ressources. Aujourd'hui, des experts et des institutions de renom travaillent conjointement afin d'empêcher les émissions dans l'atmosphère de cette immense réserve de carbone. Leur étendue, leur état et leur dynamique n'ayant jamais été cartographiés à l'échelle mondiale avec suffisamment de précision, des incertitudes demeurent quant à la quantité exacte de carbone stockée par les tourbières. Néanmoins, afin d'expliquer à la fois la nécessité de les protéger et de les restaurer rapidement et les possibilités d'y parvenir, le présent rapport fait part des connaissances en la matière de 30 experts et contributeurs issus de 15 organisations.

Des écosystèmes de tourbière sains sont essentiels pour les sociétés du monde entier. Alors que de nombreuses nations européennes commencent à considérer leurs ressources en tourbe comme un réservoir de carbone d'une importance capitale, des découvertes récemment effectuées dans d'autres régions du monde nous incitent tous à agir. Ainsi, l'an dernier, une équipe internationale de scientifiques ont cartographié la plus grande tourbière tropicale au monde, celle de la Cuvette Centrale située dans le bassin du Congo. Elle contient près de 30 gigatonnes de carbone, ce qui équivaut aux émissions produites par les États-Unis pendant 15 ans. En début d'année, je me suis rendu en Indonésie pour en apprendre davantage sur les effets des incendies de tourbière à répétition et sur les initiatives ambitieuses entreprises par le pays pour les combattre. Pour des personnes comme Thrmrin, un vieillard malais, il ne s'agit pas ici d'accomplir des avancées scientifiques ou politiques, mais de faire sortir sa communauté de la pauvreté. Même si ses grands-parents étaient pauvres,



l'apprentissage de l'anglais a permis à Thrmrin de travailler comme guide et de montrer aux touristes la restauration de la tourbière et du lac réalisée par la communauté. Aujourd'hui, le village possède une école et ses habitants sont fiers de partager leur culture avec les visiteurs. Thrmrin pense que ses petits-enfants auront un avenir beaucoup plus radieux.

J'espère que les connaissances et les expériences partagées dans le présent rapport apporteront une aide concrète aux nombreux gouvernements, entreprises et communautés qui s'efforcent de restaurer et de préserver nos tourbières. S'ils y parviennent, leurs efforts ne bénéficieront pas seulement aux milliers de personnes vivant autour de ces écosystèmes, mais aux sept milliards d'habitants d'une planète qui a désespérément besoin d'être protégée contre les effets du changement climatique.

Erik Solheim
Sous-Secrétaire général des Nations Unies et
Directeur de l'ONU Environnement



Située dans le bassin du Congo, la Cuvette Centrale est la plus grande tourbière tropicale au monde. Elle contient près de 30 gigatonnes de carbone, ce qui équivaut aux émissions produites par les États-Unis pendant 15 ans.

Table des matières

Avant-propos	4
Résumé	6
Messages clés	7
Introduction	9
Pourquoi les tourbières sont importantes	21
Menaces – Les tourbières sous pression	29
Conséquences de la dégradation des tourbières	33
Solutions – Aller de l’avant	41
Recommandations	61
Glossaire	63
Bibliographie	64
Annexe	72

Résumé

Les tourbières comptent parmi les trésors naturels mondiaux les moins appréciés à leur juste valeur. Présents sur chaque continent, ces écosystèmes saturés d'eau font partie des plus importantes réserves de carbone de la planète.

Composées d'épaisses couches de tourbe constituée de matière organique partiellement décomposée, dont la formation peut remonter à des milliers d'années, les tourbières stockent le carbone de manière extrêmement efficace.

Bien entretenues, elles restent humides. Cette saturation en eau caractéristique leur confère plusieurs propriétés uniques et précieuses, et les inscrit parmi les écosystèmes terrestres les plus à même de stocker le carbone. En moyenne, chaque hectare de tourbière renferme 1 375 tonnes de carbone dans le sol, soit près de dix fois plus qu'un sol minéral ordinaire (Joosten et Couwenberg, 2008 ; Parish *et al.*, 2008).

Ne couvrant que 3 % de la masse terrestre de la planète, les tourbières contiennent autant de carbone que l'ensemble de la biomasse terrestre réunie, deux fois plus de carbone que l'intégralité de la biomasse forestière mondiale, et environ la même quantité de carbone que l'atmosphère.

Bien qu'elles soient souvent considérées comme des terres généralement stériles, elles présentent un intérêt remarquable, outre leur capacité à stocker le carbone. Elles fournissent de nombreux « services écosystémiques », tels que la régulation des inondations, la purification de l'eau et des habitats pour une biodiversité unique et variée. Les écosystèmes de tourbière abritent un large éventail de plantes, d'oiseaux et d'autres animaux, notamment des espèces endémiques et menacées – comme l'orang-outan peuplant les tourbières tropicales de l'Asie du Sud-Est, les bonobos et les gorilles de plaine de l'Ouest présents dans les deux Congo et le phragmite aquatique d'Europe centrale et septentrionale. Une grande variété d'aliments locaux et d'espèces d'arbres ayant une valeur économique importante y croissent, et la tourbe elle-même sert depuis longtemps de combustible.

À ce jour, les tourbières ont été localisées dans 180 pays, et couvrent de grandes surfaces tant dans l'hémisphère nord que dans les régions tropicales de notre planète. En général, elles se forment dans des dépressions où l'eau s'accumule en permanence, alimentée soit par les précipitations, soit par des sources souterraines. Le manque d'oxygène dans un environnement saturé d'eau ralentit la décomposition de la matière organique, entraînant l'accumulation des couches de tourbe. Pourtant, partout dans le monde, les tourbières sont menacées, car drainées et brûlées à des fins d'exploitation agricole et forestière, et de développement. Actuellement, 15 % des réserves sont considérées détruites ou dégradées.

Les tourbières ainsi touchées libèrent le carbone emprisonné depuis longtemps dans leurs couches de matière organique

décomposée. Jusqu'à 5 % des émissions mondiales de CO₂ leur sont attribuées. La moitié d'entre elles proviennent de tourbières situées en Asie du Sud-Est, où la pratique intensive de la déforestation, du drainage et les températures élevées accélèrent la décomposition de la tourbe drainée. Aussi y a-t-il urgence à gérer les tourbières localisées dans les autres régions du monde, ce qui exige une intensification des recherches en vue de dresser un inventaire exhaustif de leur localisation et de leur superficie.

La conversion des terres à des fins agricoles constitue la principale menace pesant sur les tourbières. Traditionnellement, c'est en Europe que le drainage a été le plus pratiqué, mais son développement a aujourd'hui en grande partie cessé. En revanche, le déboisement des tourbières tropicales est en rapide expansion, à la fois dans un but agricole et, dans le cas de l'Indonésie, afin de réinstaller des populations privées de terres, avec pour finalité de gérer l'essor démographique et l'urbanisation croissante. À l'origine, les sols tourbeux, riches en matière organique, peuvent être extrêmement productifs, mais en raison d'un taux de nutriments généralement bas, ils s'épuisent rapidement.

Le drainage des tourbières est fréquemment utilisé pour optimiser l'utilisation des sols à des fins agricoles. Cependant, cette méthode les rend vulnérables aux incendies, qui peuvent sensiblement augmenter les émissions de gaz à effet de serre. Les feux de tourbières peuvent durer longtemps et la fumée libérée dans l'atmosphère des particules qui peuvent s'avérer nuisibles pour la santé humaine. Par ailleurs, le drainage provoque un affaissement des tourbières. Dans les zones côtières, ce phénomène peut permettre à l'eau salée de s'infiltrer, entraînant une infertilité totale de la terre et une possible contamination de la nappe phréatique.

Enfin, le drainage des tourbières peut avoir des conséquences économiques et sociales négatives à long terme, pesant plus lourd dans la balance que les avantages initiaux à court terme offerts par la conversion des terres.

Le changement climatique entraîne une élévation des températures, des saisons sèches plus longues et plus intenses, et perturbe la formation de la couche nuageuse, le schéma des précipitations et la fréquence des incendies. L'ensemble de ces facteurs est susceptible d'accroître la pression exercée sur les écosystèmes de tourbière, particulièrement sur ceux qui sont déjà dégradés.

Pourtant, en permettant le stockage du carbone à long terme et en toute sécurité, les tourbières peuvent jouer un rôle essentiel



dans l'atténuation du dérèglement climatique. Toutefois, afin qu'elles soient à même d'y parvenir, il est indispensable de mettre un terme à leur drainage et de restaurer celles qui sont déjà dégradées.

Partout dans le monde, de plus en plus d'initiatives visent à rendre les tourbières productives sans avoir besoin de les drainer. Il s'agit notamment de la production durable de denrées alimentaires comme le poisson, de nourriture pour animaux, de fibres et de combustible. La gestion des tourbières doit permettre leur exploitation par des utilisateurs et pour des activités multiples, compatibles avec leur conservation et leur restauration. À cet effet, il convient de concentrer les efforts, notamment en vue de l'élaboration d'une politique internationale et nationale efficace ; de la mise en place de dispositifs et de cadres fiscaux afin d'appuyer les activités de recherche et de conservation ; et du développement et de l'adoption d'une gestion fondée sur les bonnes pratiques.

Afin de contribuer à la réalisation de ces résultats, le présent rapport évalue l'étendue des tourbières dans les régions tropicales, les menaces auxquelles elles sont confrontées et les actions entreprises pour les préserver.

Messages clés

1. Les tourbières jouent un rôle important pour les sociétés du monde entier. Elles contribuent sensiblement à l'atténuation du changement climatique et à l'adaptation à ses effets à travers la capture et le stockage du carbone, la conservation de la biodiversité, la régulation du régime

et de la qualité des eaux, et la fourniture d'autres services écosystémiques qui garantissent des moyens de subsistance.

2. Des mesures immédiates doivent être prises afin d'empêcher une aggravation de la dégradation des tourbières et les graves répercussions environnementales, économiques et sociales que suppose un tel phénomène. Il existe différentes solutions pour remédier à ce problème, aussi leur mise en œuvre doit-elle être adaptée à l'échelle régionale, ainsi qu'aux caractéristiques et aux besoins environnementaux, économiques et sociaux sur le plan local.

3. Il est fondamental d'adopter une approche à l'échelle du paysage, d'échanger et de mettre en œuvre les bonnes pratiques de gestion et de restauration de l'ensemble des tourbières, afin de sauvegarder ces écosystèmes menacés et les services qu'ils apportent aux populations.

4. Les communautés locales doivent bénéficier de soutien afin de gérer leurs tourbières de manière durable, en préservant les utilisations traditionnelles non destructives de celles-ci et en introduisant des solutions de gestion innovantes.

5. Une cartographie complète des tourbières présentes sur toute la surface du globe est primordiale pour mieux connaître leur étendue et leur état, et nous permettre de les protéger. En appui aux actions entreprises et à l'engagement des multiples parties prenantes, il convient d'améliorer la recherche et le suivi afin de produire des cartes plus exactes et de meilleurs outils pour une évaluation rapide et une utilisation transparente des tourbières.



Introduction

Si nous voulons protéger les forêts et la vie terrestre, sauvegarder nos océans, créer un grand nombre d'opportunités économiques, éviter des pertes encore plus importantes et améliorer la santé et le bien-être de la planète, une seule solution s'impose à nous : l'action climatique.

– Antonio Guterres, Secrétaire général des Nations Unies (31.05.17)

Les tourbières sont menacées à l'échelle mondiale par le drainage à des fins de développement, lequel prend plusieurs formes : conversion des terres pour l'agriculture, foresterie, extraction des ressources et développement des infrastructures, autant d'activités dont les implications pour l'action climatique sont considérables. En moyenne, les tourbières renferment 137 500 tonnes de carbone par kilomètre carré (soit 1 375 tonnes par hectare), ce qui en fait l'écosystème terrestre le plus dense en carbone de la planète (Joosten et Couwenberg, 2008). En d'autres termes, la quantité de carbone contenue dans un seul hectare de tourbière humide est équivalente aux émissions annuelles de 1 400 voitures individuelles.

Initiative mondiale pour les tourbières

L'Initiative mondiale pour les tourbières est un partenariat international créé en 2016 pour sauvegarder les tourbières, la plus grande réserve mondiale de carbone organique terrestre. Les partenaires de l'Initiative œuvrent en faveur de l'amélioration de la conservation, de la restauration et de la gestion durable des tourbières, en vue de protéger cet écosystème vital et d'empêcher que le carbone qu'il renferme soit libéré dans l'atmosphère. Les tourbières constituent des écosystèmes uniques, qui ont une influence fondamentale sur le paysage et fournissent des services écosystémiques essentiels. Attirer l'attention sur les questions relatives aux tourbières et aider les pays et les partenaires à en mesurer les enjeux et à les gérer sur la base de décisions fondées sur des données probantes, permettra à l'Initiative de contribuer à plusieurs objectifs de développement durable en réduisant les émissions de gaz à effet de serre, en maintenant les services écosystémiques et en sécurisant les vies et les moyens de subsistance tout en améliorant la capacité des populations à s'adapter au changement.

La présente évaluation pour une intervention rapide est une étape clé sur la voie qui conduira l'Initiative à avoir de l'influence et à faire progresser l'action climatique. Elle est axée sur la sensibilisation et la stimulation des échanges entre les décideurs et les parties prenantes sur l'importance des tourbières et ce qu'elles apportent au climat, aux populations et à la planète.

De ce point de vue, les tourbières sont l'un de nos principaux alliés dans la lutte contre le changement climatique. En les conservant et en les restaurant, nous pouvons réduire les émissions mondiales tout en réactivant et en sauvegardant ce puits de carbone naturel.

Les tourbières en parfait état capturent le carbone, tandis que les tourbières dégradées sont d'importants émetteurs nets de gaz à effet de serre. Ces émissions perdurent tant que la tourbière subit un drainage et que la tourbe continue à s'oxyder. Ce processus peut durer des dizaines d'années, voire plusieurs siècles, et il est très différent des émissions instantanées produites par le déboisement des forêts. La conservation des tourbières en bon état, leur restauration et l'amélioration de leur gestion, ainsi que celles des autres sols organiques, contribuent à réduire les concentrations de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère terrestre. Les tourbières jouent également un rôle important dans la sécurité alimentaire et la réduction de la pauvreté (FAO et Wetlands International, 2012).

D'après les estimations actuelles, les émissions de gaz à effet de serre générées par les tourbières drainées ou brûlées représenteraient jusqu'à 5 % de l'ensemble des émissions produites par les activités humaines – soit près de deux milliards de tonnes de CO₂ par an. Si la communauté internationale espère maintenir l'élévation de la température moyenne de la planète en dessous des deux degrés Celsius, il est urgent d'agir pour que le carbone capturé dans les tourbières – piégé dans le sol humide – ne s'en échappe pas et ne provoque une augmentation des émissions. Par ailleurs,

les tourbières déjà drainées doivent être réhumidifiées pour enrayer leurs émissions importantes et continues. Cependant, la tâche n'est pas aussi simple qu'elle le paraît. Connaître l'emplacement des tourbières relève toujours du défi.

Que sont les tourbières ?

Les tourbières sont connues sous de nombreuses appellations, notamment en anglais sous les termes « mire », « marsh », « swamp », « fen » et « bog ». La variété de cette terminologie reflète la diversité des habitats et des écosystèmes des tourbières (Rydin et Jeglum, 2013). Si une tourbière peut être simplement définie comme un « sol contenant de la tourbe », il n'existe actuellement aucune norme mondialement reconnue relative à la quantité de matière organique que la « tourbe » doit contenir ou à l'épaisseur minimale que doit avoir la couche de tourbe¹. La diversité des tourbières et l'absence d'une norme commune rendent difficiles l'identification et la collecte de données et d'informations les concernant.

Même si leur aspect varie, les tourbières partagent toutes un point commun : elles possèdent en surface une couche de

La tourbe est une substance essentiellement composée de résidus végétaux (plantes vasculaires et mousses) qui ne sont que partiellement décomposés en raison de l'absence d'oxygène dans un environnement saturé d'eau.

tourbe qui s'est formée du fait que leur saturation permanente en eau a empêché la décomposition totale des matières végétales inertes (Joosten et Clarke, 2002).

La tourbe est une réserve de carbone compacte et extrêmement dense qui, si elle est gérée de manière appropriée, peut constituer un atout dans le cadre de l'action climatique. De tout temps – et à l'époque actuelle – les zones humides ont été considérées comme des terres incultes qui devaient

1. Variant en fonction des pays et de la rigueur scientifique, la tourbe a été définie comme une substance devant contenir au minimum (en poids sec) 5, 15, 30, 50 ou 65 % de matière organique, alors que la définition des tourbières stipule qu'elles doivent avoir une épaisseur minimale de 20, 25, 30, 40, 45, 50, 60 ou 70 cm de tourbe (Joosten *et al.*, 2017).

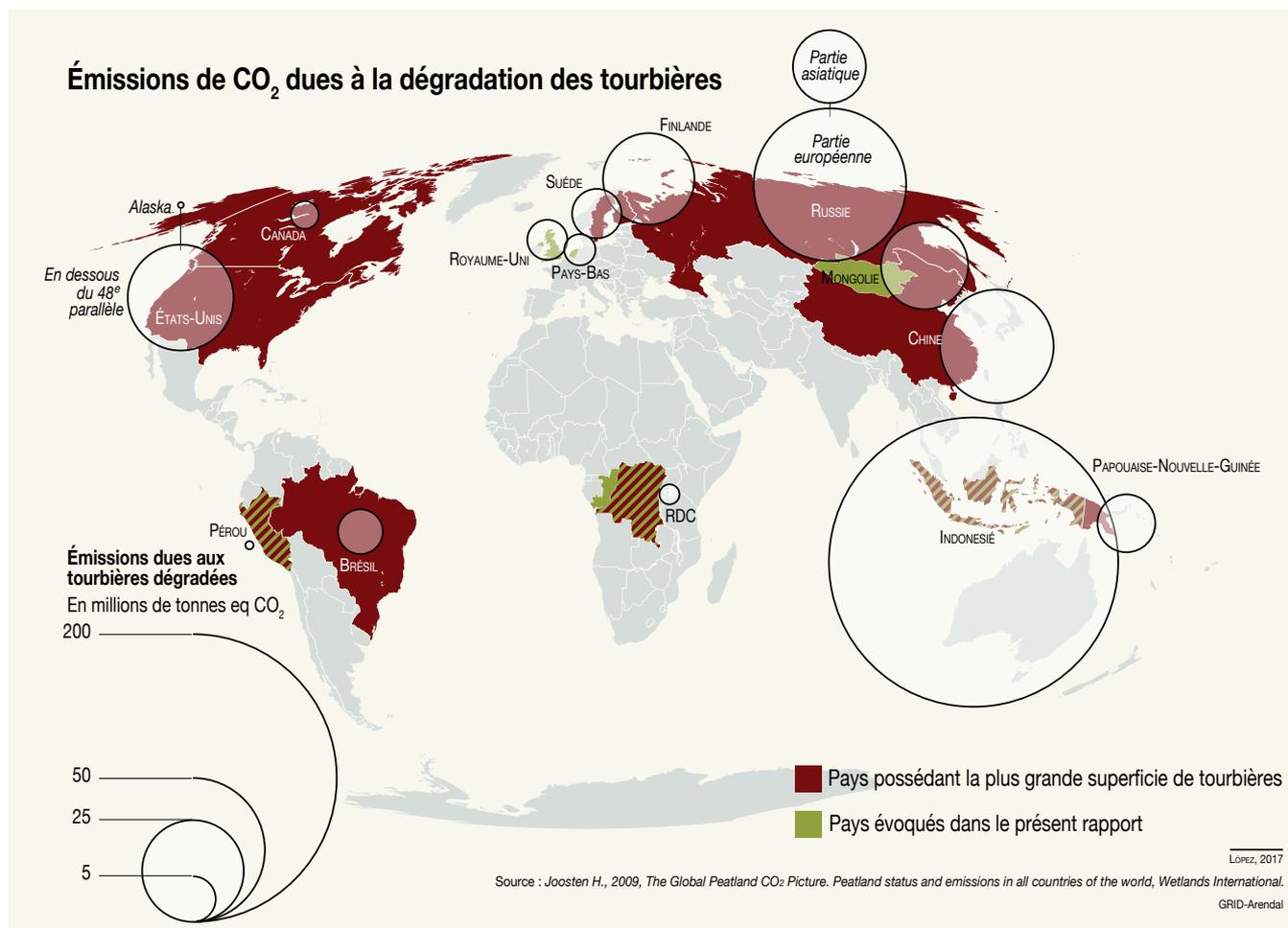


Figure 1. Émissions produites par les tourbières, par pays (en mégatonnes d'équivalent CO₂). Remarque : Les émissions générées par l'extraction de la tourbe ne sont pas prises en compte dans les calculs relatifs aux pays européens

être drainées et converties à des fins plus utiles, telles que l'agriculture. Le développement supposait le drainage, une idée qui prévaut encore dans certaines régions du monde. L'expression anglaise « drain the swamp » (assécher le marais) est même devenue une métaphore politique. Il est fondamental de reconnaître que les tourbières ne sont pas des terres incultes, mais des écosystèmes essentiels qui apportent d'innombrables avantages, et que leur protection ou leur utilisation à bon escient ne constituent pas un obstacle au développement. Les choix en la matière doivent tenir compte du fait que si les tourbières représentent une portion relativement modeste de la masse terrestre globale, elles possèdent une capacité de stockage du carbone sans commune mesure et offrent d'autres avantages bénéfiques pour le climat, les populations et la planète.

La carte de la figure 1 ne donne qu'une représentation partielle de la réalité, car elle ne fait apparaître que les émissions générées par l'oxydation biologique de la tourbe – laissant de côté celles produites par les incendies. Le brûlage de tourbières, tel que pratiqué en Russie et en Indonésie, contribue pour sa part à 30 % des émissions.

L'oxydation biologique de la tourbe se produit lorsque les tourbières sont drainées et dégradées. Lorsque le niveau de l'eau est bas, la tourbe n'est plus saturée en eau, l'oxygène la pénètre et les microorganismes la désagrègent. Jusqu'alors bien préservés, le carbone et l'azote sont alors libérés dans l'atmosphère sous forme de gaz à effet de serre, et dans les eaux de surface sous forme de nitrate. Si seulement 15 % des tourbières de la planète ont été drainées, elles sont responsables de 5 % de l'ensemble des émissions anthropiques de gaz à effet de serre à l'échelle mondiale (Joosten, 2015).

Où se trouvent les tourbières ?

Les tourbières sont des écosystèmes qui revêtent une importance mondiale ; on peut les trouver dans 180 pays environ (Parish *et al.*, 2008). Si nous savons qu'elles sont présentes sur toute la planète, il n'existe pas de cartographie complète de leur localisation, car nombre d'entre elles n'ont pas été identifiées en tant que telles et doivent encore être correctement recensées. Pour garantir l'intégrité des tourbières, il est indispensable de mieux les connaître et de disposer de cartes précisant leur typologie, leur localisation et leur étendue.

En raison des difficultés rencontrées pour les localiser et les définir, la figure 2 ne reflète pas la véritable superficie couverte par les tourbières à l'échelle mondiale. Les scientifiques s'accordent à dire qu'il existe de vastes zones qui n'ont pas encore été découvertes et ne sont pas répertoriées. De récentes études de modélisation révèlent que les tourbières tropicales pourraient être trois fois plus nombreuses que ce qu'indiquent les estimations actuelles (Gumbricht *et al.*, 2017). Elles s'appuient sur la documentation récente relative à de vastes zones de tourbières jusqu'alors non quantifiées et non classifiées en Afrique et en Amérique du Sud. Au début de l'année 2017, des scientifiques ont annoncé qu'ils avaient cartographié le plus important ensemble de tourbières en zone tropicale – la forêt marécageuse de la Cuvette Centrale dans le bassin du Congo – dont la superficie est estimée à 145 000 km² et le contenu à plus de 30 milliards de tonnes de carbone (Dargie *et al.*, 2017). De même, la surface couverte par les tourbières cartographiées dans les basses plaines de l'Amazonie péruvienne, en Amérique du Sud, est évaluée à 120 000 km² et supposée renfermer 20 milliards de tonnes de carbone (Lähteenoja *et al.*, 2011).



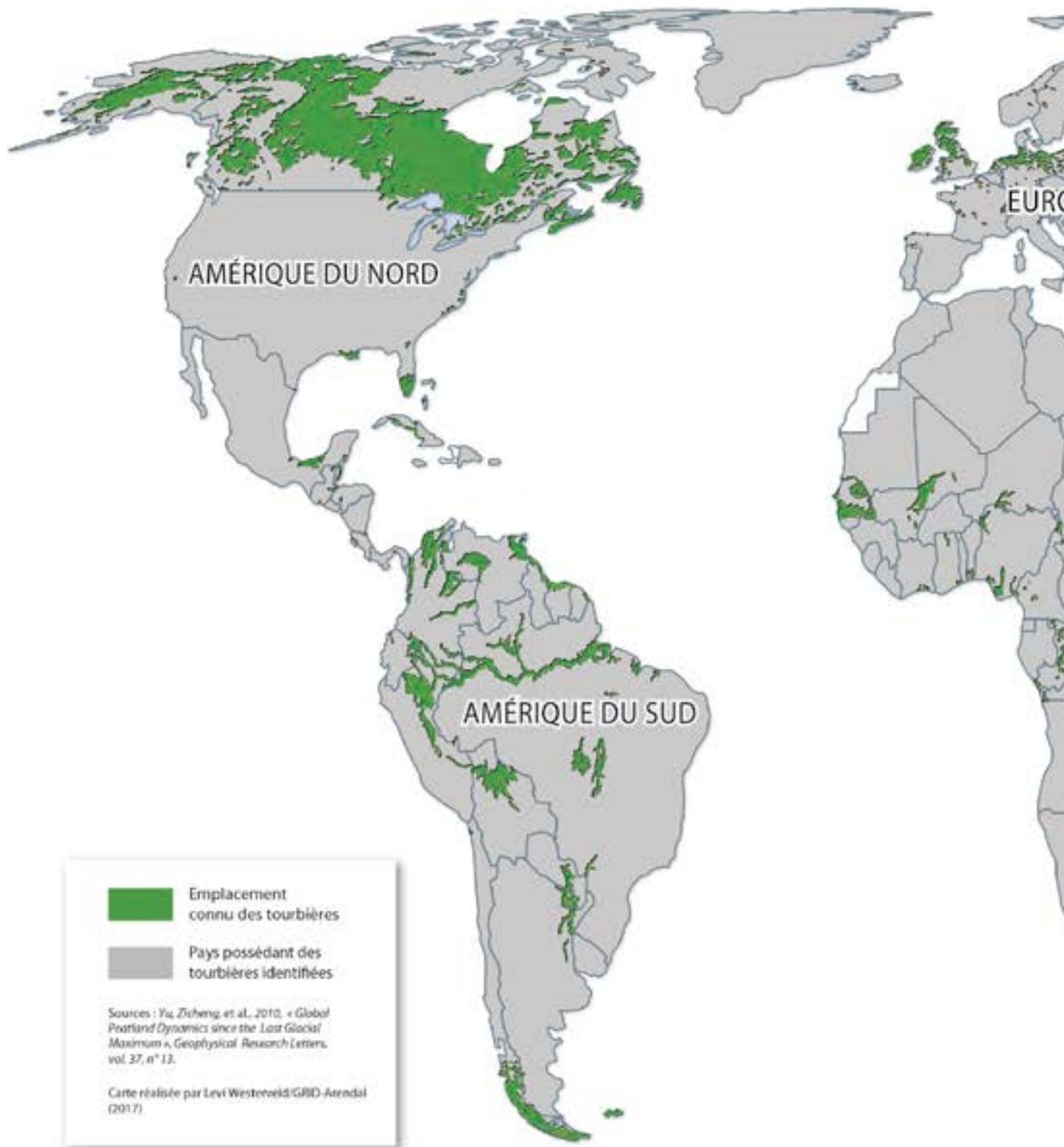
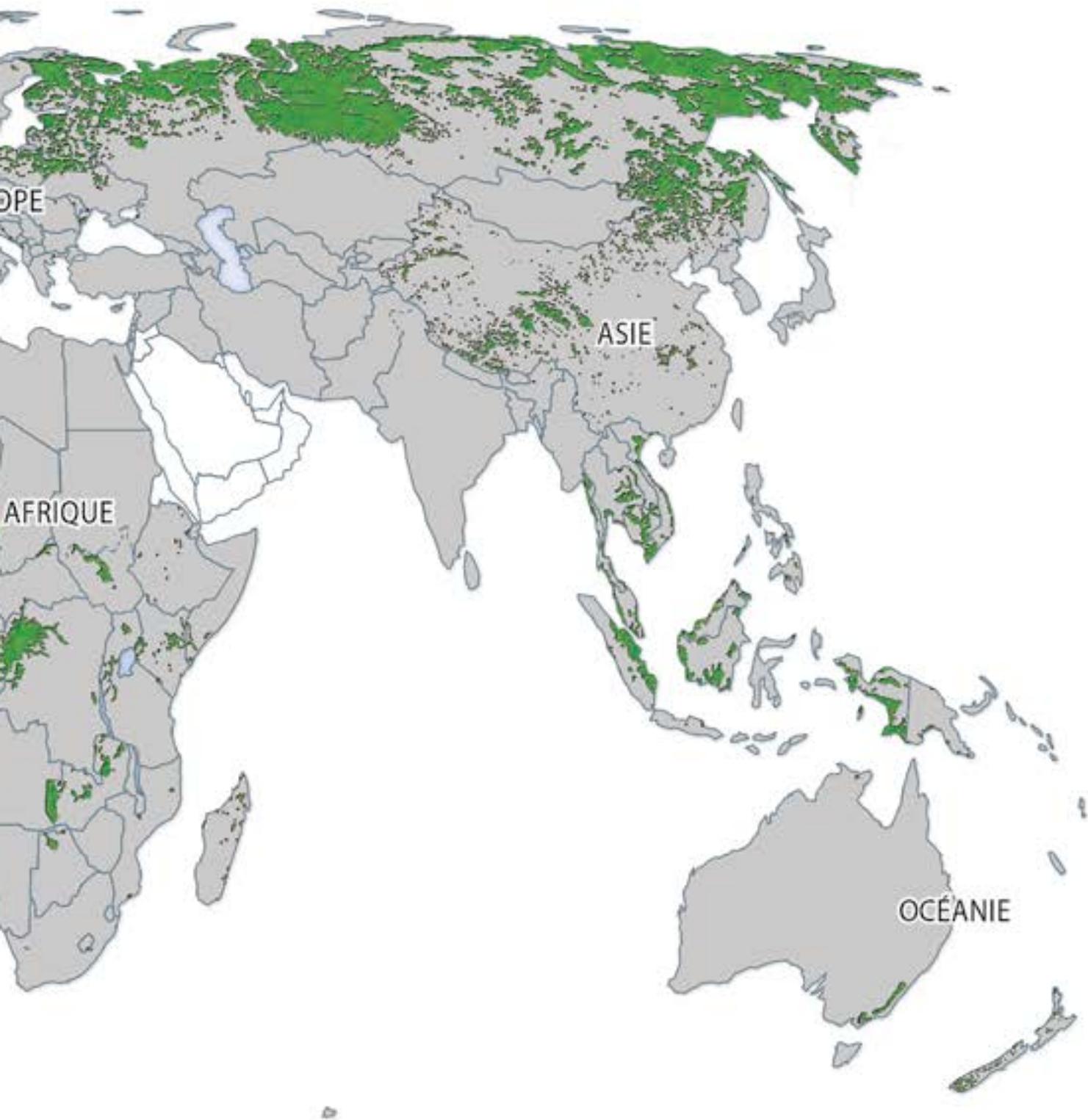


Figure 2. Répartition des tourbières dans le monde



En septembre 2015, la communauté internationale présentait un ambitieux Programme de développement durable et un ensemble d'objectifs de développement durable (ODD) visant à « éradiquer la pauvreté, protéger la planète et garantir la prospérité pour tous » (ONU, 2015). Cependant, la vulnérabilité croissante des tourbières face aux incendies dans des pays comme l'Indonésie et la Russie a eu de lourdes conséquences sur la capacité de ces États à atteindre les ODD. C'est la raison pour laquelle ils devront, de même que d'autres pays possédant des tourbières dégradées, étudier les meilleures solutions à adopter pour empêcher l'accroissement des émissions, tout en réalisant leurs choix en faveur du développement durable, notamment l'expansion agricole et le développement économique, afin de réaliser l'ensemble des ODD. Les tourbières doivent être considérées comme des terres dotées d'un fort potentiel d'atténuation du changement climatique, offrant également de grandes possibilités en matière d'adaptation climatique et de conservation de la biodiversité, et contribuant sensiblement au développement durable (Wetlands International, 2015). (Voir annexe pour de plus amples informations sur les ODD et les tourbières).

Les tableaux 1 et 2 dressent la liste des 20 premiers pays qui présenteraient la plus grande étendue de tourbières et la plus grande réserve de carbone au sein de ces dernières.

De la fumée sur l'eau

Il est important de ne pas se laisser distraire par les débats relatifs aux définitions et aux classifications des sols organiques, ou par le manque de cartes détaillées des tourbières. Le message est clair : toute quantité de tourbe présente un intérêt et des efforts doivent être déployés pour la garder intacte.

La présente évaluation pour une intervention rapide est un appel à l'action lancé par l'Initiative mondiale pour les tourbières. Les découvertes scientifiques, à la fois établies et émergentes, nous invitent à agir maintenant et à faire les bons choix en matière de politique et de développement.

Il s'agit d'appeler les décideurs à reconnaître de toute urgence l'importance des tourbières.

Il s'agit d'appeler les acteurs à identifier et à mettre un terme aux actions entraînant la dégradation des tourbières, d'appeler les responsables politiques à prendre connaissance et à s'inspirer des solutions et des innovations présentées ici.

Il s'agit d'appeler à rejoindre l'Initiative mondiale pour les tourbières et de définir la marche à suivre pour une action climatique solide – en faveur des populations et de la planète.

2. Ce tableau ne tient pas compte des récentes découvertes réalisées dans le Bassin du Congo et au Pérou.

3. Dans un souci d'uniformisation, les données portent sur les tourbières dont la profondeur minimale de tourbe est de 30 cm (soit la profondeur de labour traditionnelle). Ce critère exclut de nombreuses zones (sub)arctiques et (sub)alpines, dont la couche de tourbe est peu épaisse.

4. Ce tableau ne tient pas compte des récentes découvertes réalisées dans le Bassin du Congo et au Pérou.

Tableau 1. Classement des 20 premiers pays possédant la plus grande superficie de tourbières^{2,3} (adapté de Joosten 2010)

	Pays	Surface des tourbières (en km ²)
1	Russie	1 375 690
2	Canada	1 133 926
3	Indonésie	265 500
4	États-Unis	223 809
5	Finlande	79 429
6	Suède	65 623
7	Papouasie-Nouvelle-Guinée	59 922
8	Brésil	54 730
9	Pérou	49 991
10	Chine	33 499
11	Soudan	29 910
12	Norvège	29 685
13	Malaisie	26 685
14	Mongolie	26 291
15	Bélarus	22 352
16	Royaume-Uni	17 113
17	Allemagne	16 668
18	République du Congo	15 999
19	Zambie	15 410
20	Ouganda	13 640

Tableau 2. Classement des 20 premiers pays possédant les plus grandes réserves de carbone au sein des tourbières (en mégatonnes de carbone), 2008⁴ (adapté de Joosten, 2010)

	Pays	Réserve de carbone au sein des tourbières
1	Canada	139 819
2	Russie	124 762
3	Indonésie	48 993
4	États-Unis	26 454
5	Papouasie-Nouvelle-Guinée	5 427
6	Brésil	4 934
7	Malaisie	4 926
8	Finlande	4 802
9	Suède	4 535
10	Chine	2 924
11	Norvège	2 023
12	Allemagne	1 830
13	Venezuela	1 799
14	Soudan	1 796
15	Royaume-Uni	1 583
16	République du Congo	1 451
17	Mexique	1 345
18	Ouganda	1 198
19	Bélarus	1 184
20	République démocratique du Congo	1 079







Kenya



Tasmanie



Mongolie

Gros plan sur la Mongolie – Quand les tourbières répondent à un besoin

Principalement associée aux steppes et aux déserts, la Mongolie possède également de vastes étendues de tourbières (Joosten *et al.*, 2012). Sous son climat continental sec, les tourbières remplissent de nombreuses et importantes fonctions écologiques : elles alimentent les rivières, entretiennent des habitats humides et extrêmement productifs, et empêchent l'érosion des sols et la fonte du pergélisol.

L'ensemble de ces facteurs contribue à conserver la biodiversité ainsi que les moyens de subsistance des populations (notamment les produits forestiers ligneux et non ligneux) (Joosten *et al.*, 2012 ; Minayeva *et al.*, 2005a ; Narangerel *et al.*, 2017). En outre, les tourbières permettent de maintenir les niveaux phréatiques, essentiels aux écosystèmes forestiers et à la production agricole (Minayeva *et al.*, 2005b). Unique source d'eau et d'alimentation des rivières dans les hauts plateaux mongols, elles jouent un rôle fondamental dans la préservation du pergélisol (Rapport d'évaluation, 2017).

Malgré leur importance, les tourbières de Mongolie sont sous-représentées dans les inventaires mondiaux des ressources en tourbe (Minayeva *et al.*, 2005), et les quelques recherches dont elles ont fait l'objet ayant généralement été effectuées par des scientifiques mongols, russes et allemands, très peu d'informations sont disponibles en anglais (Minayeva *et al.*, 2016). D'après les estimations, les tourbières mongoles contiendraient près de 750 mégatonnes de carbone et celles qui sont dégradées émettraient chaque année 45 mégatonnes de CO₂ (Parish *et al.*, 2008).

En ce qui concerne leur répartition, les surfaces occupées par les tourbières varient à travers le pays, la plupart étant concentrées dans les régions septentrionales, centrales et de l'extrémité orientale. C'est dans les années 1950 qu'a été réalisée la première carte détaillée de leur superficie, jusqu'alors évaluée à 1 % de la Mongolie, soit 27 200 km² (Minayeva *et al.*, 2005b). Depuis, ce chiffre aurait baissé de 60 à 80 %, en fonction des régions.

Les tourbières sont principalement situées dans les zones de pergélisol (figure 3). Elles sont associées à la fois aux pentes inférieures et aux hauts plateaux, s'inscrivant dans les écosystèmes de la steppe, de la steppe boisée et de la taïga, ainsi qu'aux vallées fluviales des plaines steppiques (Minayeva *et al.*, 2016). La moitié des tourbières du pays sont des marais couverts de carex, qui fournissent des pâturages extrêmement productifs (Minayeva *et al.*, 2016).

Plus de 400 espèces de plantes vasculaires ont été identifiées dans les tourbières mongoles, soit près 18 % de l'ensemble des espèces végétales répertoriées dans le pays (Minayeva *et al.*, 2016 ; Parish *et al.*, 2008). Par ailleurs, les tourbières constituent également des sites importants sur les itinéraires de migration des oiseaux (les axes migratoires), et sont donc essentielles pour de nombreuses espèces, notamment la grue de Sibérie (*Leucogeranus leucogeranus*), gravement menacée de disparition.

Elles abritent également d'autres zones qui présentent un intérêt à l'échelle internationale en matière de conservation de la biodiversité. Ainsi, leurs forêts sont peuplées de mammifères, d'oiseaux, de reptiles et d'amphibiens, notamment ceux en voie d'extinction (Narangerel *et al.*, 2017).

Utilisation et conservation des tourbières en Mongolie

Certaines des terres les plus fertiles du pays se trouvant dans les sols tourbeux, les tourbières sont principalement utilisées pour l'agriculture et le pâturage (Rapport d'évaluation, 2017). Les nuisances engendrées par la construction de routes, l'exploitation minière et l'édification de barrages en amont accentuent la vulnérabilité des tourbières dans l'ensemble du pays. Le principal problème vient de la fonte du pergélisol, initialement provoquée par les activités humaines comme l'exploitation minière ou par l'élévation des températures, qui accélère la dégradation des tourbières. Le nombre de terres affectées par ce phénomène a doublé de façon alarmante au cours des 50 dernières années (Jambaljav, 2016). Il n'existe pas de données précises concernant la diversité, la répartition et les fonctions naturelles des tourbières en Mongolie – informations nécessaires pour appuyer des décisions judicieuses quant à leur gestion.

Bien que leur hydrologie particulière révèle qu'elles sont de plus en plus sensibles aux dégradations résultant du changement climatique, les programmes de gestion actuels semblent ne pas vouloir en tenir compte (Parish *et al.*, 2008). La rapide détérioration d'autres pâturages a induit une nouvelle migration du bétail vers les tourbières, une surcharge pastorale croissante suivie d'une perte considérable de productivité des prairies (Punsalmaa *et al.*, 2008). La conjugaison du surpâturage, des incendies d'origine anthropique, de la fonte du pergélisol et du changement climatique s'est soldée par des milliers d'hectares de marais mis à nu et asséchés (Joosten *et al.*, 2012). Cette situation contribue aux émissions de gaz à effet de serre générées par la tourbe et aggravées par le changement climatique (Rapport d'évaluation 2017).

Actuellement, la Mongolie s'efforce d'emprunter la voie d'un développement vert, mais elle doit encore prendre des mesures spécifiques en matière de gestion des tourbières. Elle fait partie du Programme ONU-REDD, une initiative visant à réduire les émissions produites par la déforestation et la dégradation des forêts dans les pays en développement (REDD+) (Ministère de l'Environnement, 2016 ; Narangerel *et al.*, 2017). Les réserves de carbone présentes dans les forêts de tourbières sont recensées dans le cadre de REDD+, ce qui pourrait favoriser leur protection à long terme.

Reconnaissant le rôle capital joué par les services écosystémiques des tourbières à l'égard de la durabilité et des moyens de subsistance dans le pays, le gouvernement mongol a élaboré, avec l'assistance technique de la Banque asiatique de développement, un Plan stratégique pour les tourbières. Ce plan prévoyait, à l'échelle nationale, des stratégies et des activités de conservation essentielles, liées au changement climatique (Rapport d'évaluation, 2017). Environ 40 % des tourbières mongoles sont protégées en tant

que réserves naturelles et sites Ramsar⁵ (Minayeva *et al.*, 2016), toutefois, leurs plans de gestion doivent encore répondre aux exigences spécifiques de ces écosystèmes. Les directives relatives à l'utilisation des tourbières adoptées pour le Parc national Khar Us Nuur, un site Ramsar situé en Mongolie occidentale, constituent un

grand pas en avant (Joosten *et al.*, 2012).

5. Ramsar est le plus ancien accord mondial intergouvernemental moderne relatif à l'environnement. Son objectif est la protection des habitats des zones humides, en particulier en faveur des oiseaux migrateurs.

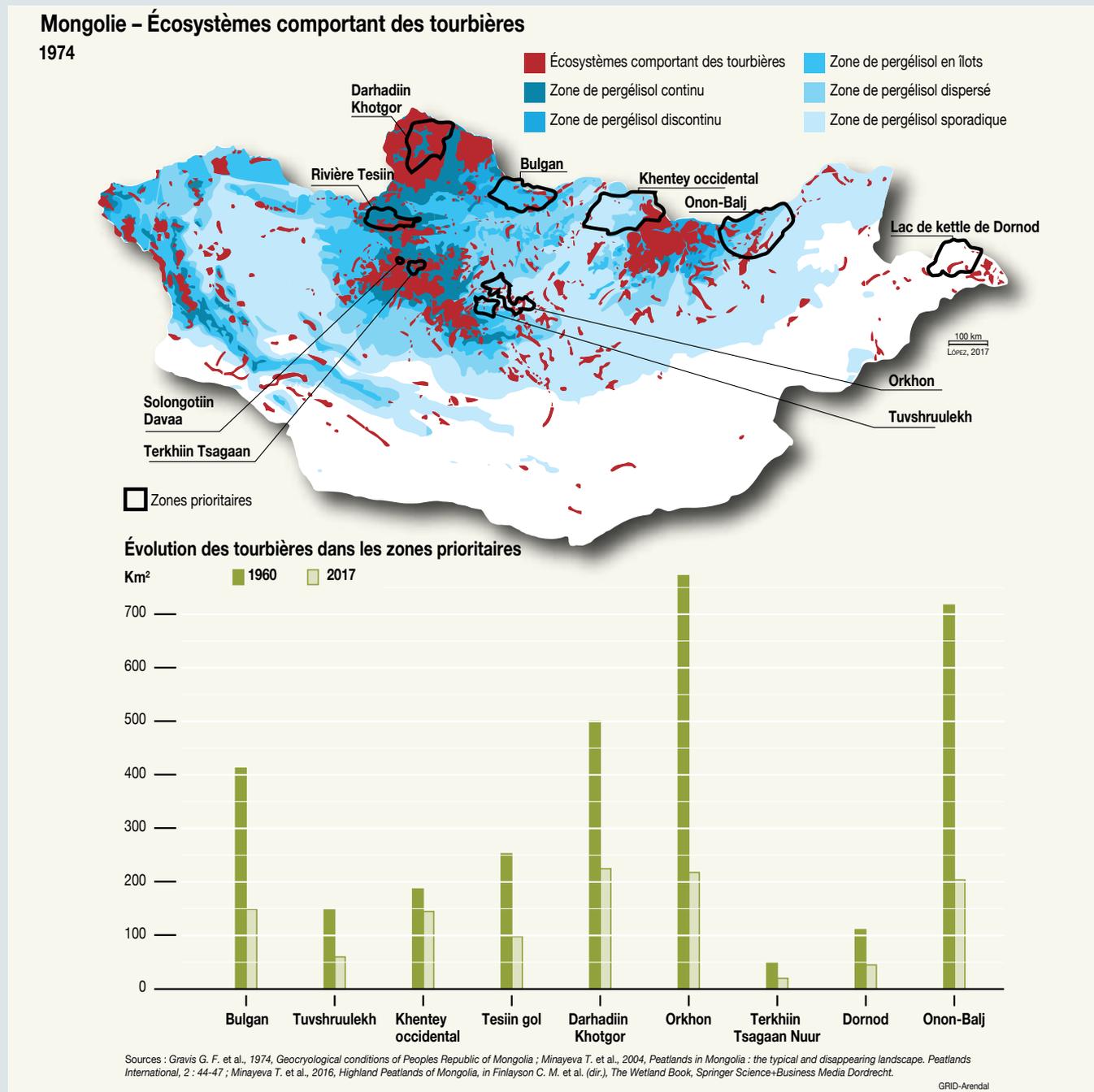


Figure 3. Répartition des tourbières et du pergélisol en Mongolie. La fonte du pergélisol est due aux activités humaines comme les incendies et l'exploitation minière, ainsi qu'au changement climatique. Elle accélère la dégradation des tourbières et augmente la quantité de gaz à effet de serre émise dans l'atmosphère

En raison de notre éducation, nous pensons que certains sont sylviculteurs, d'autres biologistes, d'autres encore responsables des activités de pêche... et nous partons tous dans des directions différentes. Mais lorsqu'il s'agit des tourbières, nous devons travailler ensemble pour nous comprendre les uns les autres. Car c'est la seule manière de comprendre ce que sont les tourbières et comment nous devons les gérer. Si chacun emprunte une voie distincte, nous perdons notre temps, car nous manquons l'occasion de collaborer en faveur d'une meilleure gestion des tourbières.

– Dennis del Castillo, Directeur du Programme de gestion des forêts et des services environnementaux, Institut de recherche de l'Amazonie péruvienne (IIAP)⁶



6. Entretien (en anglais) publié sur <https://blog.cifor.org/50114/dennis-del-castillo-of-peruvian-amazon-research-institute-peatlands-are-seen-as-wastelands?fnl=en>. Document consulté le 1^{er} août 2017.

Pourquoi les tourbières sont importantes

La section précédente a introduit le sujet des tourbières et mis l'accent sur les avantages considérables qu'elles offrent lorsqu'elles ne sont pas drainées. Outre leurs effets bénéfiques sur le climat, ces environnements humides uniques en leur genre abritent un large éventail d'espèces animales et végétales, dont un grand nombre sont rares ou en voie de disparition. Les tourbières contribuent également aux moyens de subsistance de millions de personnes et, agissant comme des filtres géants, permettent de contrôler et de purifier l'eau.

Elles se forment là où le climat, la roche-mère et le relief créent des zones saturées d'eau en permanence. Elles se développent soit dans des eaux peu profondes, sur des couches de sédiments lacustres (ce que l'on appelle la terrestrialisation), soit directement sur des sols minéraux (processus connu sous le nom de paludification). Il existe deux principaux types de tourbières :

1. Celles qui sont uniquement alimentées par les précipitations. Elles sont alors pauvres en nutriments, acides et souvent surélevées par rapport au sol minéral alentour ; et
2. Celles qui sont également alimentées par l'eau provenant du sol minéral/de la roche-mère, généralement moins acides et plus riches en nutriments.

Les avantages essentiels apportés par les tourbières sont les suivants :

Le stockage du carbone

La tourbe se forme lorsque la matière organique s'accumule plus vite qu'elle ne se décompose, en raison du manque d'oxygène induit par la saturation d'eau. Les tourbières constituent l'écosystème terrestre le plus dense en carbone de la planète (Joosten et Couwenberg, 2008 ; Urák *et al.*, 2017). Les écosystèmes piègent et stockent le carbone de différentes manières, notamment dans la biomasse vivante, la litière ou l'humus présents dans les couches supérieures des sols minéraux. La plupart de ces réservoirs de carbone ne sont que temporaires et le carbone finit par être libéré dans l'atmosphère au terme de cycles relativement courts. En revanche, la couche de tourbe constitue – si elle n'est pas perturbée – une réserve unique et permanente de carbone. Il est primordial de garder le carbone dans le sol afin d'atteindre l'objectif de l'Accord de Paris sur le changement climatique, visant à maintenir la température mondiale moyenne en dessous des deux degrés Celsius.

Pour y parvenir, les responsables politiques doivent reconnaître l'utilité de conserver et de restaurer les tourbières, en tant que moyen d'atténuer le changement climatique.

Le maintien d'une biodiversité unique et gravement menacée

Les tourbières abritent une biodiversité unique, et de nombreuses espèces spécifiques et en voie de disparition se sont adaptées pour y vivre. Ainsi, près de 37 % de l'ensemble des plantes vasculaires présentes dans les tourbières de la péninsule de Yamal en Sibérie et 10 % de la totalité des espèces de poissons vivant en Malaisie péninsulaire se rencontrent exclusivement dans les écosystèmes de tourbières (Parish *et al.*, 2008 ; Joosten *et al.*, 2012).

Les tourbières tropicales recèlent une grande variété d'espèces uniques, menacées et/ou endémiques, notamment 31 espèces d'arbres de la forêt ombrophile des plaines tropicales connus sous le nom de diptérocarpacées, que l'on trouve à travers toute l'Asie du Sud-Est (Joosten *et al.*, 2012), et cinq ou six espèces de grands singes. En ce qui concerne ces derniers, il s'agit du gorille de l'Ouest (*Gorilla gorilla*), du chimpanzé (*Pan troglodytes*), du bonobo (*Pan paniscus*), de l'orang-outan de Bornéo (*Pongo pygmaeus*) et de l'orang-outan de Sumatra (*Pongo abelii*). Les orangs-outans sont extrêmement menacés, en raison notamment de la dégradation et de la conversion des tourbières (Ancrenaz *et al.*, 2016 ; Singleton *et al.*, 2016).

Le lieu de reproduction du phragmite aquatique (*Acrocephalus paludicola*), le seul oiseau chanteur européen menacé à l'échelle mondiale, se limite strictement aux habitats spécifiques des tourbières situées en Europe centrale et orientale (Tanneberger *et al.*, 2011).



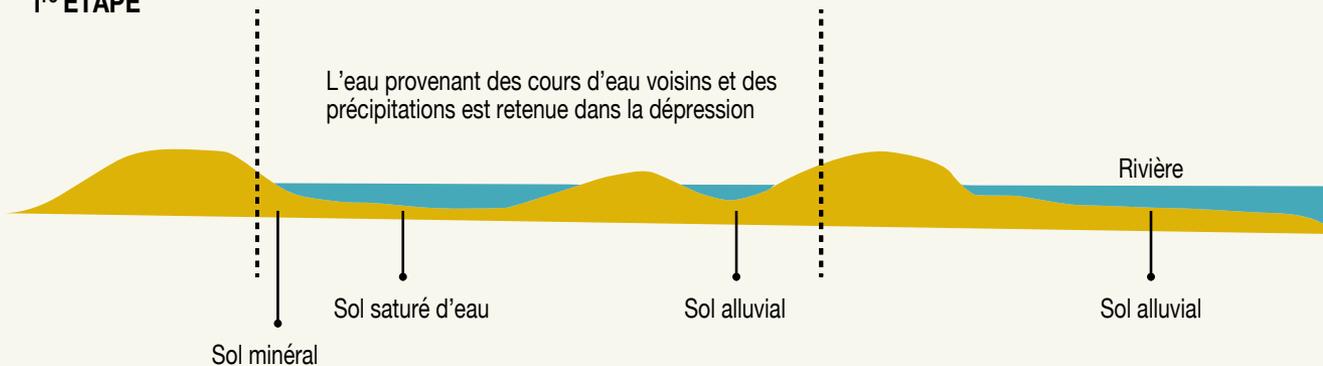
Orang-outan de Sumatra



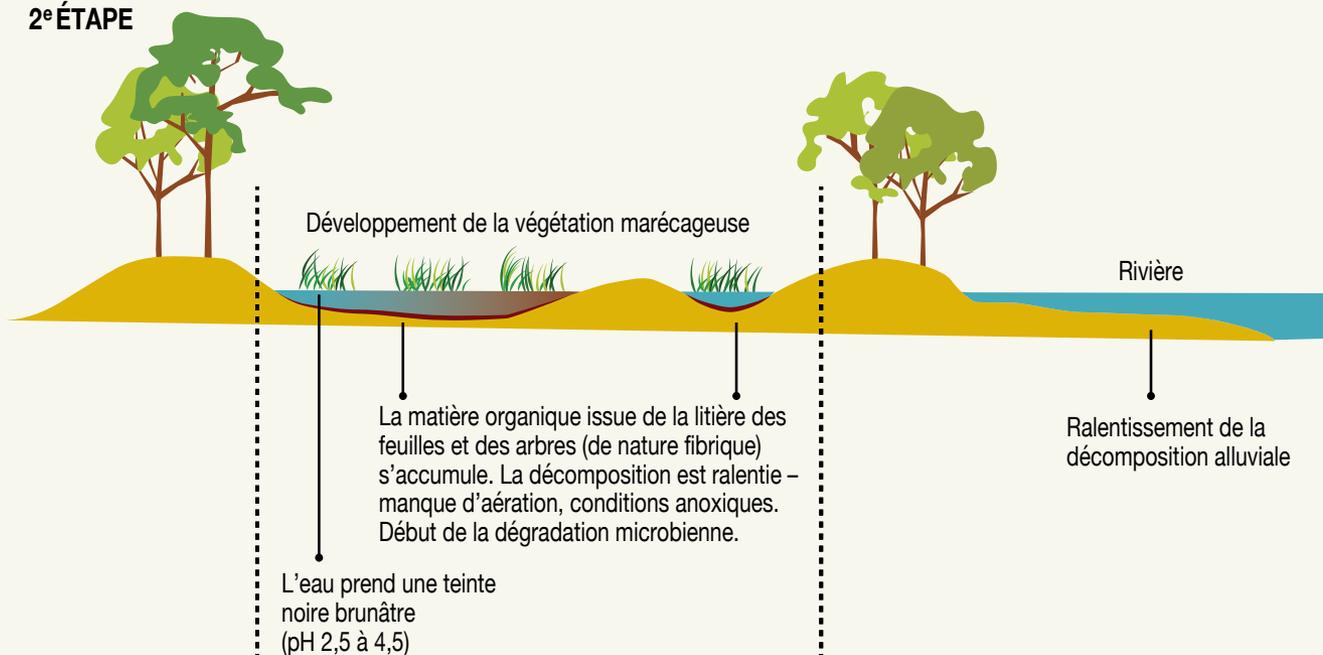
Phragmite aquatique

Formation des tourbières tropicales

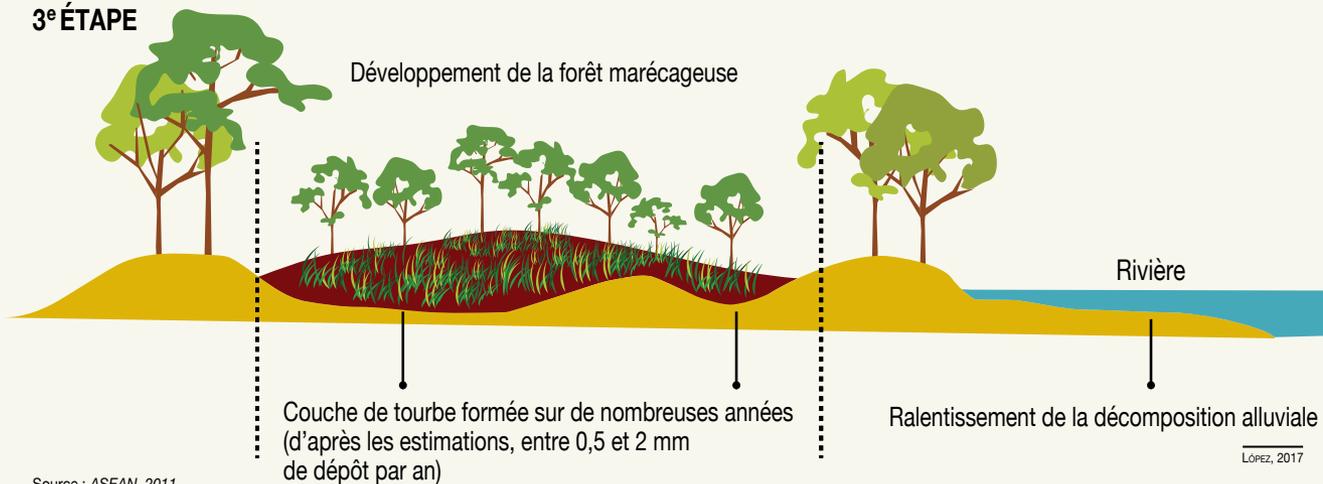
1^{re} ÉTAPE



2^e ÉTAPE



3^e ÉTAPE



Source : ASEAN, 2011.

LÓPEZ, 2017

GRID-Arendal

Figure 4. Comment se forment les tourbières

Cycle du carbone dans les tourbières

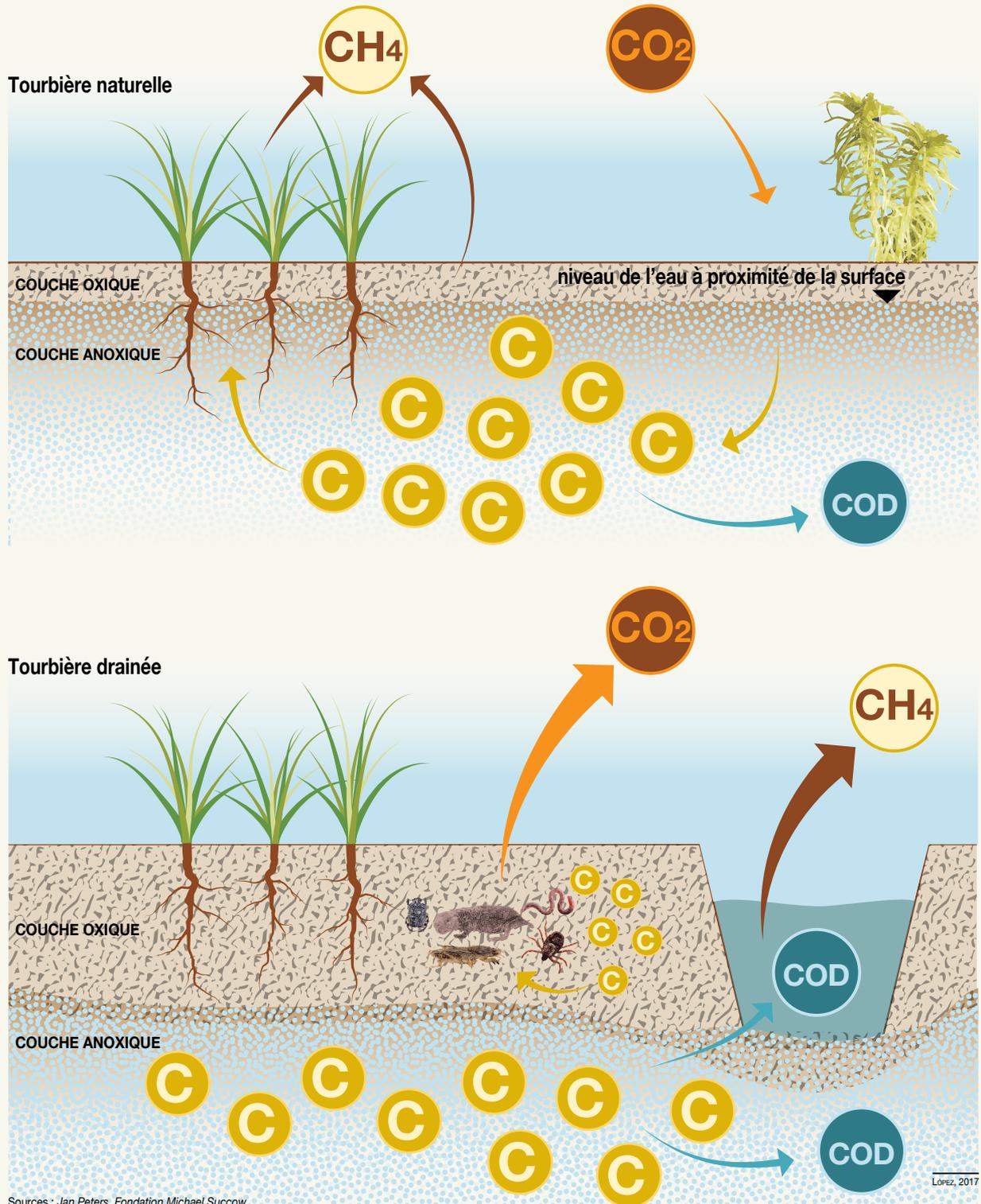


Figure 5. Le cycle du carbone dans les tourbières

Les tourbières abritent également bon nombre d'espèces dotées d'une grande valeur économique, notamment des feuillus tels que le ramin (*Gonystylus bancanus*).

Le maintien du cycle de l'eau

Les tourbières naturelles font partie intégrante de l'hydrologie régionale, qu'elles régulent, en fonction de leur type et de la saison, en ralentissant le débit de l'eau et en la libérant progressivement. Ainsi, les forêts tropicales des marécages tourbeux retiennent l'eau en surface lors de la saison des pluies, et la laissent s'écouler lentement. De cette manière, les tourbières assurent un approvisionnement régulier en eau destinée à la consommation et à l'irrigation, et ont un effet stabilisateur sur l'hydrologie en atténuant les incidences du débit de pointe lors des inondations.

Elles exercent également une action rafraîchissante sur le climat local en saison chaude, à travers l'évaporation et la formation de nuages. Pour toutes ces raisons, les régions possédant des tourbières sont plus résilientes face aux sécheresses et aux inondations. Par ailleurs, les tourbières jouent un rôle fondamental dans la rétention des polluants et des nutriments, ainsi que dans la purification de l'eau, ce qui permet d'enrayer l'eutrophisation des masses d'eau telles que les lacs, les rivières, voire les mers en aval des bassins versants. Les tourbières côtières conservent l'eau douce à proximité du littoral et empêchent ainsi l'infiltration de l'eau salée.

Le maintien des moyens de subsistance

Depuis des milliers d'années, les tourbières contribuent à la santé et au bien-être des populations (Joosten et Clarke, 2002 ; Rieley, 2014). Celles, intactes, des régions boréales et tempérées, sont riches en baies, en champignons et en plantes médicinales, et celles des régions tropicales fournissent une variété encore plus grande de produits forestiers non ligneux. Les tourbières drainées sont utilisées pour l'agriculture, le



pâturage des moutons et du bétail, et pour la foresterie. La tourbe elle-même a été et est utilisée comme combustible, comme substrat de culture, voire comme matériau de construction pour bâtir et isoler les maisons. Lorsque l'on aborde la question des moyens de subsistance, il est important de distinguer les pratiques compatibles et incompatibles avec un développement durable. Parmi les dernières figurent toutes les utilisations reposant sur le drainage, telles que la conversion massive des tourbières en plantations, une activité qui les rend incultes et finit par déstabiliser le bien-être social, environnemental et économique.

Un paysage et des archives culturelles

Du fait de leurs caractéristiques particulières – ce sont des terres relativement inaccessibles, humides, brumeuses, souvent situées dans des lieux où la plupart des êtres humains s'aventurent rarement – les tourbières ont de tout temps inspiré l'art, la religion, les activités éducatives et de loisirs (Rieley, 2014).

Elles sont une fenêtre ouverte sur notre passé et le berceau de certaines des découvertes archéologiques les plus évocatrices de ces dix dernières années, notamment un sentier datant du 4^e millénaire avant notre ère, le « Sweet Track » (littéralement « piste douce ») dans les Somerset Levels, en Angleterre (Bain *et al.*, 2011). Les organismes et les graines de pollen conservés dans la tourbe révèlent que pendant des milliers d'années, les êtres humains ont interagi avec ces lieux essentiels.

Les tourbières témoignent également de l'évolution de l'environnement. Grâce aux dépôts de tourbe permanents, elles gardent une trace de leur propre histoire et de celle de leurs vastes alentours sous forme de couches systématiques, faisant d'elles des archives qui en disent long sur les changements survenus par le passé dans le paysage et le climat (Bain *et al.*, 2011).

En raison de leurs différentes fonctions écosystémiques, l'importance des tourbières est souvent reconnue dans le cadre des politiques et des stratégies nationales et internationales. Cependant, parce qu'elles couvrent une surface de territoire relativement modeste, elles font rarement l'objet de discussions. Elles sont souvent traitées de manière indirecte, conjointement avec des habitats comparables tels que les marécages et les plaines inondables, au détriment de leurs propriétés et de leurs fonctions spécifiques. Par ailleurs, leur utilisation est souvent régie par des mandats ministériels et des réglementations contradictoires.

Plusieurs conventions multilatérales tiennent compte de l'importance des tourbières, notamment la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), la Convention sur la diversité biologique, la Convention de Ramsar sur les zones humides et la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification. Ces conventions abordant différentes zones de localisation et diverses fonctions des tourbières, il est urgent d'élaborer des stratégies communes afin de mieux intégrer l'atténuation du changement climatique, la conservation de la biodiversité et la gestion de l'utilisation des sols dans les tourbières. Certaines de ces stratégies mondiales sont présentées dans la section 4.

Services écosystémiques des tourbières

Approvisionnement

Produits obtenus grâce aux écosystèmes

Régulation

Avantages obtenus grâce à la régulation des processus écosystémiques

Apport culturel

Avantages immatériels obtenus grâce aux écosystèmes

Appui

Services nécessaires à la production de l'ensemble des autres services écosystémiques



Intérêt récréatif et esthétique



Intérêt sur le plan spirituel et « inspirationnel »



Régulation du climat



Protection contre l'érosion



Intérêt éducatif



Régulation de l'eau



Biodiversité



Cycle des nutriments



Nourriture



Formation du sol



Fibres et combustibles



Eau douce



Purification de l'eau et traitement des déchets

Sources : Kimmel K. et Mander U., 2010, Ecosystem services of peatlands: Implications for restoration, *Progress in Physical Geography*, 34 (4) ; Parish, F. et al. dir., 2008, *Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change: Main Report*, Global Environment Centre, Kuala Lumpur et Wetlands International, Wageningen ; Gouvernement des États-Unis (s.d.), *Mid-Atlantic Regional Ocean Assessment, Ecosystem Services* (roa.midatlanticocean.org, document consulté en octobre 2017).

LOPEZ, 2017

GRID-Arendal

Figure 6. Les tourbières fournissent des services écosystémiques essentiels aux populations et à l'environnement

Gros plan sur le bassin du Congo – Les dernières recherches révèlent que de nombreuses tourbières restent encore à découvrir

La dépression de basse altitude couverte par une forêt marécageuse, connue sous le nom de Cuvette Centrale, se trouve au cœur du bassin du Congo. Malgré leur ampleur, les tourbières de cette région n'ont jusqu'à présent fait l'objet que de rares recherches. Récemment, des scientifiques ont cartographié le plus vaste ensemble au monde de tourbières tropicales présentes sous le tapis forestier. D'une superficie de près de 145 500 km², il est cinq fois plus étendu qu'on ne l'avait supposé dans un premier temps, et plus grand que l'Angleterre (Dargie *et al.*, 2017). L'observation sur le terrain de la végétation de la forêt marécageuse a permis d'évaluer la surface couverte par la tourbière grâce à la cartographie par télédétection. Le travail réalisé sur place a confirmé la présence de vastes dépôts de tourbe (d'une profondeur maximale de 5,9 mètres).

Lorsque les estimations relatives à la superficie ont été recoupées avec les mesures de profondeur de la tourbe, de la densité apparente et des concentrations de carbone, la quantité de carbone renfermée par les tourbières a été évaluée à environ 30 milliards de tonnes – soit l'équivalent des émissions de CO₂ des États-Unis pendant 15 ans et du stock de carbone aérien de l'ensemble des forêts du bassin du Congo (Verhegghen *et al.*, 2012). Ces chiffres augmentent de 36 % la meilleure estimation réalisée à ce jour des réserves de carbone constituées par les tourbières tropicales

dans le monde, soit 105 milliards de tonnes. La République démocratique du Congo et la République du Congo se classent ainsi aux deuxième et troisième rangs des pays tropicaux abritant les plus grandes surfaces de tourbières et réserves de carbone, juste derrière l'Indonésie.

Les tourbières des deux Congos présentent un intérêt à l'échelle mondiale, et leur état quasiment intact en fait une source essentielle de stabilité écologique pour la région tout entière, une précieuse réserve de carbone et le berceau d'une flore et d'une faune uniques. Le bassin du Congo est riche de 10 000 espèces de plantes tropicales, dont 30 % sont endémiques. Il abrite également plusieurs espèces en voie de disparition, notamment les éléphants de forêt, les chimpanzés, les bonobos et les gorilles des plaines et de montagne. Outre ces primates supérieurs, la région regorge d'autres espèces – 400 autres mammifères, 700 variétés différentes de poissons et 1 000 espèces d'oiseaux (WWF, s.d.).

Peuplé depuis plus de 50 000 ans, le bassin du Congo fournit à la population actuelle, comptant 75 millions d'habitants, de quoi se loger, de quoi se nourrir et de quoi boire. La région compte près de 150 groupes ethniques distincts, dont beaucoup ont gardé les anciens modes de vie des chasseurs-cueilleurs. En d'autres termes, leur existence et leur bien-être sont étroitement liés à la santé de la forêt, qui repose en grande partie sur les tourbières (WWF, s.d.).



Bassin du Congo : étendue des tourbières et menaces

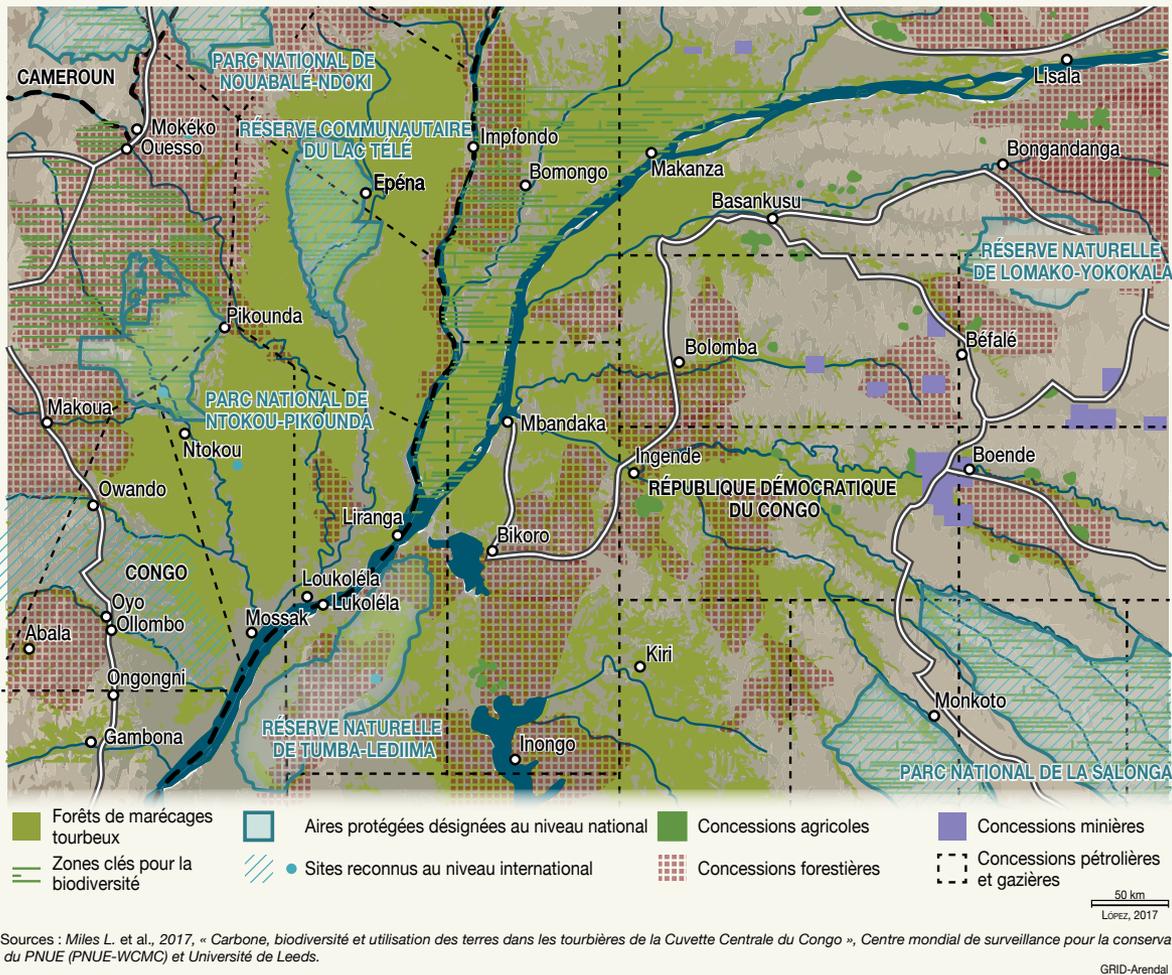


Figure 7. Tourbières et menaces dans la Cuvette Centrale (Bassin du Congo)

Si elles sont actuellement intactes, les tourbières situées au centre du bassin du Congo et leurs réserves de carbone sont extrêmement vulnérables au changement d'affectation des terres (Haensler *et al.*, 2013). De vastes zones de la Cuvette Centrale, englobant la plupart des tourbières, ont été classées « sites Ramsar », entre autres appellations de zones protégées. D'autre part, la région est également occupée en grande partie par des concessions – à l'état de propositions ou en activité – d'exploitation forestière, minière, gazière et pétrolière nécessitant l'extension du réseau routier, ce qui pourrait améliorer l'accès à des sites jusqu'alors isolés (voir figure 7).

L'expansion agricole vers des zones vierges, qui entraînera la déforestation, le drainage des tourbières et la dégradation de l'ensemble de l'écosystème, constitue une autre menace potentielle. De plus, certaines projections climatiques régionales prévoient une réduction des précipitations annuelles et une

intensification des saisons sèches qui pourraient également entraîner un assèchement des tourbières (Miles *et al.*, 2017).

La République du Congo reconnaît l'influence des réserves de carbone des tourbières sur le niveau d'émission de référence des forêts du pays, et étudie la possibilité d'utiliser la REDD+ et d'autres mécanismes de planification et d'investissement comme outils de promotion de la conservation des tourbières boisées. Le pays envisage également d'étendre la réserve communautaire du lac Télé afin de protéger de nouvelles zones de tourbières boisées. Par exemple, son projet de Stratégie nationale REDD+ vise à garantir qu'aucune concession agro-industrielle ne soit accordée à proximité de zones humides ou de forêts riches en biodiversité.

Il est urgent de garder cet immense réservoir de carbone dans le sol, et le seul moyen d'y parvenir consiste à s'assurer que tout développement se fait selon une approche durable.



Menaces – Les tourbières sous pression

Les pressions exercées par les activités humaines sur les tourbières sont nombreuses, mais le drainage constitue la menace la plus urgente et la plus étendue qui pèse sur l'intégrité de ces écosystèmes à l'échelle mondiale. L'homme exploite depuis longtemps les tourbières à travers le monde ; on estime que 65 millions d'hectares ont été affectés par l'activité humaine (Joosten *et al.*, 2012). Tenues pour acquises, les tourbières ont souvent été considérées comme des terres stériles ou même hostiles que l'homme peut drainer à sa convenance pour son propre usage. Des documents remontant au VIII^e siècle indiquent que le drainage à grande échelle était déjà pratiqué à des fins agricoles aux Pays-Bas.

Nous avons aujourd'hui une meilleure compréhension des effets du drainage des tourbières sur le stockage du carbone, la régulation des eaux, la conservation de la biodiversité et des autres services écosystémiques, ainsi que des coûts économiques, environnementaux et sociaux qui en découlent. En plus d'avoir des répercussions « quasi irréversibles » sur la structure des tourbières et les services écologiques rendus par ces dernières (Oleszuczuk *et al.*, 2008), le drainage des tourbières augmente sensiblement le risque d'incendie et peut entraîner une perte importante de la productivité des sols, voire des affaissements de terrain.

Drainage à des fins agricoles

L'expansion agricole constitue le principal facteur d'évolution des tourbières à l'échelle mondiale (Joosten et Clarke, 2002). Les sols tourbeux doivent être drainés pour pouvoir être cultivés, ce qui libère des nutriments à court terme. Ils peuvent cependant s'oxyder, s'assécher et se dégrader rapidement, entraînant une faible fertilité et, à terme, une faible productivité (FAO, 2014). Le drainage peut supposer de creuser des fossés ou des canaux plus importants, lesquels provoquent la formation spontanée de ravins dans les tourbières montagneuses (Evans *et al.*, 2005). Là où le drainage a entraîné une dégradation des sols, la baisse des rendements a conduit à l'abandon de vastes superficies de tourbières (FAO, 2014). Aujourd'hui, très peu de nouveaux drainages sont réalisés dans les zones boréales et tempérées (Rieley, 2014) en raison d'une baisse de la production agricole et de l'augmentation des coûts (Parish *et al.*, 2008 ; Hooijer *et al.*, 2012, 2015). Toutefois, dans les régions tropicales, à commencer par l'Asie du Sud-Est, la surface drainée est en très forte augmentation.

L'Europe est le continent qui présente la surface de drainage la plus importante (Parish *et al.*, 2008). La Hongrie, la Grèce, les Pays-Bas et l'Allemagne figurent parmi les pays européens qui utilisent le plus de tourbières drainées à des fins agricoles (Joosten et Clarke, 2002). D'après les estimations, 38 600 km² ont été drainés à des fins agricoles en ex-Union soviétique (Inisheva, 2005 ; FAO, 2014). De vastes superficies devenues stériles sont aujourd'hui abandonnées et vulnérables aux incendies lors des sécheresses estivales.

En Amérique du Nord, les tourbières ont servi à la culture de la canneberge, des légumes, de la canne à sucre, du riz et du fourrage (Joosten, 2002), mais elles ont été moins affectées par le drainage (Joosten, 2010).

En Chine, le drainage des tourbières à des fins d'expansion agricole a commencé il y a environ 200 ans, et la quasi-totalité des tourbières a été dégradée par la production agricole ou le pâturage (Joosten *et al.*, 2012).

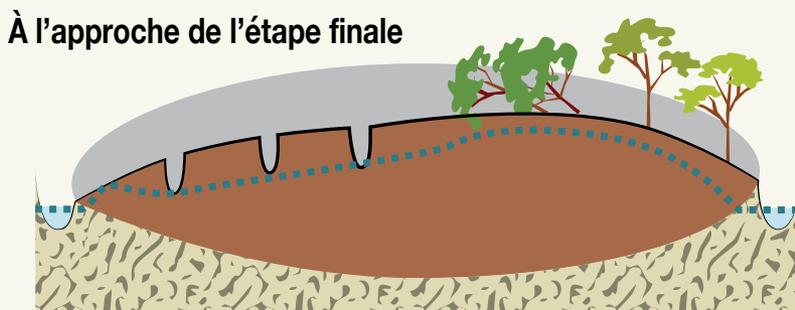
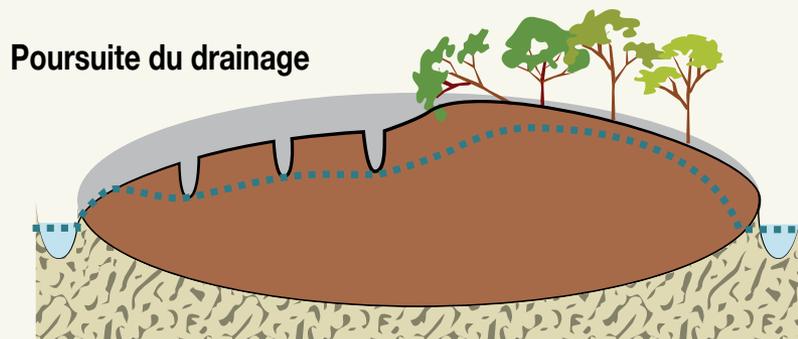
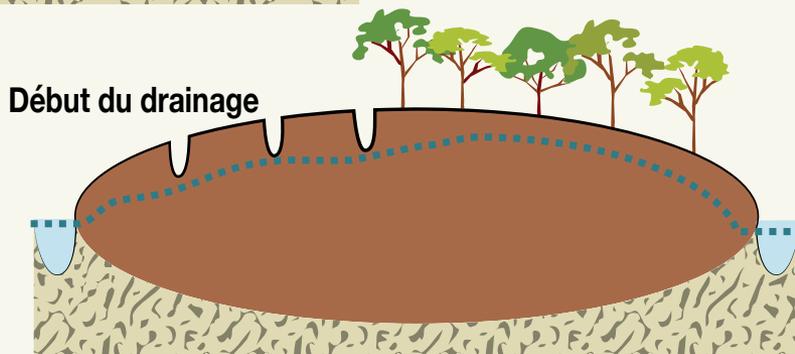
Dans les tourbières tropicales, les changements d'affectation des terres à grande échelle remontent seulement à la moitié du XX^e siècle, et de vastes surfaces demeurent intactes (Parish *et al.*, 2008 ; FAO, 2014 ; Dargie *et al.*, 2017). En Amérique du Sud et en Afrique centrale, le développement des réseaux routiers, suivi par l'agriculture commerciale et la foresterie, apparaît comme une nouvelle menace pour les tourbières tropicales en grande partie intactes (Dargie *et al.*, 2017 ; Roucoux *et al.*, 2017).

Il s'agirait d'un schéma similaire à celui observé en Asie du Sud-Est, où les forêts de marécages tourbeux ont été utilisées à des fins agricoles, essentiellement pour la plantation de palmiers à huile, des projets de foresterie, la production de pâte de bois et les programmes de réinstallation (Hooijer *et al.*, 2010, 2015 ; FAO, 2014). Moins de 10 % des forêts de marécages tourbeux situées dans l'ouest de l'Asie du Sud-Est sont restées intactes (Miettinen *et al.*, 2017). Au cours des 30 dernières années, d'importants drainages ont été réalisés en Malaisie et en Indonésie afin de permettre le développement de plantations motivé par la demande d'huile de palme, de bois et de papier (Miettinen *et al.*, 2017 ; FAO, 2014).

En Indonésie, la croissance démographique et l'urbanisation sont deux facteurs supplémentaires ayant contribué à accroître la demande de nouvelles terres agricoles (FAO, 2014). La plupart des conversions de tourbières sont le fruit d'un programme national visant à permettre la réinstallation de millions de personnes privées de terres (FAO, 2014), qui s'est achevé en 2015. L'approche généralement adoptée par ces nouveaux petits propriétaires terriens a consisté à brûler les terres pour les défricher et stimuler temporairement leur fertilité. Le brûlage est également largement utilisé dans l'agriculture commerciale.

Évolution d'une tourbière tropicale soumise à un drainage permanent

À l'état naturel



Source : Jauhiainen J., *Tropical peatlands. Reclaimed peatlands*, (blogs.helsinki.fi).

LÓPEZ, 2017

GRID-Arendal

Figure 8. Effets du drainage des tourbières tropicales



Foresterie commerciale

La foresterie commerciale, principalement exercée en Scandinavie, en Amérique du Nord, dans les pays de l'ex-Union soviétique, au Royaume-Uni et en Asie du Sud-Est, est la deuxième cause majeure de changement d'affectation des tourbières (Parish *et al.*, 2008 ; Joosten *et al.*, 2012). À l'échelle mondiale, plus de 120 000 km² de tourbières ont été déclarés à des fins de foresterie commerciale, essentiellement dans des régions boréales et tempérées où les terres sont drainées afin de favoriser la croissance des arbres et la production intensive de bois (Parish *et al.*, 2008 ; FAO, 2014). Dans les régions tropicales, les tourbières boisées font souvent l'objet de coupes sélectives ou de coupes à blanc (FAO, 2014), des pratiques intensifiées par le creusement de canaux visant à ouvrir l'accès à la forêt et à transporter les grumes. Cependant, l'enlèvement des arbres et de leurs souches provoque un écoulement plus rapide de l'eau contenue dans la tourbière, et expose la tourbe en surface à la chaleur du soleil, favorisant ainsi son assèchement.

Extraction et utilisation de la tourbe

Bien que l'extraction de la tourbe, notamment pour s'en servir de combustible, ne concerne qu'une petite partie des tourbières dans le monde, ses effets à l'échelle régionale sont considérables (Joosten et Clarke, 2002 ; Liikanen *et al.*, 2006 ; Parish *et al.*, 2008). La tourbe constitue une source d'énergie depuis plus de 2 000 ans (Parish *et al.*, 2008). Elle a été utilisée à grande échelle par les ménages des régions tempérées et boréales jusqu'à l'arrivée du charbon à la fin du XIX^e siècle, avant d'être récupérée par l'industrie pour

produire de l'électricité et de la chaleur (FAO, 2014). La tourbe est également largement utilisée comme matière première pour la production de substrats destinés à l'horticulture ou au jardinage. Dans des volumes moins importants, elle sert également de matériau de construction et d'isolant, et entre dans la fabrication de textiles, de cosmétiques et de différents produits chimiques (Joosten *et al.*, 2012). Avant 1990, les plus grands consommateurs de tourbe à des fins énergétiques étaient les pays de l'ex-Union soviétique, mais aujourd'hui, la tourbe est essentiellement extraite dans l'Union européenne, notamment en Finlande, ainsi qu'au Canada (Minayeva et Grundling, 2010 ; FAO, 2014).

Développement des infrastructures

Tout comme l'extraction de tourbe, le développement des infrastructures, par exemple la construction de nouvelles routes, a un impact considérable sur les tourbières. Ainsi, au Brunei, l'une des dernières forêts de marécages tourbeux encore intactes d'Asie du Sud-Est est menacée par la construction d'un oléoduc et de sa voie de service qui, en passant au beau milieu d'une tourbière bombée, assèche lentement la tourbe et la forêt. Dans les zones côtières, y compris les mangroves et les marais salants, la conversion des tourbières en vue de répondre aux besoins de développement urbain et d'élimination des déchets contribue également à leur disparition (Parish *et al.*, 2008). En outre, les tourbières subissent les effets de l'installation de parcs éoliens dans certains pays européens, et du développement d'infrastructures d'exploitation pétrolière et gazière en Amérique du Nord, en Russie, au Nigéria et dans l'Ouest amazonien (Joosten et Clarke, 2002).

Conséquences environnementales et sociales du drainage des tourbières

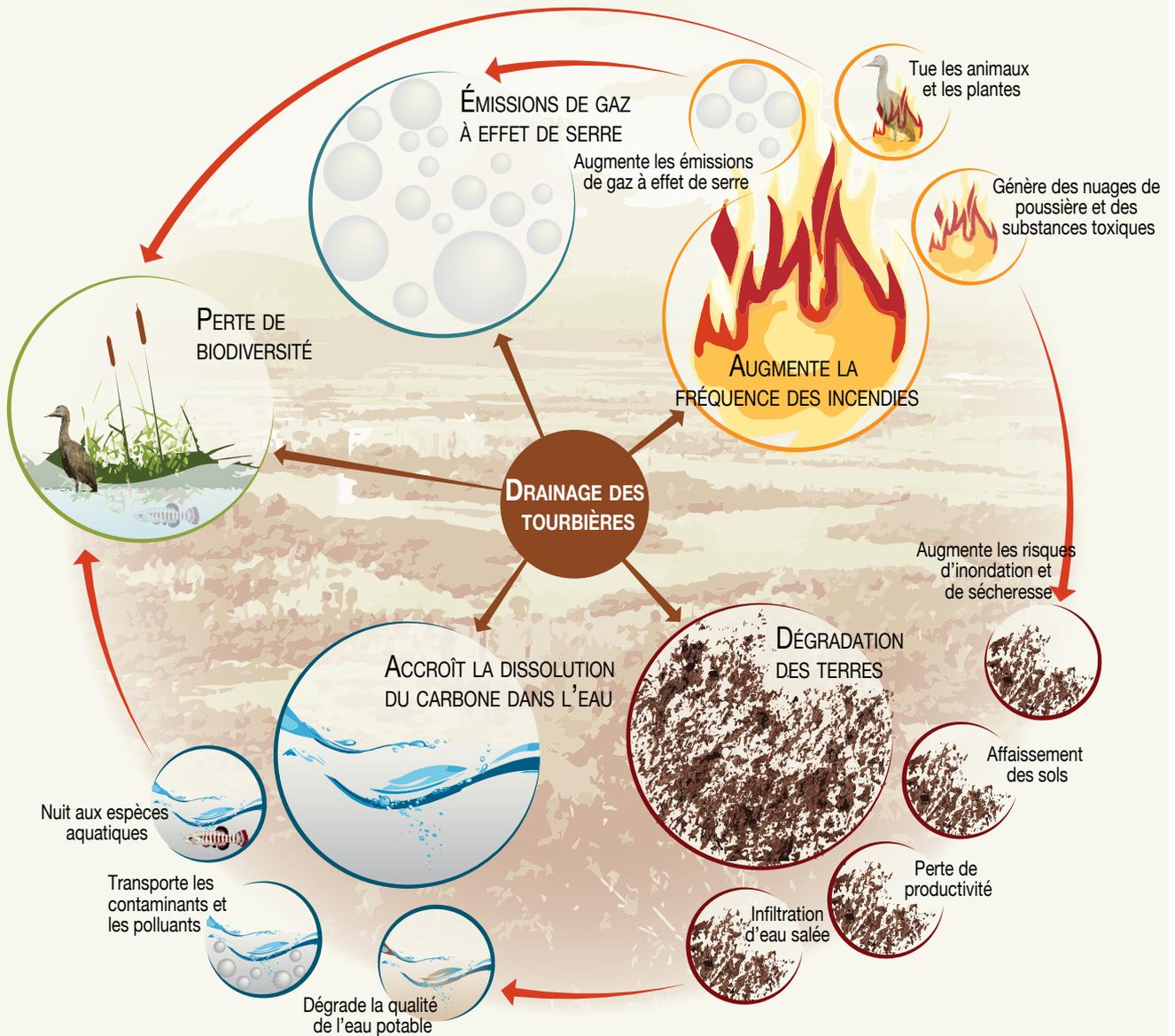


Schéma réalisé à partir d'une infographie du Projet d'atténuation du changement climatique dans l'agriculture (MICCA) de la FAO, 2014, « Les tourbières et le changement climatique ».

LÓPEZ, 2017

GRID-Arendal

Conséquences de la dégradation des tourbières

De nombreuses activités humaines perturbent les processus écologiques, la structure des écosystèmes et la composition des espèces qui caractérisent les tourbières (Limpens *et al.*, 2008), généralement sous l'effet du drainage et de la destruction de la végétation indigène (Parish *et al.*, 2008). Les répercussions sociales et environnementales peuvent perdurer pendant plusieurs décennies voire plusieurs siècles, avec des conséquences économiques considérables. Les effets induits par le développement des infrastructures sont les suivants : affaissement des sols, incendies et nuages de poussière, dégradation de la qualité de l'eau, perte d'une biodiversité unique, perte du potentiel d'utilisation durable des tourbières (paludiculture), et contribution au réchauffement de la planète en raison de la perte des stocks de carbone contenus dans les tourbières.

Émissions de gaz à effet de serre

Lorsque les tourbières sont drainées, la tourbe entre en contact avec l'air et l'oxydation de la matière organique commence à libérer dans l'atmosphère le carbone et l'azote qui s'y étaient accumulés. C'est ainsi que les tourbières, qui

constituaient jusque-là des réservoirs de carbone à long terme, se transforment en sources d'émission de gaz à effet de serre dont les effets peuvent persister sur plusieurs décennies voire davantage (Limpens *et al.*, 2008 ; Parish *et al.*, 2008 ; Joosten, 2010 ; Urák *et al.*, 2017). Une fois drainées, les tourbières deviennent plus vulnérables aux incendies qui augmentent en fréquence et en intensité, contribuant ainsi dans une large mesure aux émissions de gaz à effet de serre.

À l'échelle mondiale, la moitié des émissions des tourbières proviennent d'Asie du Sud-Est où la déforestation, le drainage profond et les températures élevées accélèrent la décomposition de la tourbe et augmentent le nombre d'incendies (Joosten *et al.*, 2012 ; Biancalani *et al.*, 2014). Ainsi, en 2015, l'Indonésie a connu « la pire catastrophe écologique de l'année » (The Guardian, 2015), qui a fait suite à une année de sécheresse exceptionnelle due à la puissance particulière du phénomène climatique El Niño. Les émissions des seuls incendies de tourbières ont atteint 1,5 à 1,75 gigatonnes d'équivalent CO₂, soit un niveau plus élevé que le total des émissions annuelles enregistrées au Japon cette même année (Banque mondiale, 2015 ; Field *et al.*, 2016 ; CCNUCC, 2017).

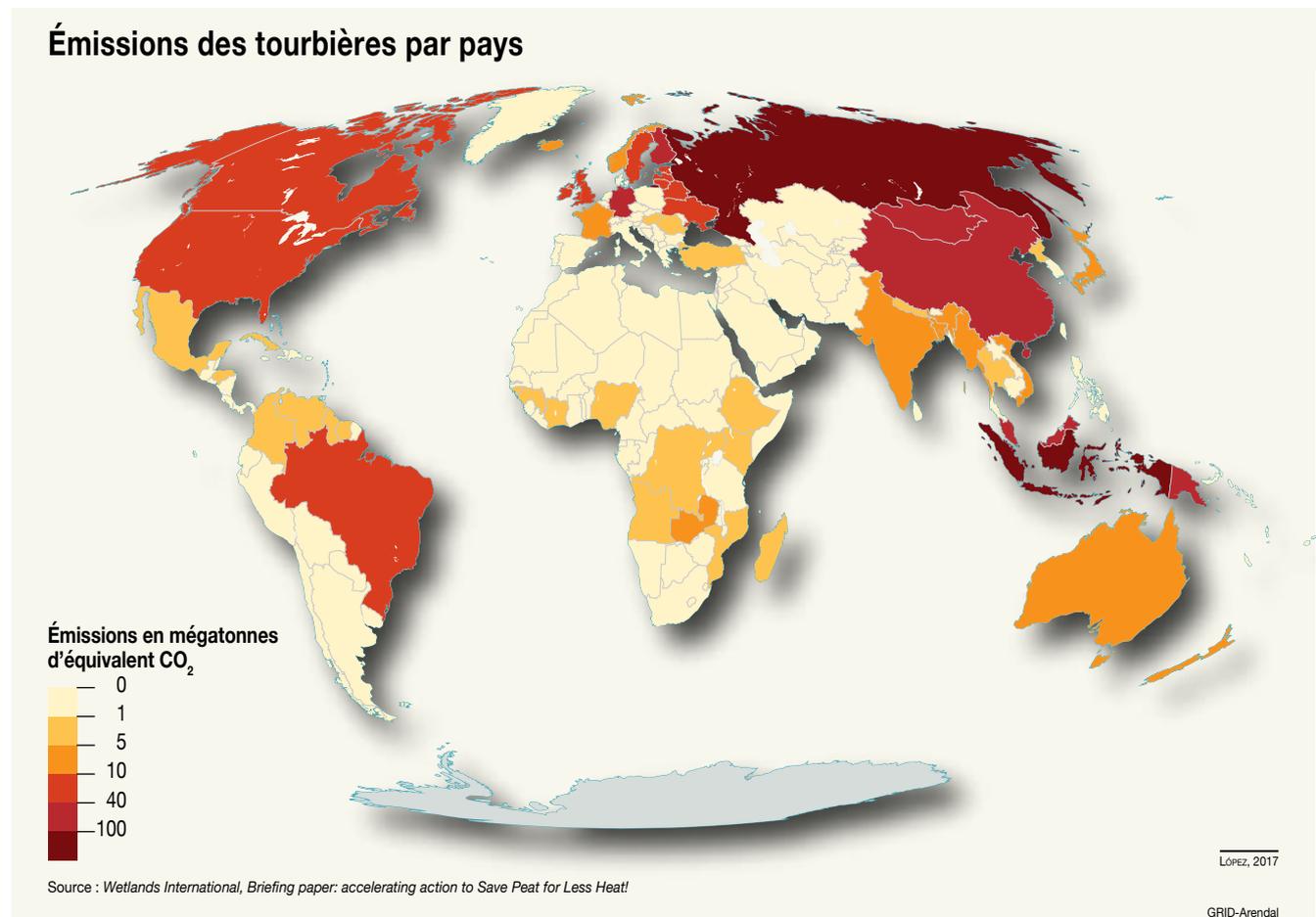


Figure 10. Pays présentant le plus grand nombre de tourbières et les émissions de CO₂ les plus élevées dues à la dégradation des tourbières

Cette tendance se poursuit à l'échelle mondiale, avec des incendies incontrôlables de grande ampleur à chaque saison sèche.

Bien qu'elles ne représentent que 0,4 % de la surface terrestre, les tourbières drainées émettent près de 5 % du CO₂ mondial (Joosten, 2015). Les feux de tourbières y contribuent à hauteur de 0,5 à 0,6 gigatonnes d'équivalent CO₂ en moyenne, les émissions totales des tourbières s'élevant à 2 gigatonnes d'équivalent CO₂⁷.

Incendies et nuages de poussière

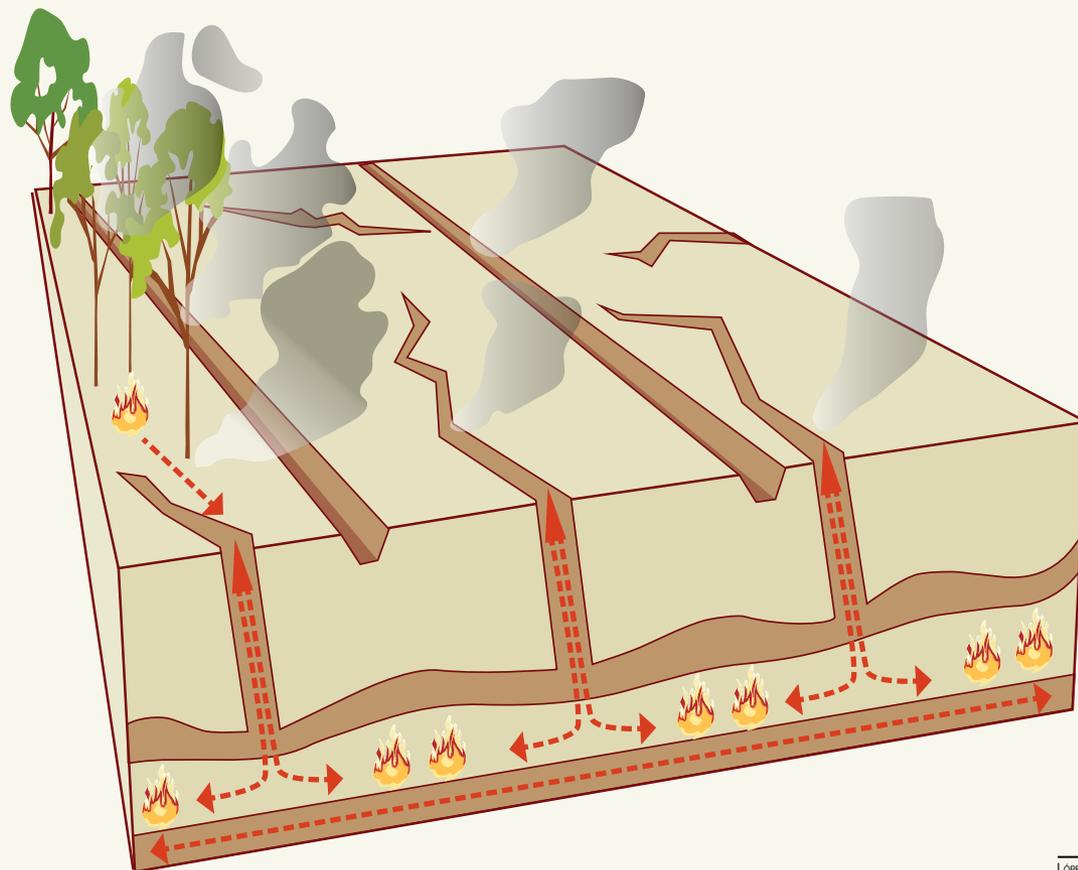
On estime que 15 % des tourbières dans le monde ont été drainées et sont utilisées à des fins agricoles, d'élevage ou de foresterie. Les tourbières drainées sont fortement sujettes aux incendies, qui sont particulièrement difficiles à éteindre et entraînent toute une série de répercussions. Sur des sols tourbeux asséchés, les incendies utilisés pour contrôler la

végétation peuvent rapidement devenir incontrôlables et pénétrer dans le sol jusqu'à des profondeurs proches de la nappe phréatique où ils sont parfois indétectables. Ils peuvent continuer à couvrir sous la terre pendant plusieurs mois, même après plusieurs jours de pluie ou sous une couverture neigeuse, et se propager sur de longues distances (Abel *et al.*, 2011 ; Betha *et al.*, 2012 ; Davies *et al.*, 2013 ; Marlier *et al.*, 2015b). D'importants feux de tourbières faisant suite à un drainage ont été recensés en Europe de l'Ouest, en Russie et en Asie du Sud-Est (Boehm et Siegert, 2001 ; Parish *et al.*, 2008 ; Joosten *et al.*, 2012 ; Gaveau *et al.*, 2014a, 2014b ; Page et Hooijer, 2016).

La fumée des feux de tourbières peut créer un nuage de poussière qui contient des niveaux dangereux de particules appelées « noir de carbone », des métaux-traces, des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et des HAP nitrés (Betha *et al.*, 2012 ; Marlier *et al.*, 2015b). Ces particules augmentent les risques de maladies cardiovasculaires et respiratoires et de cancer (Betha *et al.*, 2012 ; Page et Hooijer, 2014 ; Haikerwal *et al.*, 2015 ; Adams *et al.*, 2016). Les

7. Ce chiffre équivaut à peu près aux émissions de 232 millions de véhicules particuliers circulant pendant une année. <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>.

Feux souterrains



LOPEZ, 2017

Source : Greifswald Mire Centre, 2012, illustration originale de C. Klobe, C. Klobe, Fondation Michael Succow.

GRID-Arendal

Figure 11. Propagation d'un feu de tourbière en surface vers le sous-sol [illustration originale de C. Klobe, Fondation Michael Succow]

nuages de poussière peuvent dégrader la qualité de l'air sur un périmètre étendu et se propager au-delà des frontières nationales. En 2010, en Russie européenne, des feux de tourbières d'une ampleur catastrophique ont contraint des millions de personnes à quitter leur domicile et ont provoqué l'interruption partielle du trafic aérien en raison de l'épaisse fumée qui s'étendait sur des milliers de kilomètres carrés et réduisait la visibilité (Gilbert, 2010).

Pollution des eaux

Le drainage des tourbières contribue également à accroître les quantités de carbone et d'azote rejetées dans l'eau (Charman, 2002 ; Holden, 2005). Les tourbières dégradées et érodées par le défrichage, le drainage, l'extraction de la tourbe ou le ravinement entraînent une pollution des eaux en aval. Le carbone organique présent sous forme dissoute ou particulaire, peut détériorer considérablement la qualité de l'eau et affecter la solubilité, le transport et la toxicité des métaux lourds et des polluants organiques. D'après une étude britannique, la contamination de l'eau potable au plomb et à l'arsenic due à l'érosion des tourbières peut se révéler particulièrement problématique lorsque ces métaux se retrouvent concentrés dans la cendre calcinée (Rothwell *et al.*, 2011 ; Clay *et al.*, 2016). Ces métaux lourds, qui provenaient initialement des émissions des véhicules et de l'industrie, sont aujourd'hui rejetés peu à peu. Les nuages de carbone acidifient les eaux de ruissellement et perturbent l'écologie des eaux douces locales, ce qui affecte la qualité de l'eau potable et la production de poisson. L'envasement dû à l'érosion de

la tourbe peut également nuire au bon fonctionnement des centrales hydroélectriques.

Affaissement des sols et régulation des eaux

Partout dans le monde, l'affaissement (perte d'altitude) des tourbières drainées a de graves conséquences économiques sur l'agriculture, les infrastructures et les zones urbaines. Lorsque l'eau s'écoule de la tourbière, le corps tourbeux s'effondre partiellement sous son propre poids, la tourbe se désagrège puis se redépose en couches plus compactes, et la matière organique s'oxyde (elle disparaît dans l'atmosphère) La perte d'altitude par effondrement est un phénomène rapide et de grande ampleur (p. ex., 30 cm par an), tandis que l'oxydation est un processus plus lent et continu qui entraîne un affaissement de 1 à 2 cm par an dans les zones tempérées (Erkens *et al.*, 2016). Dans les régions tropicales, au cours des cinq premières années qui suivent le drainage, les tourbières s'affaissent généralement de 1 à 2 mètres. Au cours des années suivantes, l'affaissement se stabilise autour de 3 à 5 cm par an, soit 2 à 3 mètres sur 25 ans et 4 à 5 mètres sur 100 ans (Fornasiero *et al.*, 2002 ; Hooijer *et al.*, 2012 ; Page et Hooijer, 2014 ; Epple *et al.*, 2016).

Par conséquent, le niveau relatif de l'eau dans les tourbières augmentera à nouveau (le niveau de l'eau n'augmente pas mais le sol s'affaisse) puis finira par inonder la tourbière, à moins d'effectuer un drainage plus profond qui accélérera davantage l'affaissement de la tourbière. C'est ce cercle vicieux qui entraîne l'enlèvement progressif des tourbières drainées.



Gros plan sur l'Indonésie – Lutter contre les feux de tourbière

En 2015, le phénomène El Niño a provoqué en Indonésie des incendies qui ont détruit environ 17 000 km² de forêts et de plantations selon le ministère indonésien de l'Environnement et des Forêts (*Jakarta Post*, 2015). La fumée a noirci le ciel des îles de Bornéo et de Sumatra et d'une partie de deux pays voisins, la Malaisie et Singapour.

L'Agence indonésienne de météorologie, de climatologie et de géophysique a estimé que 43 millions de personnes, rien qu'en Indonésie, ont été exposées à ce nuage de poussière, dont un demi-million ont dû être traitées pour des pathologies respiratoires liées aux polluants atmosphériques (*The Wall Street Journal*, 2015). Six provinces ont déclaré l'état d'urgence lorsque le nombre de foyers actifs a atteint 127 000, le chiffre le plus élevé enregistré depuis 2003 (Institut des ressources mondiales, 2015a ; *The Wall Street Journal*, 2015). Ces incendies ont eu des répercussions sur l'économie régionale, leur coût étant estimé à 16,1 milliards de dollars US pour l'Indonésie seulement (Glauber et Gunawan, 2015). En plus du CO₂, les feux de tourbière dégagent du méthane, un gaz à effet de serre dont la capacité de rétention de la chaleur est environ 30 fois plus élevée.

La faible teneur en oxygène de la tourbière provoque une combustion incomplète de la matière organique et génère des

quantités élevées de particules, alimentant ainsi de manière disproportionnée le nuage de poussière. Durant les plus mauvais jours, les émissions de gaz à effet de serre provenant de l'Indonésie ont dépassé celles produites par l'ensemble des États-Unis (Institut des ressources mondiales, 2015b).

En août 2015, le ciel était jaune. Nous manquions d'oxygène. Nous ne pouvions plus respirer... Nous avions les yeux qui nous brûlaient. Nous ne pouvions plus dormir ni courir. Vers quoi aurions-nous couru ? Le ciel était noir, l'air empoisonné⁸.

Ces dernières années, les principaux feux de tourbière ont eu lieu en 2006, 2009, 2013, 2014 et 2015, et l'état d'urgence a été déclaré dans cinq provinces indonésiennes au début de la saison des incendies en août 2017. Cette situation montre que la vulnérabilité aux incendies s'est fortement et durablement accrue dans les paysages indonésiens de tourbières asséchées. Les feux sont généralement allumés pendant la saison sèche sur des terres boisées défrichées ou dégradées afin d'agrandir les plantations agricoles. Ils permettent également d'accéder aux

8. Emmanuela Shinta, issue du peuple autochtone des Dayak et représentante de la Fondation Ranu Welum, décrivant les effets des feux de tourbières indonésiens lors du Forum mondial sur les paysages organisé le 18 mai 2017 à Jakarta.





réservoirs de pêche, à la faune sauvage et à d'autres ressources (Chokkalingam *et al.*, 2007).

Les feux de tourbière indonésiens constituent un grave sujet de préoccupation à l'échelle mondiale en raison de leur contribution au réchauffement climatique et, plus directement, de leurs effets sur la santé humaine et l'économie des pays voisins. En vertu de l'Accord de l'Association des nations de l'Asie du Sud-Est (ASEAN) sur les nuages de pollution

transfrontalière, signé en 2002 et ratifié par l'Indonésie en 2015, les dix pays membres de l'ASEAN ont décidé d'œuvrer ensemble pour surveiller et lutter contre ce problème.

La vulnérabilité accrue aux incendies a des conséquences notables sur la capacité de l'Indonésie à réaliser les ODD et d'autres engagements internationaux. Afin d'enrayer la spirale des feux de tourbières, l'Indonésie étudie et expérimente des solutions visant à promouvoir une agriculture et un développement économique durables tout en travaillant d'arrache-pied à la restauration de l'hydrologie des tourbières.

En 2011, le gouvernement indonésien a instauré un moratoire sur toute nouvelle conversion de la forêt primaire et des tourbières de plus de trois mètres de profondeur, qu'il a depuis prolongé à plusieurs reprises (Murdiyarso *et al.*, 2011 ; Austin *et al.*, 2014).

En 2016, le Président Joko Widodo a étendu ce moratoire à toutes les tourbières et a enjoint aux sociétés d'exploitation de restaurer d'urgence l'hydrologie des sites endommagés. Il a créé l'Agence de restauration des tourbières (Badan Restorasi Gambut – BRG), chargée de coordonner et de diriger la réalisation de l'ambitieux objectif de remise en état de 20 000 km² de tourbières dégradées d'ici à 2020 (Banque mondiale, 2017).

Détection des incendies par satellite en Indonésie

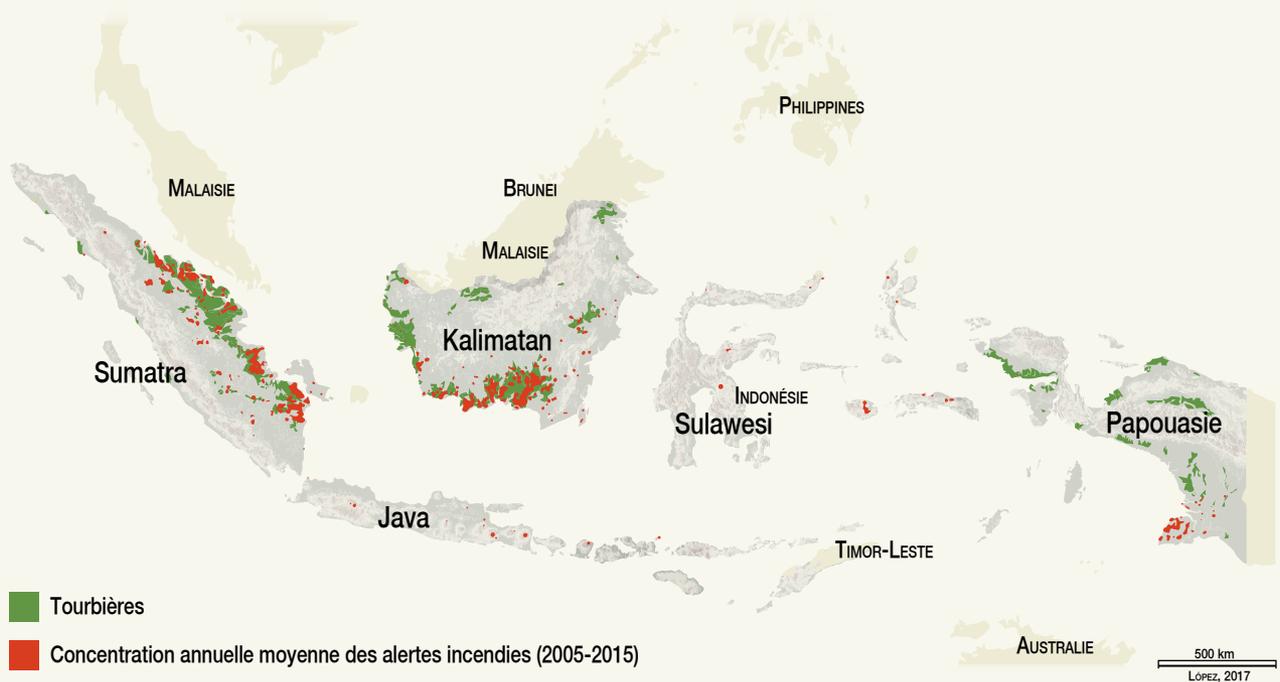


Figure 12. Incendies repérés par télédétection en Indonésie

Dans de nombreuses régions du monde, l'altitude des tourbières est proche du niveau de la mer (p. ex., en Asie du Sud-Est, dans le nord-ouest de l'Europe, en Floride et en Californie). Les zones qui s'affaissent deviennent sujettes aux inondations et sont exposées aux sols sulfatés acides et aux infiltrations d'eau saline, ce qui les rend inutilisables à des fins agricoles (Fornasiero *et al.*, 2002 ; Page *et al.*, 2002 ; Hooijer *et al.*, 2012, 2015 ; Page et Hooijer, 2014 ; Boersma, 2015).

Aux Pays-Bas, l'investissement annuel nécessaire pour faire face aux effets provoqués par l'affaissement des tourbières sur les infrastructures souterraines peut atteindre 250 euros par habitant (Boersma, 2015), soit un montant supérieur au produit intérieur brut annuel de chacun des 28 pays les plus pauvres du monde. Sous l'effet de l'affaissement des sols, certaines villes néerlandaises se situent aujourd'hui à huit mètres au-dessous du niveau de la mer (FAO, 2014). Une autre étude a estimé que le coût de remise en état des infrastructures endommagées du pays pourrait atteindre 5,2 milliards d'euros d'ici à 2050 (PBL, 2016).

En Malaisie, dans le delta du Rajang, l'affaissement des sols affecte déjà la productivité de 29 % de la région. En Indonésie, ce phénomène touche également 24 % de la péninsule de Kampar. La situation devrait s'aggraver dans ces deux régions au point d'entraîner la disparition de la quasi-totalité des tourbières, en quelques décennies pour la plupart d'entre elles (Hooijer *et al.*, 2015 ; Hooijer *et al.*, 2015a).

Toutefois, l'affaissement des sols ne menace pas seulement les zones côtières. Par exemple, si des canaux de drainage étaient creusés dans le bassin du Congo, l'infiltration d'eau saline ne serait pas problématique, mais l'affaissement des sols rendrait rapidement la zone impossible à drainer à nouveau. Dans certains pays, de vastes portions de sols minéraux situés sous des tourbières sont susceptibles de se transformer en sols sulfatés acides. Par conséquent, l'exposition du sol minéral peut créer un environnement sulfaté acide empêchant toute forme d'utilisation des terres à des fins productives, et ce même sans l'inondation préalable de la tourbière.



Biodiversité

Le défrichage, le drainage et le brûlage sont également des causes majeures de perte de la biodiversité dans les tourbières du monde entier (Osaki et Tsuji, 2016). Ces pratiques modifient la structure des écosystèmes et la composition des espèces, réduisant ainsi leur capacité à se remettre de perturbations ultérieures (Turetsky *et al.*, 2014 ; Osaki et Tsuji, 2016).

Au Royaume-Uni, les tourbières ont été négligées par le passé au profit d'un objectif plus vaste, le développement économique. D'aucuns prétendent que sans une intervention politique active, les tourbières hautes des plaines – un habitat prioritaire au titre de la Directive européenne Habitats – pourraient disparaître totalement du Royaume-Uni (Lindsay, 1993). Les conséquences pourraient être dévastatrices pour les espèces sauvages menacées telles que le « fragile » fadet des tourbières (*Coenonympha tullia*), la « rare » leucorrhine douteuse (*Leucorrhinia dubia*) ou la « minuscule » byrrhide en pilule des bourbiers (*Curimopsis nigrita*). Leur habitat a déjà subi une destruction rapide provoquée par l'extraction commerciale de la tourbe et le drainage des terres à des fins agricoles.

L'extraction de la tourbe pour la production de substrats destinés à l'horticulture nécessite d'éliminer totalement la végétation existante et de retirer régulièrement le corps tourbeux (Lindsay, 1993), laissant apparaître un paysage lunaire dépourvu de toute vie. La tourbière de Chat-moss, à Manchester, illustre bien cette problématique. Le permis d'extraction de la tourbe a expiré au début des années 2000 et, malgré la demande déposée par la société d'extraction en vue de poursuivre ses activités, il n'a pas été renouvelé par l'autorité locale chargée de l'aménagement du territoire en 2011 (BBC, 2012). Bien que des dispositions obligent la société d'extraction à restaurer le site, celui-ci reste en mauvais état.

Les tourbières face au changement climatique

Le changement climatique, en aggravant les effets du drainage et les risques d'incendie, fait peser une lourde menace sur les écosystèmes des tourbières (Turetsky *et al.*, 2014). Il expose les tourbières actuellement protégées par le pergélisol au dégel, à une augmentation éventuelle des émissions de méthane et à une perte de carbone, et l'élévation du niveau de la mer qui accompagne ce phénomène accroît les risques d'érosion côtière et de salinisation des tourbières d'eau douce (Whittle et Gallego-Sala, 2016). Bien que le présent document porte sur les tourbières tropicales, il convient de rappeler que les tourbières pergélisolées renferment également d'importantes réserves de carbone qui peuvent être rejetées sous forme de CO₂, de méthane ou d'oxyde d'azote, ces deux derniers gaz ayant un effet de serre plus puissant mais une durée de vie plus courte dans l'atmosphère (Hodgkins *et al.*, 2013 ; Voigt *et al.*, 2017).

Le changement climatique perturbe le cycle du carbone dans les tourbières intactes et dégradées. L'humidité empêche la tourbe de se désagréger. Le réchauffement climatique

accélère cet effritement et assèche les tourbières à un rythme plus rapide. Les changements climatiques susceptibles de se produire à l'échelle mondiale sont les suivants : élévation de la température moyenne à la surface du globe, intensification des saisons sèches, modification des schémas de couverture nuageuse, augmentation des précipitations et des incendies (Charman *et al.*, 2013). Lorsqu'elles sont drainées, les tourbières sont déjà bien plus sèches et seront moins résilientes face aux effets de ces changements. La conservation des tourbières intactes constitue donc une stratégie essentielle pour augmenter la résilience écosystémique et favoriser l'adaptation au changement climatique.

Certaines données probantes relevées sur des sites dégradés montrent que dans un scénario de réchauffement, les tourbières pergélisolées s'effondreraient et seraient submergées par l'eau douce. Un habitat de marais arctique se développerait et de la tourbe recommencerait à se former (Swindles *et al.*, 2015). Les conséquences climatiques globales sont encore incertaines, car la libération de méthane s'accompagnera d'une séquestration simultanée de CO₂. La salinisation provoquée par l'élévation du niveau de la mer réduirait la capacité des tourbières à piéger le carbone, entraînerait des changements au sein de la biote et diminuerait sa capacité à fournir les services écosystémiques dont l'homme a besoin (Whittle et Gallego-Sala, 2016). Les tourbières tropicales, notamment celles de l'Asie du Sud-Est, seraient les plus exposées à cette menace en raison de l'affaissement des sols (Whittle et Gallego-Sala, 2016). Toutefois, les perturbations anthropiques de ces écosystèmes pourraient être plus importantes que les effets de l'élévation future du niveau de la mer (Whittle et Gallego-Sala, 2016).

Conséquences économiques

À l'échelle mondiale, l'utilisation non durable des tourbières a eu un impact significatif sur les sociétés humaines et leurs économies. Ces effets persistants, dont de nombreuses générations feront les frais, annulent dans une large mesure les avantages à court terme initialement tirés de la conversion des tourbières. Les économies modernes de l'hémisphère nord ont subi prématurément ces conséquences. Ainsi, en Europe de l'Ouest, les communautés vivant aux environs des tourbières dégradées affichaient des niveaux de pauvreté souvent supérieurs aux autres populations agricoles (Parish *et al.*, 2008).

À l'heure actuelle, des conflits continuent d'apparaître en raison de la multitude de parties prenantes et d'intérêts qui interviennent généralement dans l'utilisation et la gestion de ces écosystèmes (Parish *et al.*, 2008). L'utilisation non durable des tourbières résulte d'un manque de connaissances et/ou de reconnaissance de leur importance en tant qu'habitats essentiels pour la faune sauvage et fournisseurs de services écosystémiques indispensables au développement humain, mais elle est aussi liée à des questions de gouvernance et à l'urgence de la demande de terres (Parish *et al.*, 2008). Les subventions agricoles peuvent également contribuer à surestimer les avantages économiques tirés de l'exploitation des tourbières.



Solutions – Aller de l’avant

La solution primordiale pour conserver les tourbières est relativement simple : il faut maintenir leur humidité. Ou, si elles ont été drainées, les réhumidifier.

Compte tenu des menaces qui pèsent sur les tourbières, et au regard de l’importance cruciale des nombreux avantages et services écosystémiques qu’elles procurent, il est urgent d’établir un leadership mondial qui assure leur restauration, leur protection, leur conservation permanente et leur utilisation durable. Sauver les tourbières de la planète est un objectif ambitieux mais réalisable. Nous devons aspirer à :

- Protéger les tourbières encore intactes pour qu’elles retiennent le carbone stocké sous terre et fournissent aux espèces menacées un habitat vital, tout en procurant à l’homme des services essentiels et de nombreux avantages. La tourbe continuera à s’accumuler et à séquestrer le carbone émis dans l’atmosphère, contribuant ainsi à atténuer le changement climatique.
- Prévenir les nouvelles émissions de carbone dues à l’érosion et à la décomposition de la tourbe, qui aggravent le changement climatique. Pour y parvenir, il conviendra de mettre fin aux pratiques néfastes qui nécessitent de drainer ou de creuser les tourbières, et de prendre les mesures nécessaires pour réhumidifier et restaurer les tourbières dégradées.
- Définir des mesures financières incitatives en faveur de la réhumidification. Il peut par exemple s’agir de réaliser des études de viabilité des services rendus par les tourbières en matière de régulation climatique et hydrologique et/ou, si possible, d’étudier de nouveaux moyens de subsistance utilisant des cultures alternatives (agriculture, sylviculture et autres biomasses) adaptées à des niveaux d’eau naturellement élevés (paludiculture) et capables de générer des retombées économiques directes.

Le maintien des tourbières à l’état naturel ou, lorsqu’elles ont été drainées, leur réhumidification, permet de retenir le carbone dans le sol et offre ainsi d’importantes réserves de carbone. Les tourbières n’ont pas besoin d’être drainées pour être productives. Il est essentiel de mettre au point de nouvelles techniques de gestion et d’étudier les utilisations durables telles que l’écotourisme afin de maintenir l’humidité des tourbières. Ainsi, quelque 400 espèces ont été identifiées dans les tourbières indonésiennes comme présentant un potentiel économique. Citons par exemple le sagoutier, utilisé pour la production d’amidon, la châtaigne d’eau, utilisée en vannerie, le *tengkawang* (noix d’illipé), qui donne une huile comestible, le *jelutong*, un arbre qui produit du caoutchouc naturel, ou encore le rotin, utilisé pour la fabrication d’articles de vannerie et de mobilier (Giesen, 2013).

Réhumidification

La réhumidification des tourbières est essentielle à leur restauration. Les tourbières survivent dans un environnement



saturé d’eau. L’humidité prévient la décomposition des matières végétales et permet la formation de la tourbe. Le carbone assimilé au cours de la durée de vie des végétaux est ainsi stocké dans le sol.

Lorsque ces conditions humides n’existent plus ou sont altérées, la tourbe est exposée à l’oxygène, qui réagit avec le carbone et provoque son oxydation. La matière végétale jusque-là préservée disparaît alors sous forme de CO₂ (Lindsay *et al.*, 2014). La réhumidification des tourbières permet d’interrompre ce processus et donc la libération du CO₂. Selon les activités de restauration et les conditions climatiques externes de la tourbe peut recommencer à s’accumuler dans la tourbière au fil du temps.

La réduction des émissions de gaz à effet de serre n’est pas le seul avantage. Dans le cas de la Russie, par exemple, le projet russo-allemand de coopération pour la « Restauration des tourbières en Russie », qui vise à prévenir les incendies et à

Exemple de l'Indonésie – Restauration des tourbières

Axée sur la restauration des tourbières dégradées, la nouvelle politique indonésienne interdit les nouvelles activités qui portent préjudice à leurs fonctions hydrologiques, notamment le drainage et la conversion des terres en plantations. L'action de l'Agence de restauration des tourbières cible sept provinces : Riau, Jambi, Sumatra du Sud, Papouasie et Kalimantan de l'Ouest, de l'Est et du Centre. Elle classe les tourbières indonésiennes en quatre catégories selon la topographie, l'existence de canaux de drainage et les incendies survenus récemment.

Dans le cadre de l'Accord de Paris sur le changement climatique, l'Indonésie s'est engagée à réduire d'ici à 2030 les émissions prévues de 29 % par rapport à un scénario de base maintenant

le *statu quo*, et de 41 % avec l'aide et le soutien financier de la communauté internationale (Krisnawati *et al.*, 2015). La mise en œuvre et l'exécution de cette nouvelle politique ambitieuse requièrent une réforme de grande ampleur des pratiques de gestion de l'utilisation des terres ainsi que d'énormes efforts collaboratifs. C'est pourquoi la Norvège a accordé à l'Indonésie une subvention de 50 millions de dollars US, dont la moitié sera déboursée une fois le plan de suivi et d'exécution élaboré.

Protection des tourbières dans la province de Riau

Siak Sri Indrapura, l'ancienne capitale du royaume malais éponyme, se situe à environ deux heures de route de Pekanbaru, la capitale de la province de Riau sur l'île indonésienne de Sumatra. Des petits villages parsèment les

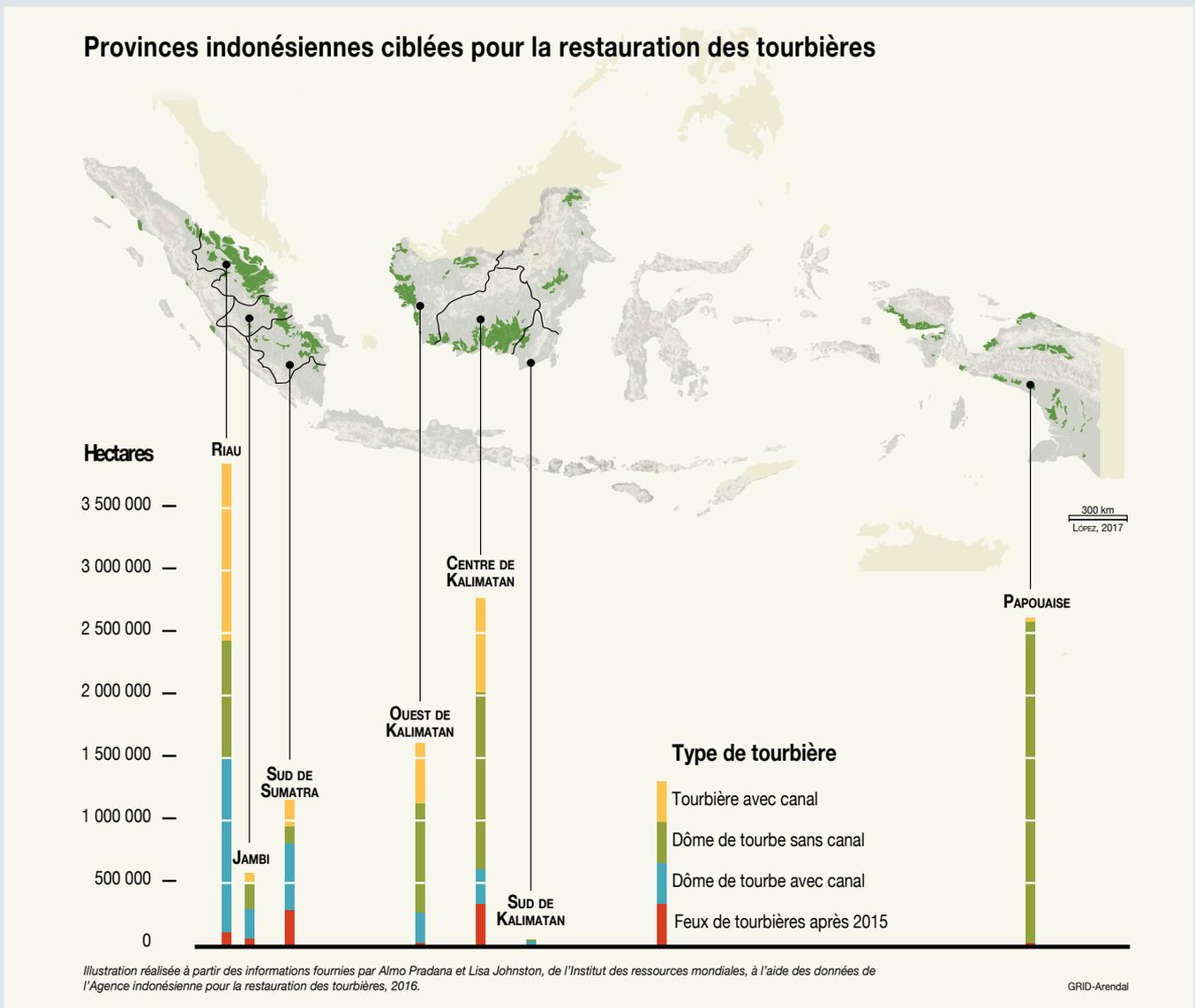


Figure 13. L'Indonésie restaure les tourbières dans plusieurs provinces

abords de la route sinueuse qui se fraie un chemin dans un paysage dominé par les plantations de palmiers à huile. Riau est riche en ressources naturelles telles que le pétrole et le gaz. La province, qui abrite des plantations de caoutchouc et de palmiers à huile, a également connu une exploitation forestière intensive ayant fortement dégradé ses tourbières. Comme dans d'autres régions d'Indonésie, les incendies de ces dernières années ont touché la population locale et eu des répercussions sur sa santé.

Le district de Siak abrite de vastes tourbières bombées et la province de Riau à elle seule compte environ 4 600 km² de tourbières, dont beaucoup se situent dans des concessions forestières ou appartenant à des sociétés de plantation. Le plan de gestion des tourbières de 2009 permet au gouvernement d'adopter une approche paysagère et de considérer les tourbières comme un système complet. H. Alfredi, vice directeur de district de la région, souligne que les autorités locales, « ont désigné plusieurs lieux pouvant être définis comme zones de protection ou de conservation des tourbières en sus de ceux définis comme réserves naturelles et réserves de biosphère et du Parc national Zamrud ». Ces zones comprennent plusieurs tourbières bombées (Alfredi, 2017).

À quelques kilomètres de la capitale, les autorités de district, l'Agence nationale de restauration des tourbières et la population locale collaborent à l'endiguement d'une partie des



milliers de kilomètres de canaux de drainage qui sillonnent la région, en vue de hausser le niveau de l'eau afin de maintenir l'humidité des tourbières et de limiter le nombre d'incendies.

« Nous en voyons déjà les avantages, affirme Alfredi. Au cours de ces cinq dernières années, le nombre d'incendies de forêts et de feux de végétation a diminué ». L'approche régionale s'inspire des enseignements tirés de la tradition malaise, relatifs à « la relation entre l'homme et l'environnement », souligne-t-il. Ceux-ci soutiennent notamment l'idée selon laquelle « la personne qui ne détruit ni la forêt ni la nature est digne de confiance ». Ne pas détruire la nature suppose de « réfléchir attentivement », précise-t-il.



atténuer le changement climatique, prévoit de réhumidifier 700 km² de tourbières drainées dans l'espoir de réduire également leur vulnérabilité aux incendies, suite aux graves feux de tourbières qui se sont produits en 2002 et 2010 (Sirin *et al.*, 2017).

Paludiculture et techniques de gestion durable

La gestion et l'utilisation durables des tourbières constituent un domaine de recherche scientifique relativement récent (FAO, 2014 ; Joosten, 2014). Pendant plusieurs siècles, les communautés de nombreuses régions d'Europe ont cultivé le roseau dans les tourbières humides pour la production du chaume, tandis qu'en Asie le palmier sagoutier sert à produire de l'amidon pour fabriquer des nouilles et des biscuits. La paludiculture est l'une des nouvelles techniques de gestion qui permet de produire de la biomasse dans les tourbières humides et réhumidifiées de façon à préserver le corps tourbeux et les services écosystémiques fournis par la tourbière. Elle peut également faciliter l'accumulation du carbone, produire des denrées alimentaires et des aliments pour animaux, des fibres et du combustible, et favoriser la production d'autres matières premières. En outre, la paludiculture peut contribuer à réduire la fréquence des incendies et à prévenir l'affaissement des sols (Joosten, 2014 ; Schröder, 2014).

Parmi les autres techniques de gestion durable existantes figurent également la pisciculture ou l'écotourisme. Lorsque la réhumidification n'est pas réalisable, une autre solution consiste à adopter une gestion adaptative qui évite tout recours excessif au drainage, au labourage et aux engrais afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre (FAO, 2014).

Compte tenu de la complexité et de la singularité qui caractérisent les tourbières à travers le monde, il convient d'approfondir les recherches et de mener des études pilotes sur mesure afin de trouver des solutions de paludiculture et de gestion des tourbières qui soient adaptées aux différentes régions, et d'en surveiller les effets à long terme sur la sécurité alimentaire, la résilience, les moyens de subsistance et le changement climatique. Par ailleurs, il est indispensable de s'inspirer des usages traditionnels des tourbières humides et de mettre en place une plateforme qui servira de pôle de connaissances et d'échange entre les communautés, le secteur privé et le gouvernement. Afin de mieux comprendre ce domaine, il convient de mettre en place des mesures incitatives, des conseils techniques et des financements pour expérimenter et évaluer les pratiques de gestion durable des tourbières, ainsi que pour déterminer les possibilités d'investissement et des moyens de subsistance alternatifs nécessaires à leur viabilité.

Reconnaître les avantages des tourbières

Qu'il s'agisse de protéger les zones préservées ou de restaurer les sites dégradés, la conservation des tourbières permet d'obtenir des résultats considérables en matière

d'atténuation du changement climatique et d'adaptation à ses effets. Elle concourt à la mise en œuvre de l'Accord de Paris sur le changement climatique et favorise la réalisation des ODD. En outre, la préservation des tourbières appuie la mise en œuvre d'autres instruments internationaux relatifs à l'environnement tels que les objectifs d'Aichi issus de la Convention sur la diversité biologique, qui soulignent le caractère essentiel d'écosystèmes sains et fonctionnels pour le bien-être humain.

Après des siècles de dégradation, les tourbières européennes commencent aujourd'hui à être perçues par les gouvernements des pays concernés comme des réservoirs importants de carbone organique qu'il faut s'efforcer de protéger afin d'éviter de nouvelles pertes. Les pays en développement ont la possibilité d'éviter les étapes destructrices qui ont conduit les pays européens à tirer les durs enseignements des effets de la dégradation et de la destruction des tourbières. La mise en place d'une nouvelle approche durable de la gestion des tourbières passe par des interventions ciblées, et les pays développés devront apporter l'appui et les ressources nécessaires pour prendre les rênes du changement. Ces interventions ciblées peuvent se diviser en cinq domaines principaux, qui tous nécessitent des actions de renforcement des capacités, d'information et de sensibilisation :

1. Élaborer des politiques et des plans qui tiennent compte de la nécessité de gérer durablement les tourbières, d'assurer leur protection et leur conservation selon les besoins, ainsi que du coût total de leur dégradation et de leur disparition.
2. S'assurer que les acteurs de la planification de l'affectation des terres et les décideurs en matière de développement reconnaissent et apprécient à leur juste valeur les services écosystémiques et les nombreux avantages que procurent les tourbières en soulignant l'importance de ces dernières dans la lutte contre le changement climatique, la préservation de la biodiversité, des ressources en eau, et du patrimoine et la réalisation des ODD.
3. Veiller à la mise en place des dispositions juridiques et fiscales nécessaires pour favoriser de nouvelles recherches et permettre des investissements et des financements en faveur d'une gestion durable des tourbières. Ces dispositions doivent également permettre au secteur privé d'apporter des financements et des investissements permettant de garantir les moyens de subsistance (à long terme sans recourir au drainage).
4. Créer ou renforcer les institutions capables de travailler en coordination et en collaboration avec les différents secteurs et acteurs afin d'assurer la création de synergies ainsi que la diffusion et le partage des bonnes pratiques de gestion des tourbières à l'échelle nationale et mondiale.
5. Investir dans la recherche sur les tourbières afin de combler les lacunes en matière d'informations, de données et de connaissances, et appuyer la prise de décisions fondées sur des preuves tout en favorisant une gestion novatrice et durable des tourbières.



Politiques

La diversité biologique des tourbières est reconnue depuis plusieurs années. On connaît de mieux en mieux les avantages des services écosystémiques fournis par les tourbières, ce qui leur vaut de figurer parmi certains accords et règlements mondiaux de haut niveau sur l'environnement (Stoneman *et al.*, 2016), présentés succinctement dans le tableau 3. Dans le cadre de ces accords internationaux, certains pays ont mis en place leur propre approche afin de combattre les menaces qui pèsent contre les tourbières, avec plus ou moins de succès jusqu'à ce jour.

L'un des premiers accords mondiaux reconnaissant la fonction des tourbières est la Convention de Ramsar (1971). Depuis 1996, cette dernière admet notamment que la moitié des zones humides de la planète sont des tourbières. Cette reconnaissance a conduit à l'élaboration d'un plan d'action mondial pour l'utilisation et la gestion rationnelles (c'est-à-

dire durables) des tourbières, avec l'adoption en 2002 des « Lignes directrices relatives à une action mondiale pour les tourbières ». Cette avancée a permis aux différentes parties prenantes du secteur public et privé de collaborer en se concentrant sur cinq thèmes prioritaires :

1. Amélioration des connaissances sur les ressources des tourbières de la planète
2. Éducation et sensibilisation du public
3. Instruments politiques et législatifs
4. Utilisation rationnelle des tourbières
5. Coopération internationale

Les efforts déployés par les différents pays, les spécialistes des tourbières et les ONG ont conduit à l'adoption d'une nouvelle activité de « réhumidification des sols organiques drainés » en vertu du Protocole de Kyoto entrant dans le cadre

Tableau 3. Accords internationaux s'appliquant aux tourbières

Accords	Plans détaillés	Exigences
Convention de Ramsar	<ul style="list-style-type: none"> • Plan stratégique 2016-2024 • Plan d'action mondial pour les tourbières 	<ul style="list-style-type: none"> • Conservation et utilisation rationnelle de l'ensemble des terres humides grâce à des actions locales, régionales et nationales et à la coopération internationale. • Mise en place et gestion d'un réseau de sites protégés. • Reconnaissance des services écosystémiques rendus par les tourbières et de leur rôle dans le développement durable. Obligation de maintien, de restauration et d'utilisation rationnelle.
Convention des Nations Unies sur la diversité biologique	<ul style="list-style-type: none"> • Plan stratégique 2011-2020 et Objectifs d'Aichi 	<ul style="list-style-type: none"> • Il faut restaurer et protéger les écosystèmes de tourbières afin qu'ils fournissent des services essentiels et contribuent à stocker le carbone, et mettre un terme à l'appauvrissement de leur biodiversité. • Il faut éviter ou limiter les conséquences indésirables de l'utilisation des ressources biologiques. Il convient d'intégrer leur conservation et leur utilisation durable dans la prise de décisions au niveau national. • D'ici à 2020, il convient d'éliminer, de faire disparaître progressivement ou de réformer les mesures incitatives, notamment les subventions, dangereuses pour la biodiversité.
Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques	<ul style="list-style-type: none"> • Protocole de Kyoto, programme REDD+, UTCATF (utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie), etc. • Accord de Paris sur le changement climatique 	<ul style="list-style-type: none"> • Protection et renforcement des réservoirs de carbone et prise en compte des pertes/gains imputables aux tourbières. • Mise à disposition d'inventaires nationaux des émissions anthropiques ventilées par sources et éliminations par des puits de tous les gaz à effet de serre.
Programme de développement durable à l'horizon 2030	<ul style="list-style-type: none"> • Objectifs de développement durable 	<ul style="list-style-type: none"> • La conservation des tourbières recoupe la majorité des ODD, notamment ceux énumérés ci-dessous : <ul style="list-style-type: none"> • ODD 6 : Garantir l'accès de tous à des services d'alimentation en eau et d'assainissement gérés de façon durable • ODD 12 : Établir des modes de consommation et de production durables • ODD 13 : Prendre d'urgence des mesures pour lutter contre les changements climatiques et leurs répercussions • ODD 15 : Préserver et restaurer les écosystèmes terrestres, en veillant à les exploiter de façon durable, gérer durablement les forêts, lutter contre la désertification, enrayer et inverser le processus de dégradation des terres et mettre fin à l'appauvrissement de la biodiversité
Congrès mondial de la nature de l'UICN, 2016	<ul style="list-style-type: none"> • Résolution 046 : Assurer l'avenir des tourbières du monde entier 	<ul style="list-style-type: none"> • Les États devront imposer un moratoire sur l'exploitation des tourbières jusqu'à ce que leur législation soit renforcée et en garantisse la protection ou la gestion sur la base de principes d'utilisation rationnelle. • Les États devront prendre dûment en considération l'importance de la préservation des tourbières lors de la mise en œuvre d'activités visant à réduire la déforestation et la dégradation des forêts.
Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES)	<ul style="list-style-type: none"> • Vision stratégique de la CITES 2008-2020 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconnaît que la faune et la flore sauvages constituent des composantes irremplaçables des systèmes naturels terrestres et qu'il faut impérativement les protéger.

de la CCNUCC. Suite à une demande formulée au titre de la CCNUCC, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat a rédigé des orientations pratiques pour rendre compte de ces activités. Cette initiative a donné lieu à la création d'un mécanisme d'indemnisation volontaire des activités de restauration des tourbières menées au titre du Protocole de Kyoto.

La dernière décision adoptée par les parties à la Convention de Ramsar (Résolution XII.II) résume de manière pragmatique les implications de la Convention en ce qui concerne les tourbières, le changement climatique et l'utilisation rationnelle (Ramsar, 2015). Elle appelle à limiter les activités qui nécessitent de drainer les tourbières et qui comportent un risque d'affaissement des sols, d'inondation ou d'émission de gaz à effet de serre. En outre, elle invite instamment la communauté internationale à resserrer ses liens de coopération, à intensifier son assistance technique et à renforcer ses capacités afin d'atteindre cet objectif. Les parties sont encouragées à se servir de leurs inventaires nationaux afin de cartographier la répartition des tourbières et de déterminer dans quelle mesure ces dernières contribuent à la séquestration du carbone. Il s'agit là d'une mesure utile pour définir les contributions déterminées à l'échelle nationale en vue de respecter l'Accord de Paris sur le changement climatique.

Le groupe Ramsar élabore actuellement des orientations générales supplémentaires afin de fournir des conseils sur les méthodes pratiques de réhumidification et de restauration des tourbières. Il œuvre également à la rédaction de lignes directrices pour l'inventaire des tourbières à l'échelle nationale et leur désignation aux termes de la Convention de Ramsar. Cette initiative tend spécifiquement à la mise en œuvre du Plan stratégique 2016-2024 de la Convention de Ramsar et de ses contributions à la réalisation des ODD.

En 2010, un examen des progrès accomplis vers la réalisation des objectifs de la Convention sur la diversité biologique (CBD) a également renforcé la nécessité de conserver et de restaurer les tourbières, tandis que la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES) et la Convention de Bonn sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage (Convention de Bonn) encouragent les États signataires à protéger l'habitat des espèces menacées ou migratrices telles que l'orang-outan de Bornéo ou le phragmite aquatique (*Acrocephalus paludicola*), un passereau migrateur qui vit essentiellement dans les tourbières du Bélarus (Stoneman *et al.*, 2016).

L'élément central de l'action en faveur des tourbières est la CCNUCC, qui met l'accent sur les mesures d'atténuation des effets climatiques dus aux émissions anthropiques de gaz à effet de serre et sur les engagements pris dans le cadre du Protocole de Kyoto en vue de réduire les émissions et de rendre compte des activités liées à l'utilisation des terres, au changement d'affectation des terres et à la foresterie (UTCATF). Les accords actuellement en vigueur intègrent la nécessité

de prendre en compte l'ensemble des grandes réserves de carbone, ainsi que des activités d'atténuation incluant le drainage et la réhumidification des zones humides. Le cadre de la REDD+ contribue également à réduire les émissions des tourbières.

Ces accords internationaux insistent sur un message essentiel – il faut conserver et restaurer les tourbières, leur biodiversité et leurs services écosystémiques afin d'assurer leur fonctionnement. Ils indiquent clairement à chaque gouvernement qu'il est nécessaire de prendre des mesures énergiques. Pour respecter leurs engagements, les gouvernements doivent mettre au point ou renforcer leurs propres politiques afin d'inciter à la restauration et à la gestion responsable des tourbières.

Un rapport de la FAO (FAO et Wetlands International, 2012) recommande que ces politiques s'accompagnent des actions suivantes : planification stratégique visant à protéger les tourbières des activités néfastes, retrait des mesures incitatives perverses qui contribuent à dégrader davantage les tourbières, investissement accru du gouvernement et du secteur privé, et appui continu à la mise en œuvre des projets, au suivi, à la recherche et au partage des connaissances. En outre, il est nécessaire que les différents secteurs des pouvoirs publics travaillent en coordination et en coopération afin de préserver les avantages écosystémiques, avec pour objectif commun des tourbières saines et fonctionnelles, plutôt que d'optimiser la fourniture de services individuels (Bain *et al.*, 2011).

Davantage de travaux et d'analyses doivent être menés afin de comprendre les différents accords et processus mondiaux en jeu et de définir les moyens les plus efficaces pour inciter et aider les gouvernements à agir. Des mécanismes efficaces, qui apportent des conseils et des fonds pour soutenir la restauration et la gestion des tourbières ainsi que la planification de l'utilisation des terres, permettraient d'accroître l'impact et l'adoption de ces accords et processus.

Environnement juridique et fiscal

Des mécanismes de financement efficaces sont essentiels pour assurer la conservation des tourbières à grande échelle. De tout temps, les tourbières ont été sous-estimées en raison de la dissociation qui existe entre les services écosystémiques qu'elles fournissent, leur valeur marchande et l'appui apporté à leur gestion. Par conséquent, les tourbières peuvent être considérées comme des sites servant à la conservation de biens publics d'une valeur internationale inestimable (Hubacek *et al.*, 2009).

Les politiques publiques doivent inclure des mécanismes de financement permettant d'assurer la restauration et la gestion durable des tourbières, qui à leur tour contribueront au maintien à long terme de leurs services écosystémiques (Bain *et al.*, 2011). Il convient également d'étudier de nouvelles pistes pour traiter la question centrale du financement des grandes tourbières, notamment dans les pays en développement, en tenant compte des restrictions

Tableau 4. Mécanismes appuyant la conservation des tourbières

Instrument	Description	Exemples relatifs aux tourbières
Contrôle direct de l'État	Propriété publique des terres et zones gérées par des organismes publics.	<ul style="list-style-type: none"> • Staatsbosbeheer, Pays-Bas • Service forestier public, Malaisie
Règles juridiques	La réglementation instaurée par le gouvernement porte sur les activités interdites, les licences et les permis, les exigences en matière de planification, de mise en œuvre et de suivi ainsi que la réalisation des objectifs de conservation.	<ul style="list-style-type: none"> • Loi n° 32 de la République d'Indonésie concernant la protection et la gestion environnementales – Obligation de disposer d'un permis environnemental pour la conduite d'activités industrielles et réalisation d'études d'impact environnemental • Site d'intérêt scientifique spécial (SSSI) du Royaume-Uni – Protégé par la loi afin de conserver la faune et la flore sauvages.
Subvention/Contrat	Paiement en contrepartie de l'exécution des activités convenues pouvant émaner des pouvoirs publics, d'une organisation caritative ou d'une autre entité.	<ul style="list-style-type: none"> • Programme LIFE de l'Union européenne • Gouvernement du Canada – Fonds national de conservation des milieux humides
Subvention publique	Aide financière consentie par le gouvernement pour une activité promouvant sa politique.	<ul style="list-style-type: none"> • Politique agricole commune de l'Union européenne
Redevance ou permis de visite	Entrée payante pour les visiteurs (p. ex., parcs nationaux).	<ul style="list-style-type: none"> • Peatlands Park, Irlande
Don volontaire	Contribution financière à un objectif caritatif.	<ul style="list-style-type: none"> • Membre de la Burns Bog Conservation Society, Canada.
Investissement privé	Société privée ou individu réalisant un paiement généralement en contrepartie d'un avantage.	<ul style="list-style-type: none"> • Entreprise de services publics – Investissement dans la restauration des tourbières en vue de réduire le coût du traitement de l'eau potable, Royaume-Uni.
Incitation fiscale	Réduction ou exonération d'une taxe normalement due pour la fourniture d'un service.	
Paiement des services écosystémiques	Mesure financière incitant à gérer les terres d'une certaine manière.	<ul style="list-style-type: none"> • Mécanisme REDD+ • Peatland Code, crédits MoorFutures allemands, projet de restauration des tourbières du Katingan, etc.

budgetaires. Les gouvernements doivent être en mesure d'examiner les différentes possibilités et d'évaluer leur rentabilité par rapport aux coûts d'opportunité économique perçus. Le tableau 4 présente quelques mécanismes traditionnels et expérimentaux appuyant la conservation des tourbières.

Créer un marché pour financer la gestion des tourbières

Compte tenu de l'ampleur de la problématique, le financement privé et l'accès aux capitaux sont nécessaires pour permettre aux gouvernements de relever les défis auxquels ils font face. Au Royaume-Uni, la rédaction du

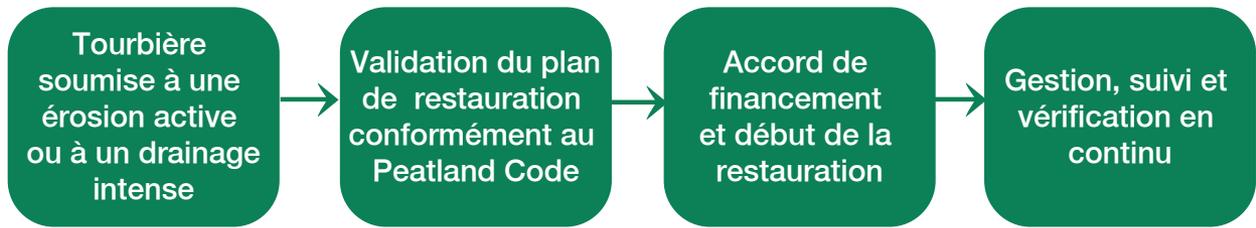


Figure 14. Modalités de réception du financement dans le cadre du Peatland Code britannique (Programme Tourbières de l’UICN au Royaume-Uni, 2017)

Peatland Code (« Code sur les tourbières ») semble faciliter l’émergence d’un marché où les investisseurs privés, motivés par la responsabilité sociale d’entreprise, ont l’assurance que leurs investissements dans la restauration des tourbières produiront des retombées positives et vérifiables pour le climat, conformément aux estimations réalisées par un organisme de validation et de vérification indépendant. Les financements obtenus permettent une restauration rentable des tourbières et garantissent la gestion et la continuité des

projets de restauration dans le cadre d’un contrat d’une durée minimale de 30 ans. Les activités de restauration financées par le gouvernement peuvent être complétées par des fonds privés en vue d’obtenir un plus fort impact.

Ce modèle s’appuie sur l’expérience allemande quant à la restauration des tourbières suivant la norme MoorFutures. Lancée en 2011, cette norme appuie la restauration des tourbières dans le nord-est de l’Allemagne. Elle a été élaborée

Zonation des tourbières et exemples d’activités économiques



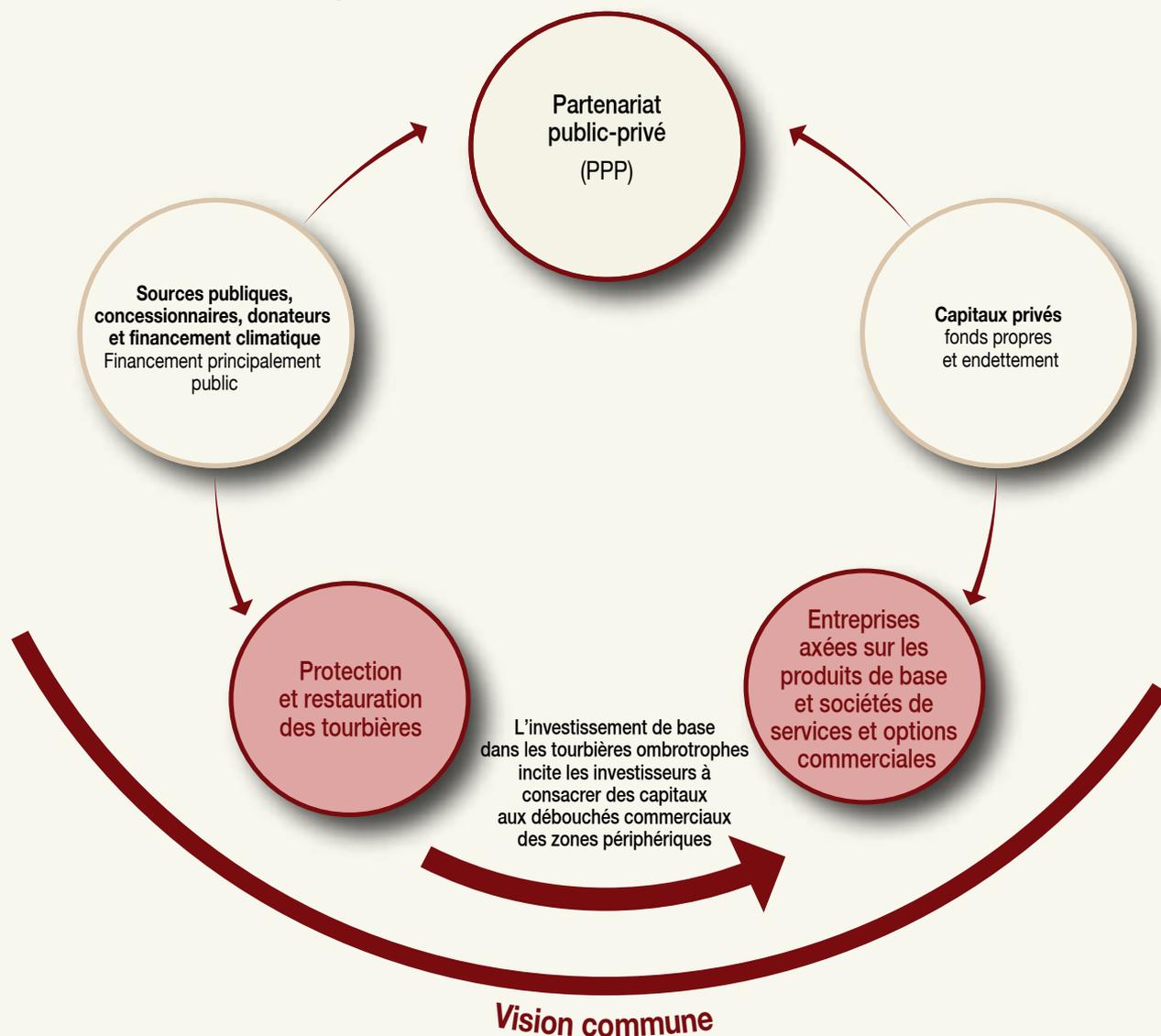
Source : GGGI, 2017 Sustainable Landscapes Thematic Strategy.

LÓPEZ, 2017

GRID-Arendal

Figure 15. L’innovation est possible lorsque des capitaux publics et privés sont consacrés à l’élaboration d’une vision commune de la gestion des tourbières fondée sur une approche paysagère

Recourir à l'innovation pour réaliser une vision commune



Atteindre l'ODD 13 relatif à la lutte contre le changement climatique
(CDN par le biais de l'adaptation au changement climatique ainsi que de l'atténuation de ses effets)
Maintenir une croissance économique inclusive et créer des emplois (ODD 1 et 8)
Assurer la sécurité alimentaire et améliorer la santé et le bien-être des populations (ODD 2 et 3)

Source : GGGI, 2017 Sustainable Landscapes Thematic Strategy.

LÓPEZ, 2017

GRID-Arendal

Figure 16. Modèle commercial intégré indonésien : la zone directement concernée bénéficie de la protection des pouvoirs publics, mais des activités économiques compatibles sont autorisées dans les zones périphériques⁹

9. La législation indonésienne interdit tout développement dans les zones où l'épaisseur de la couche de tourbe est supérieure à trois mètres (Wetlands International et Tropenbos International, 2016). Cependant, dans un souci de durabilité, l'utilisation intensive est restreinte aux zones où cette couche n'excède pas un mètre environ. Quelle que soit l'épaisseur des sols tourbeux, leur utilisation doit être compatible avec un maintien suffisant du niveau phréatique afin de prévenir la décomposition et les incendies. Cette obligation s'applique à la fois aux zones tampons et aux zones directement concernées.

Tableau 5. Cadre institutionnel visant à favoriser la conservation des tourbières

Cadre		Exemple : Écosse	Exemple : Indonésie
<i>Mondial</i>	Accords internationaux globaux signés par les pays qui s'engagent à les respecter	Nations Unies : CCNUCC et Accord de Paris	Nations Unies : CCNUCC et Accord de Paris
<i>Régional</i>	Accords et législation adaptés à une zone géopolitique	Union européenne : Directive sur les habitats, Politique agricole commune et Directive-cadre sur l'eau	ASEAN : Accord sur les nuages de pollution transfrontières
<i>National</i>	Législation et accords nationaux	Gouvernement écossais : Plan national pour les tourbières et loi sur le changement climatique – Restauration de 250 000 ha (2 500 km ²) de tourbières d'ici à 2032	Le décret présidentiel indonésien 1/2016 instaure l'Agence de restauration des tourbières (BRG) et le règlement 57/2016 sur les tourbières.
<i>Local</i>	Partenariats locaux et communautés concernées	Peatland Action (Action pour les tourbières) – Projet de restauration sur le terrain mené par des responsables régionaux	La BRG collabore avec le partenariat Kemitraan dans 259 villages afin de mettre en place des « villages amis des tourbières ».

à partir des orientations relatives à la restauration et à la préservation des zones humides (Wetland Restoration and Conservation – WRC) applicables à la norme de carbone vérifiée (NCV). La norme de carbone comprend plusieurs méthodologies adaptées aux régions tropicales et aux zones tempérées (Joosten *et al.*, 2016).

L'Indonésie a adopté une approche différente avec l'appui de l'Institut mondial pour la croissance verte (GGGI), une organisation intergouvernementale qui accompagne les partenaires gouvernementaux dans leur transition vers une croissance économique permettant d'atteindre le triple objectif de réduction de la pauvreté, d'inclusion sociale et de durabilité environnementale. Le GGGI, le ministère de la Planification du développement, le ministère de l'Environnement et des Forêts et l'Agence indonésienne pour la restauration des tourbières travaillent ensemble à l'élaboration d'un modèle économique intégré, en collaboration avec les organismes œuvrant à la restauration des tourbières. Dans le cadre de ce modèle, les investissements publics (sur les plans politique et financier) sont consacrés à la protection et à la restauration des zones centrales des tourbières. Cette démarche contribue à rassurer les investisseurs et permet d'affecter les capitaux privés à des activités économiques durables dans les zones situées aux alentours de la tourbière.

Ces activités consistent en des travaux de restauration associés à des projets liés aux matières premières et/ou aux

services menés avec les communautés agricoles. Il peut par exemple s'agir de valoriser les produits agroforestiers ligneux ou non ligneux, ou de rémunérer les services écosystémiques tels que la réduction des émissions. Les flux de capitaux étant actuellement insuffisants pour lancer des projets générateurs de revenus dans les zones de tourbières, il faut espérer que cette initiative pourra démontrer les possibilités de gains et renforcer la confiance des investisseurs, tout en ayant des effets bénéfiques sur les moyens de subsistance des communautés et la création d'emplois.

Un cadre institutionnel pour une action coordonnée

En agissant maintenant dans le cadre des différents accords mondiaux, il est possible d'accomplir de grands progrès. De fait, les tourbières doivent être considérées comme des moyens à notre portée pour atteindre les objectifs d'atténuation du changement climatique, d'adaptation à ses effets et de conservation de la biodiversité. Toutefois, pour obtenir des résultats coordonnés, ciblés et porteurs de changement, les politiques et les mécanismes de financement doivent être intégrés. Pour résumer, les tourbières doivent devenir une priorité collective depuis le sommet du cadre institutionnel jusqu'à sa base.

Si l'existence de plans régionaux et nationaux est essentielle, la réussite à l'échelle planétaire passe par une action et des approches mondiales émanant du cadre institutionnel et mises

en œuvre sur le terrain. La Convention de Ramsar fournit des conseils techniques qui peuvent être mis en application par de nombreux pays, notamment en développement.

Conseils et recherche

Afin de garantir la qualité des conseils prodigués et de la prise de décisions, il est nécessaire de mener des travaux de recherche portant sur les zones d'intervention. Le présent rapport a abordé l'importance des tourbières sous plusieurs angles et justifié l'urgence de conserver intactes les tourbières existantes, à la fois pour la planète et pour les personnes qui en dépendent. La réalisation des ODD passe impérativement par la compréhension de l'importance des écosystèmes de tourbières et de leur rôle nécessaire pour façonner un avenir placé sous le signe de la durabilité. L'échange de connaissances sur les tourbières et leur importance doit amener à en ralentir la destruction, à les restaurer, à les conserver et à les gérer de manière durable.

Cette prise de conscience et cette compréhension nouvelles doivent déboucher sur une amélioration de la planification de l'utilisation des terres, de la prise de décisions et de la gestion des activités humaines sous toutes leurs formes. Si l'Europe a perdu un pourcentage élevé de ses tourbières, la sensibilisation au maintien de celles qui perdurent progresse. Des pays comme la République démocratique du Congo, la République du Congo et le Pérou, qui ont conservé intacte une grande partie de leurs tourbières, pourraient devenir les pionniers d'une approche éclairée et respectueuse du climat visant à maintenir les tourbières intactes et la biodiversité en vie, ainsi qu'à garder le carbone qu'elles contiennent dans le sol. À cette fin, il conviendrait dans un premier temps de poursuivre les travaux de recherche et l'élaboration de technologies et d'approches ainsi que de partager les bonnes pratiques fondées sur des données factuelles et le savoir traditionnel. Cette démarche s'appuierait sur les connaissances existantes et en comblerait les lacunes afin d'affiner et d'améliorer au fil du temps la conservation, la gestion et l'utilisation durable des tourbières.

Défis posés par la cartographie

Il n'existe aucune carte mondiale complète et précise des tourbières, des sols organiques ou du carbone organique du sol. La nature et l'utilisation des tourbières présentent des différences importantes qui empêchent d'extrapoler les résultats et requièrent une cartographie haute résolution. Dans les régions tropicales, de très vastes tourbières restent à (re)découvrir et leur nature à confirmer (Dargie *et al.*, 2017), car l'accent mis jusqu'à présent sur les tourbières boisées des plaines masque la diversité et l'étendue des tourbières de haute altitude.

Le modèle existant de système expert de cartographie des terres humides et tourbières tropicales est une carte

précise et haute résolution établie par télédétection faisant apparaître les zones longtemps gorgées d'eau des plaines tropicales, dont la présence est considérée comme un indicateur de l'existence possible de tourbières (SWAMP, 2016 ; Gumbricht *et al.*, 2017). Mais le fait que cette base de données couvre mal les tourbières d'altitude et semble surestimer l'étendue des tourbières dans les régions où elles sont étroitement liées à d'autres zones humides nécessite de recueillir davantage d'informations sur le terrain aux fins de vérification et de validation.

Les études supplémentaires requises en Amérique du Sud pourraient révéler que ce continent est le plus riche en tourbières de l'hémisphère sud (Gumbricht *et al.*, 2017). L'existence de nombreuses petites tourbières est avérée ou probable dans les plaines de l'Amazonie occidentale, le Pantanal, les zones humides du Chaco et du Parana, les régions côtières des Guyanes et du Venezuela ainsi que le long de la côte atlantique du Brésil, alors que le sud du Chili et de l'Argentine abritent des tourbières étendues (p. ex., Terre de Feu et Patagonie).

Pendant des décennies, nombre de tourbières côtières d'Asie tropicale ont été déboisées et drainées ; elles doivent encore être identifiées et cartographiées (p. ex., au Bangladesh, au Myanmar, au Vietnam et au Cambodge). Il n'existe également aucune certitude quant à la superficie réelle des tourbières et des sols organiques de Papouasie-Nouvelle-Guinée (qui possède la septième plus vaste étendue de tourbières au monde).

De plus, le grand nombre de petites tourbières disséminées le long des côtes, des plaines inondables et des berges lacustres dans les régions tropicales, notamment en Afrique subsaharienne, complique considérablement le travail de cartographie.

Dans les pays de l'Union européenne, la situation est différente. L'estimation des ressources en tourbe actuelles repose sur les données fournies par le Système européen d'information sur les sols géré par le Centre commun de recherche (CCR). Celles-ci sont recueillies par les pays participants et harmonisées au sein du Centre européen de données sur les sols hébergé par le CCR (Montanarella *et al.*, 2006). Une carte détaillée des tourbières européennes a été récemment publiée par Tannerberger *et al.* (2017).

L'imagerie satellite a récemment pris de l'importance en raison de l'intérêt accru pour les tourbières et les sols organiques dans le cadre des négociations internationales sur le changement climatique et des discussions connexes sur l'utilisation des terres, le changement d'affectation des terres et la foresterie. En dépit du développement rapide de la télédétection, il reste encore plusieurs obstacles à surmonter avant de parvenir à une cartographie précise des tourbières. Il convient également de collectionner différents profils géoréférencés fiables de ces sols afin d'obtenir des données

Répartition des tourbières en Europe

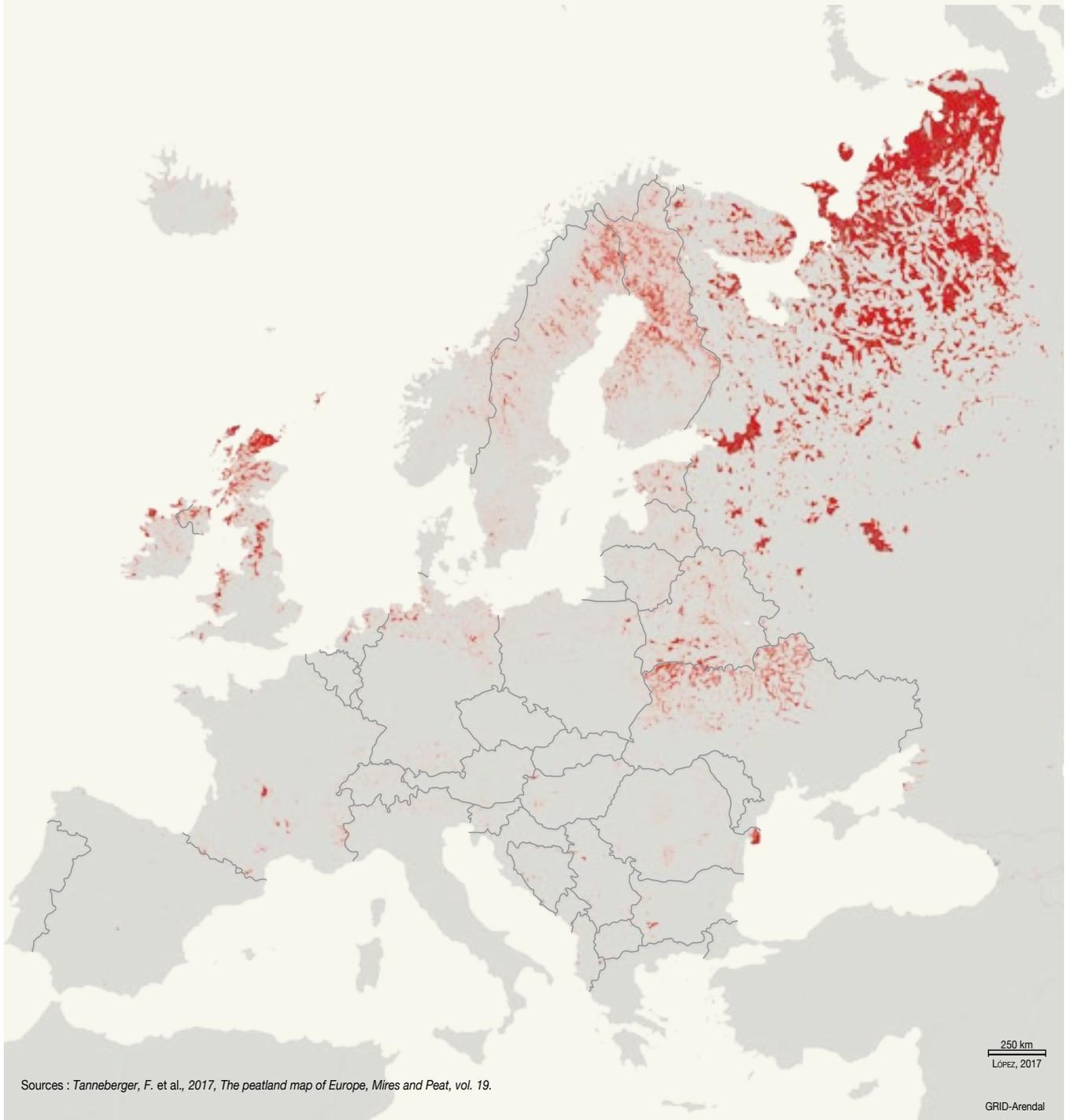


Figure 17. Répartition des tourbières en Europe

de terrain suffisantes pour l'étalonnage et la validation de la cartographie par télédétection et des approches de modélisation. Le libre accès à davantage d'images satellite haute résolution aidera à relever ces défis.

Il est également possible d'intégrer d'anciennes cartes et données fragmentées sur les tourbières afin de préparer des cartes recensant les possibles tourbières, qui serviraient de point départ à l'établissement d'inventaires nationaux (Barthelmes *et al.*, 2016). La sensibilisation et l'échange de connaissances pourront inciter davantage de pays à procéder à un tel recensement. Parallèlement, les techniques visant à encourager l'innovation, à l'instar du concours « Indonesian Peat Prize », pourraient déboucher sur des technologies et des méthodologies de cartographie des tourbières nouvelles et améliorées.

Besoins en matière de recherche

S'il est possible aujourd'hui d'améliorer la conservation des tourbières, le présent rapport a attiré l'attention sur plusieurs lacunes dans la recherche qu'il convient de combler afin d'accélérer ce processus. Ces lacunes peuvent être classées en cinq catégories principales de besoins à satisfaire pour que les interventions relatives aux tourbières répondent à l'appel à l'action pour le climat lancé par le Secrétaire général des Nations Unies. Ces besoins différeront selon les pays :

1. Meilleure connaissance de l'état et de l'étendue des tourbières dans le monde – ces informations sont nécessaires pour mieux éclairer la gestion des tourbières afin que celles-ci contribuent à l'atténuation du changement climatique et fournissent des services écosystémiques.
2. Meilleure connaissance du rôle des tourbières dans les flux de gaz à effet de serre – séquestration et émissions.



3. Meilleure connaissance des coûts et des avantages que présente la restauration des services écosystémiques des tourbières ainsi que des coûts d'opportunité d'une approche « attentiste » ou « maintien du *statu quo* ».
4. Suivi de l'état des tourbières et recherche relative aux techniques de restauration adaptées à différents types et lieux, en reconnaissant l'importance de l'échange de connaissances.
5. Méthodologies cohérentes de recherche sur les tourbières afin d'améliorer l'évaluation et la comparaison des études publiées.

L'Initiative mondiale pour les tourbières vise à mettre en place un réseau indispensable au sein duquel les universitaires, les praticiens et les décideurs collaborent à l'identification des besoins en matière de recherche et à l'élaboration de solutions. La consolidation de ce réseau garantira la pertinence des travaux menés et l'intégration rapide de leurs résultats dans des mesures pratiques. Cette structure



permettra également l'échange de connaissances et le partage des bonnes pratiques afin d'éclairer les interventions futures en matière de restauration, d'utilisation durable et de conservation des tourbières.



Exemple de l'Écosse – Faire changer les choses

La sphaigne se souvient. Elle se souvient de chaque alouette ayant atterri en douceur à sa surface et de la légèreté du poids ressenti sur chacune de ses brindilles. Elle anticipe l'appétit des moutons qui broutent sur ces terres incultes lorsque la rare brume de chaleur estivale fait croustiller la bruyère.

(Murray, 2013)

Les tourbières couvrent une grande partie du territoire écossais, au total environ 20 % ou 20 000 km², soit une superficie quasiment égale à celle du Pays de Galles. La plupart d'entre elles se situent dans les hautes terres relativement isolées du nord et de l'ouest, mais on en trouve également près de nombreux villages, bourgades et villes de la région.

La tourbe en tant que ressource

Pendant de nombreux siècles, la tourbe a constitué une ressource principale de l'Écosse. Depuis des temps anciens, les « crofters », de petits agriculteurs généralement locataires de leur exploitation moyennant un loyer de base (un système social unique, propre essentiellement aux Highlands et aux îles écossaises), utilisent la tourbe comme source d'énergie. Son extraction des bancs de tourbe alloués à ces exploitants est une tâche pénible, pratiquée en général pour la consommation personnelle et donc à petite échelle.

L'extraction de la tourbe se poursuit aujourd'hui dans le cadre de la fabrication des whiskys single malt qui ont fait la réputation de l'Écosse. Leur goût « tourbé » caractéristique provient du séchage sur des feux de tourbe de l'orge maltée utilisée pour la distillation et son intensité dépend de la durée d'exposition de l'orge à la fumée de tourbe. L'augmentation de la demande pour ce goût fumé a entraîné une hausse de la production et de la distribution et, par voie de conséquence, de la demande de tourbe.

Depuis les années 1960, l'industrie horticole britannique a fait de la tourbe son substrat de culture privilégié, ce qui a entraîné son extraction industrielle dans plusieurs régions d'Écosse. Ces dernières années, l'Irlande et les États baltes fournissent eux aussi de la tourbe à ce secteur. Cette concurrence a entraîné un déclin de la demande en Écosse. L'extraction se poursuit néanmoins toujours dans certaines régions.



Faire changer les choses

Outre l'extraction, diverses pratiques historiques de gestion des terres, notamment le drainage aux fins de création de pâturages, l'afforestation, la mise en place de parcs d'éoliens et le brûlage des landes, ont aggravé les dommages subis par de vastes superficies de tourbières écossaises. Les conséquences néfastes de la pollution et des incendies ont également provoqué la disparition d'une végétation essentielle à la formation de tourbe et provoqué l'érosion des tourbières (Van der Waal *et al.*, 2011). Selon certaines estimations, les dommages plus ou moins importants subis par 70 % de la couverture tourbeuse de l'Écosse et 90 % des tourbières hautes contribuent au changement climatique, à la baisse de qualité de l'eau potable et à la perte d'habitat pour des espèces rares, dont le tétras-lyre.

Afin d'inverser la tendance et de rendre aux paysages de tourbières caractéristiques de l'Écosse leur rôle d'écosystèmes fonctionnels, le gouvernement écossais a décidé d'agir. En 2015, l'organisme public Scottish Natural Heritage (SNH) a publié son plan national pour les tourbières et défini un objectif consistant à rétablir le bon équilibre de ces zones humides grâce à une gestion continue visant à conserver et à préserver les multiples services écosystémiques qu'ils fournissent. Le plan national sur le changement climatique (actuellement à l'état de projet), qui décrit les mesures que le pays a l'intention de prendre pour atteindre ses objectifs de réduction d'émissions de gaz à effet de serre durant la période 2017-2032, contribue à cette vision. Ce document prévoit, entre autres, la restauration de 2 500 km² de tourbières d'ici à 2032 (un objectif annuel de 200 km²).

En vue de parvenir à un changement radical dans la gestion des tourbières, le gouvernement écossais a mis en place le projet Peatland Action doté d'un fonds de 8 millions de livres sterling destiné à des opérations de restauration sur l'ensemble du territoire écossais en 2017-2018. Ce projet permet d'obtenir des conseils et favorise la collaboration avec les propriétaires fonciers privés et les communautés en vue d'identifier les terres à restaurer et de promouvoir les avantages que représentent des tourbières saines pour la faune, le tourisme, la pêche et le secteur de l'eau.

Plusieurs distilleries se sont également efforcées de réduire leur consommation de tourbe ces dernières années afin d'atténuer leur impact sur l'environnement. Leur démarche a débouché sur de nouvelles techniques innovantes d'utilisation plus efficace de la fumée et soutenu la restauration des tourbières dans les régions d'Écosse qui collaborent avec le SNH et les organisations environnementales caritatives. Parallèlement, le gouvernement britannique a introduit des objectifs volontaires de suppression progressive du recours à la tourbe dans l'horticulture afin de mettre un terme à son extraction commerciale au Royaume-Uni. Il a en outre décidé de ne plus importer la tourbe depuis l'étranger, ce qui reviendrait à déplacer le problème ailleurs. Enfin, l'extraction de tourbe à usage de combustible s'est raréfiée avec la hausse du niveau de vie, même si certaines régions du nord du pays maintiennent cette tradition.

Grâce à la collaboration avec les communautés et les entreprises locales, le gouvernement écossais a déjà pu restaurer 100 km² de tourbières (dont de vastes zones situées sur des terres

privées) dans le cadre de son programme Peatland Action, et plusieurs nouveaux projets ont été signés pour l'année à venir.

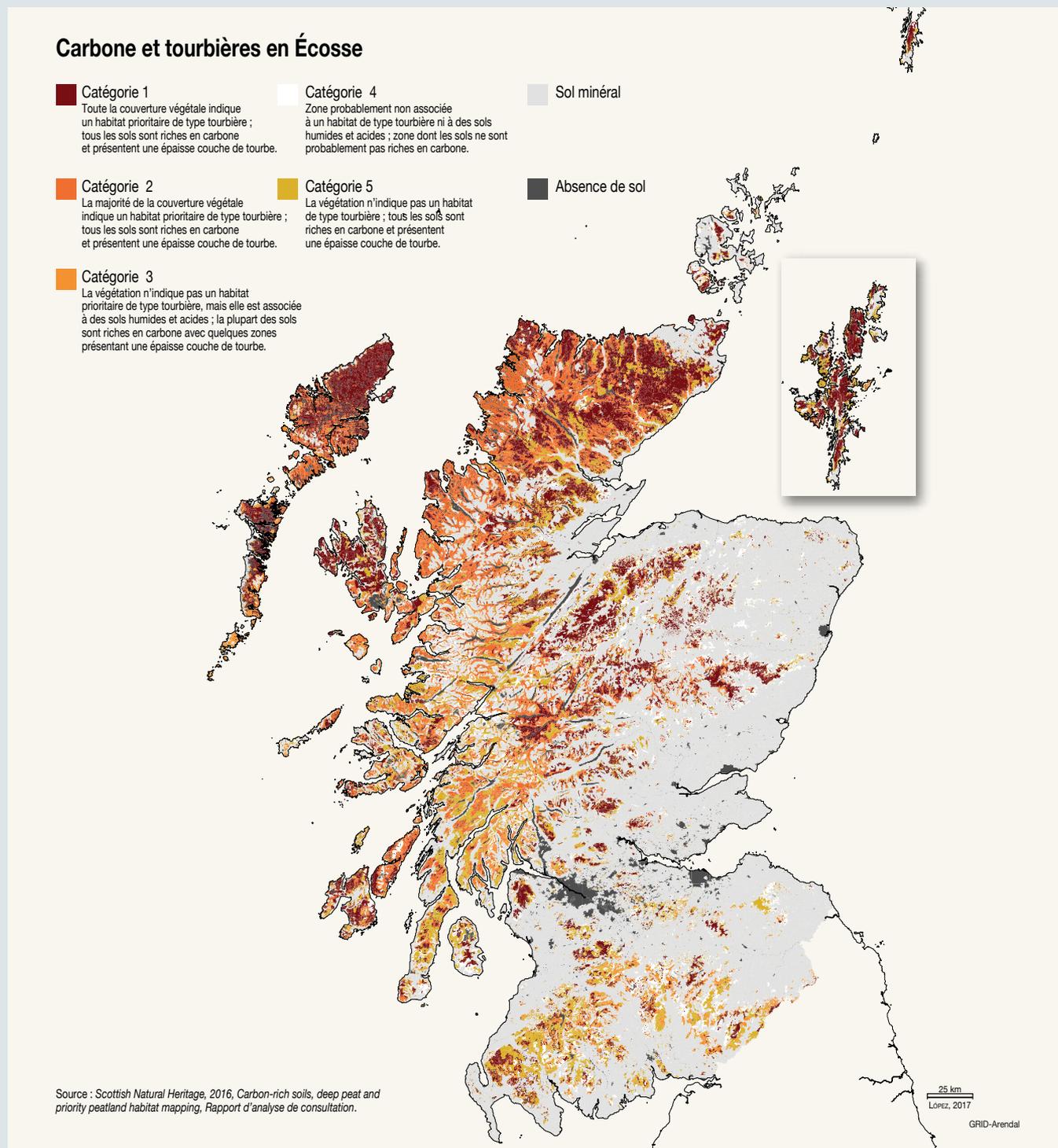


Figure 18. Répartition des tourbières et du carbone en Écosse

Exemple du Pérou – Importance des tourbières pour les populations d'Amazonie

Le Pérou abrite une proportion importante des tourbières du monde entier, qui sont principalement situées dans le bassin de l'Amazonie et les Andes (CIFOR, 2014). Les tourbières péruviennes jouent « un rôle écologique, économique et social majeur » et s'inscrivent dans de vastes écosystèmes humides comprenant parfois également des marais, des lacs, des cours d'eau et des plaines alluviales (CIFOR, 2014).

Les Andes péruviennes sont parsemées de tourbières appelées « bofedales » qui se sont formées à 3 000 mètres au-dessus du niveau de la mer (Maldonado-Fonkén, 2010). Il en a été identifié plusieurs types dans au moins six régions du pays (CIFOR, 2014). De taille relativement modeste, elles couvraient environ 5 500 km², soit environ 0,4 % de la superficie du Pérou (MINAM, 2012). Les bofedales, dont la couche de tourbe peut atteindre sept mètres d'épaisseur, présentent une teneur élevée en carbone organique (Maldonado Fonkén, 2014).

Leur végétation s'est adaptée à leur utilisation intensive. Les tourbières encore intactes se caractérisent par leur grande biodiversité et abritent des espèces menacées telles que le grèbe de Tacznanski (*Podiceps taczanowskii*). La faune locale y trouve de l'eau, un abri, de la nourriture et des sites de nidification (Maldonado Fonkén, 2010).

L'intensification des systèmes de gestion traditionnels a néanmoins dégradé les tourbières péruviennes. Ces dernières années, les évaluations menées par plusieurs initiatives nationales et internationales ont permis de mieux connaître leur étendue, leur épaisseur et leur importance pour garantir les moyens de subsistance des populations. Ces efforts devraient, on l'espère, conduire à une planification et des autorisations d'utilisation des terres davantage axées sur la durabilité, et améliorer la gestion globale des tourbières.

Les fruits des tourbières

L'Institut de recherche de l'Amazonie péruvienne (IIAP) estime qu'environ 5 000 familles dépendent des fruits de l'aguaje et d'autres palmiers tels que l'ungurahui, le huasai et le murumuru, qui poussent dans les tourbières de cette région. Caractérisé par une teneur élevée en vitamines A et E, le fruit de l'aguaje se consomme cru ou entre dans la fabrication de produits cosmétiques ainsi que la production de jus et de nectars sous forme d'extraits (huile et pulpe). Les tourbières de cette région comprennent des écosystèmes aquatiques dont la faune halieutique très diversifiée assure la sécurité alimentaire locale et constitue la principale source de revenus des communautés autochtones.



Zones humides du Pérou

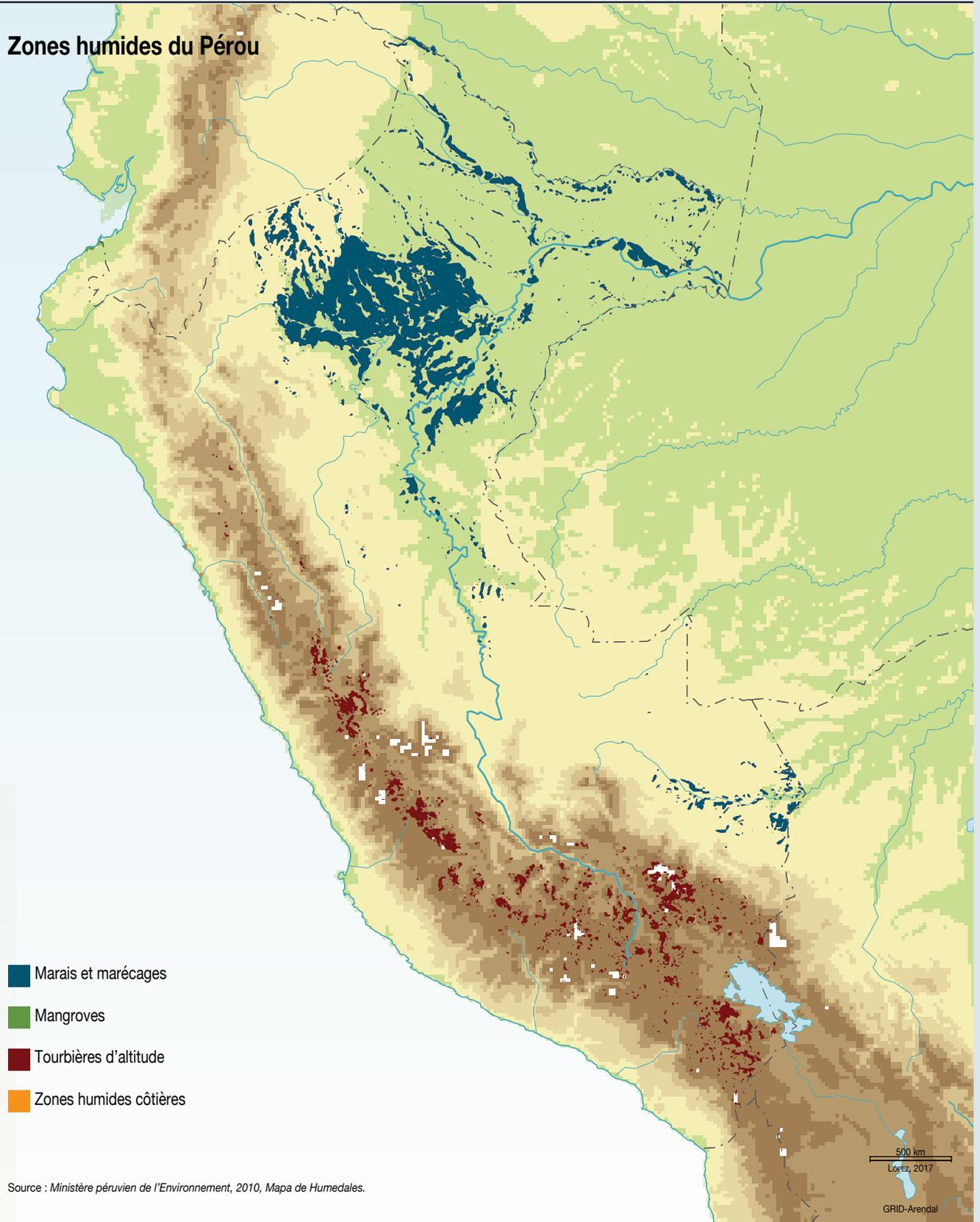


Figure 19. Zones humides du Pérou



Avant la conquête espagnole, la plupart des tourbières d'altitude étaient gérées par les populations locales qui y faisaient paître leur bétail et s'y approvisionnaient en eau. Depuis lors, elles sont devenues des paysages culturels. À vrai dire, il est prouvé que les bofedales ont joué un rôle dans le choix de l'emplacement des implantations humaines lors du peuplement de la région il y a 5 000 ans. Certains pensent également que la pratique locale d'irrigation des pâturages a pu contribuer à la formation de certains d'entre eux. Les populations locales, qui gèrent les systèmes aquatiques des bofedales et les fertilisent dans le cadre de leurs méthodes d'élevage (Verzijl et Guerrero, 2013), clôturent les pâturages et assurent leur rotation (Maldonado Fonkén, 2014). Les tourbières andines servent également à la culture d'aliments destinés à nourrir des espèces animales endémiques telles que les alpagas et les lamas ainsi que les chevaux, les bovins et les moutons (Maldonado Fonkén, 2010).

Menaces et solutions

Les tourbières amazoniennes du Pérou, bien que presque intactes, sont exposées à de multiples menaces comme « la dégradation due à l'abattage à grande échelle des aguajes pour en cueillir les fruits, l'exploitation forestière illégale et l'expansion des plantations de palmiers à huile » (Fonds vert pour le climat, 2016 et Gimore, Endress et Horn, 2012), ainsi que la pratique du drainage en riziculture, l'industrie minière et l'expansion des infrastructures. La diminution de la couverture boisée expose la tourbe et accroît l'évaporation de surface, ce qui entraîne une augmentation non documentée des émissions de gaz à effet de serre.

Compte tenu de l'importance des tourbières du Pérou pour garantir les moyens de subsistance locaux et l'atténuation des changements climatiques, le besoin d'agir pour les protéger est manifeste. Des actions de protection des zones humides du pays ont certes été menées, mais les tourbières n'ont pas encore bénéficié de la même attention. La stratégie de conservation des zones humides publiée en 2015 mentionne les tourbières andines mais pas celles de l'Amazonie. Ledit document (Estrategia Nacional para la Conservación de Humedales en el Perú) a débouché sur la création d'un comité national chargé d'en suivre la mise en œuvre ainsi que sur l'élaboration de la Convention de Ramsar (Gouvernement du Pérou, 2013). Le Comité national a pour tâche d'assurer le suivi global des zones humides conformément aux dispositions de la Convention de Ramsar, mais ne surveille pas spécifiquement les tourbières. De plus, non seulement la stratégie nationale sur les forêts et le changement climatique (publiée en 2016) ne mentionne pas les tourbières, mais elle encourage le drainage des zones humides. Les tourbières ne sont pas non plus énoncées dans la stratégie nationale sur le changement climatique publiée en 2015.

Il existe néanmoins plusieurs moyens de maintenir les tourbières du pays. La législation péruvienne définit les bofedales comme des écosystèmes fragiles (Maldonado Fonkén, 2014) et recommande que les réglementations en matière de zonage écologique et économique en préconisent la conservation ou les protègent de l'exploitation minière et du développement des infrastructures. En Amazonie, l'IIAP a appelé à mieux protéger les tourbières des plaines en raison de leur capacité à stocker de grandes quantités de carbone. L'extension de la réserve nationale Pacaya-Samiria, par exemple, pourrait constituer une mesure en ce sens.

Le Fonds vert pour le climat de la CCNUCC, qui a pour mission d'aider les pays en développement à atteindre les objectifs d'adaptation au changement climatique et d'atténuation de leurs effets et qui a déjà financé des projets dans le pays, constitue une autre possibilité. Ainsi, en 2016, le Fonds péruvien d'affectation spéciale pour les parcs nationaux et les zones protégées a bénéficié de 9 millions de dollars US en vue du financement d'un projet quinquennal « visant à confier aux communautés autochtones de la province septentrionale de Datem del Marañón la responsabilité de gérer leurs ressources situées dans des zones humides sans libérer le volume important de gaz à effet de serre stockés dans les tourbières de la région ». Ce projet place « les communautés autochtones en première ligne des réformes d'utilisation durable des terres visant à faire face au changement climatique » et devrait permettre d'éviter l'émission de 2,6 millions de tonnes d'équivalent CO₂ (Fonds vert pour le climat, 2016).

Le Fonds d'affectation spéciale appuie les activités autochtones de « biocommerce » telles que la production de poisson salé et de viande séchée, l'extraction de la pulpe des aguajes et la récolte de la résine des dragonniers, utilisée dans la fabrication d'anti-inflammatoires (Fonds vert pour le climat, 2016).

Recommandations

En dépit des aléas de la politique internationale et du retrait des États-Unis de l'Accord de Paris sur le climat, des engagements sont en train d'être pris en vue de protéger les tourbières du monde entier et des actions sont en cours. Par exemple, le fait que l'Indonésie ait montré la voie en s'engageant l'année dernière à restaurer une proportion importante de ses tourbières a constitué une excellente nouvelle. Cette décision devrait contribuer à réduire ses émissions de gaz à effet de serre et à diminuer le nombre d'incendies de grande ampleur qui frappent le pays depuis quelques années. Parallèlement, la découverte récente de l'existence de vastes tourbières dans le bassin du Congo et au Pérou souligne l'importance de repérer, cartographier et préserver ces zones.

En dépit de leur présence dans 180 pays, les tourbières ne constituent pas une préoccupation de premier plan pour les décideurs. Pourtant, elles le devraient. En outre, compte tenu des énormes quantités de carbone qu'elles stockent, elles méritent d'être hissées au rang des priorités du programme relatif au changement climatique. Depuis de nombreuses années, des scientifiques insistent sur la nécessité de les préserver afin d'empêcher la libération de milliards de tonnes supplémentaires de gaz à effet de serre dans l'atmosphère et d'arrêter de faire grimper le niveau des émissions, mais leur combat ne rencontre que peu d'échos.

Pourtant, l'importance des tourbières ne tient pas uniquement à leur contribution à la réduction des effets du changement climatique. Elles constituent des composantes essentielles d'écosystèmes complexes dont dépend un large éventail de flore et de faune, souvent fragile, dont dépend à son tour le bien-être économique, social et culturel des populations.

Le message véhiculé par la présente évaluation en vue d'une intervention rapide est simple : nous devons protéger les tourbières où qu'elles se trouvent et apprendre à les utiliser de manière durable avant que nos actions (construction de routes pour le transport du pétrole et du gaz et exploration minière, foresterie, drainage et autres utilisations non durables) leur soient nuisibles.

Les recommandations suivantes ont pour objectif de sensibiliser à l'importance cruciale des tourbières. Il s'agit de priorités à prendre en compte sans attendre pour préserver les tourbières, conserver la biodiversité et lutter contre le changement climatique. Ces recommandations sont de deux sortes : immédiates et à long terme. Toutes sont essentielles.

Recommandation 1 : Les politiques doivent transmettre un message clair en faveur de la protection et de la conservation des tourbières au nom de leurs multiples services écosystémiques, et établir un lien entre les différentes actions entreprises pour atteindre les objectifs fixés en matière de changement climatique, de biodiversité, d'eau, de patrimoine et de développement. Plus précisément, il est recommandé ce qui suit :

- Les politiques prévoient la planification stratégique requise pour protéger les tourbières des activités susceptibles de leur être nuisibles.
- La coordination et la coopération entre les différents secteurs gouvernementaux doivent devenir une priorité afin de protéger les avantages fournis par les écosystèmes plutôt que de maximiser la prestation de services individuels.

Recommandation 2 : Il faut agir dès maintenant afin de conserver les tourbières intactes, de garder le carbone dans le sol et d'améliorer rapidement la protection, l'utilisation durable et la restauration de ces espaces.

- Il convient de préserver les tourbières naturelles de la dégradation. Cela implique notamment de limiter les nouvelles activités agricoles, exploratoires et industrielles qui menacent leur viabilité à long terme. Les pays abritant des tourbières devraient élaborer des politiques d'utilisation des terres qui favorisent leur conservation et leur protection, et préviennent leur assèchement. Il convient de créer des zones protégées et des sites Ramsar afin de préserver l'avenir des précieuses tourbières naturelles et de leurs services écosystémiques, avec la participation des communautés et des parties prenantes locales.
- Il importe de réhumidifier et de restaurer les zones dégradées des tourbières afin de conserver la biodiversité, de réduire les émissions de gaz à effet de serre et de recharger les ressources en eau douce. Les pays industrialisés doivent donner l'exemple sur leur territoire et aider les pays en développement à protéger et à restaurer leurs tourbières grâce à la réhumidification, en recourant par exemple à des mécanismes de marché renforçant les critères de durabilité des marchandises importées produites dans des tourbières.
- Les tourbières dans lesquelles des activités économiques sont menées doivent être gérées de manière durable et judicieuse sur le plan climatique, c'est-à-dire de façon à ce qu'elles ne s'assèchent pas. Il est possible de gérer les écosystèmes de tourbières de manière à en tirer des avantages en matière de régulation des eaux et du climat et d'écotourisme. La paludiculture constitue un autre exemple de gestion responsable ; elle permet de fournir des moyens de subsistance durables et de créer des chaînes de production en aval.
- Lorsqu'il est impossible de procéder à une réhumidification totale, il convient d'adopter des pratiques de gestion adaptatives.
- Il importe de résoudre les problèmes sociaux, tels que le droit des communautés locales à l'utilisation des ressources naturelles, et de maintenir les usages traditionnels.

- Dialogue ouvert, consentement préalable, négociation équitable et légitimité sociale – depuis le niveau local jusqu’au niveau national – sont les conditions nécessaires à la mise en œuvre d’une quelconque stratégie climatique responsable. Il convient d’aider les communautés à utiliser les tourbières de manière durable et à élaborer des méthodes autres que des pratiques destructrices.

À long terme,

- les politiques prévoient la planification stratégique requise pour protéger les tourbières des activités susceptibles de leur être nuisibles ;
- les « mesures incitatives perverses » qui conduisent à les endommager doivent être éliminées, et
- la coordination et la coopération entre les différents secteurs gouvernementaux doivent devenir une priorité afin de protéger les avantages fournis par les écosystèmes plutôt que de maximiser la prestation de services individuels.

Recommandation 3 : Les dispositions budgétaires nécessaires doivent être mises en place afin d’appuyer de nouveaux travaux de recherche, de financer les mesures de conservation et de gestion, de décourager les activités néfastes et d’assurer la restauration et la bonne gestion future des tourbières. Elles doivent prévoir l’octroi d’une aide aux gouvernements qui ne sont pas en mesure de financer les activités de grande ampleur notamment menées dans le domaine de la recherche et de la restauration. En pareil cas, la participation du secteur privé s’impose.

Recommandation 4 : Il convient de recourir à des mécanismes internationaux, tels que le cadre des contributions déterminées au niveau national, le programme REDD+ et les mesures d’atténuation appropriées au niveau national adoptées au titre de la CCNUCC, pour distribuer les fonds alloués à l’élaboration et à la gestion de politiques responsables en faveur des tourbières. Déterminer les stocks de carbone piégé dans les tourbières boisées dans le cadre du programme REDD+ pourrait favoriser une protection à long terme de ces espaces.

Recommandation 5 : Il convient de mettre sur pied un cadre institutionnel axé sur une action coordonnée afin de garantir l’adoption de bonnes pratiques de gestion des tourbières dans le monde entier. L’une de ses composantes serait la participation des communautés locales à l’élaboration et à la mise en œuvre de plans de gestion durable.

Recommandation 6 : Comblant le manque de recherche et de connaissances mis en avant dans le présent rapport permettra une gestion et une protection améliorées, notamment si l’on s’efforce de :

- mieux connaître l’état et l’étendue des tourbières à travers le monde afin de mieux les gérer pour qu’elles contribuent à l’atténuation du changement climatique et fournissent des services écosystémiques ;
- mieux comprendre la contribution des tourbières aux flux de gaz à effet de serre ;
- mieux apprécier les coûts et les avantages de la restauration des services écosystémiques des tourbières ainsi que les coûts d’opportunité d’une approche « attentiste » ou « maintien du *statu quo* » ;
- suivre et étudier des techniques de restauration adaptées à différents types de tourbières et lieux, en reconnaissant l’importance de l’échange de connaissances ;
- recourir à des méthodologies cohérentes de recherche sur les tourbières afin d’améliorer l’évaluation et la comparaison des études publiées ;
- mettre à la disposition des communautés, des entreprises et des pouvoirs publics une plateforme permettant l’échange des enseignements tirés de la mise en place d’autres solutions durables de réhumidification des tourbières du monde entier.

Recommandation 7 : Afin que les nouvelles politiques de planification de l’affectation des terres et les nouvelles solutions en matière de gestion soient efficaces et profitent à tous, les pouvoirs publics, le secteur industriel et d’autres parties prenantes doivent investir dans la sensibilisation à l’importance des tourbières aux niveaux international, national et régional.

Recommandation 8 : Il convient de s’assurer que les conditions de mise en œuvre d’une quelconque stratégie climatique responsable (dialogue ouvert, négociation équitable et légitimité sociale – depuis le niveau local jusqu’au niveau national) sont réunies. La nourriture, l’eau et les moyens de subsistance de millions de personnes dépendent des tourbières ou des terres issues de leur conversion. Il convient d’aider les communautés qui utilisent les tourbières à les gérer de manière durable et à élaborer d’autres moyens de subsistance afin de mettre un terme aux pratiques destructrices.

Glossaire

CCNUCC	Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques.
Paludification	Accumulation de tourbe commençant directement sur un sol minéral antérieurement sec.
Paludiculture	Culture de biomasse dans des tourbières humides et réhumidifiées de manière à préserver à long terme le stock de tourbe.
REDD+	Mécanisme de la CCNUCC visant à réduire les émissions liées à la déforestation et à la dégradation des forêts grâce à la conservation et à la gestion durable des forêts et au renforcement des stocks de carbone forestier dans les pays en développement.
Sol sulfaté acide	Sol contenant des minéraux sulfurés qui se forment naturellement dans les zones gorgées d'eau. En cas de drainage ou d'exposition à l'air en raison d'une baisse de la nappe phréatique, les sulfures s'oxydent, se transforment en acide sulfurique et rendent les sols extrêmement acides et stériles.
Terrestrialisation	Accumulation de sédiments et de tourbe en eaux libres.
Tourbe	Substance composée principalement de résidus végétaux partiellement décomposés (plantes vasculaires ou mousses).
Tourbière	Terrain recouvert de tourbe.
Tourbière active	Tourbière dans laquelle se poursuivent une formation et une accumulation actives de tourbe.
Tourbière minérotrophe	Tourbière alimentée par une eau provenant uniquement des précipitations.
Tourbière ombotrophe	Tourbière alimentée par une eau qui a été en contact avec un sol minéral ou la roche-mère.
UTCATF	Utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie, secteur de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques.

Bibliographie

- Abel, S., Haberl, A. et Joosten, H., 2011, A decision support system for degraded abandoned peatlands illustrated by reference to peatlands of the Russian Federation, Michael Succow Foundation for Protection of Nature, Greifswald, p. 52 (en russe et en anglais). Disponible à l'adresse http://www.succow-stiftung.de/tl_files/pdfs_downloads/Buecher%20und%20Broschueren_percent20und_percent20Broschueren/DSS-Brochure.pdf (document consulté le 28 septembre 2017).
- Adams, C., Rodrigues, S. T., Calmon, M., Kumar, C., 2016, Impacts of large-scale forest restoration on socioeconomic status and local livelihoods: what we know and do not know, *Biotropica*, n° 48, p. 731-744.
- Agus, F., Hairiah, K. et Mulyani, A., 2011, Measuring carbon stock in peat soils: practical guidelines, Bogor, Indonésie : Programme régional pour l'Asie du Sud-Est du Centre mondial d'agroforesterie, Centre indonésien de recherche et développement en ressources des agricoles, p. 60. Disponible à l'adresse <http://www.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/MN17335.PDF> (document consulté le 28 septembre 2017).
- Alfredi, H., 2017, Remarques du vice-directeur de district de Siak à l'occasion d'une visite de terrain lors de la deuxième réunion des partenaires de l'Initiative mondiale pour les tourbières, Siak Sri Indrapura, 16 mai 2017.
- Ancrenaz, M., Gumal, M., Marshall, A., Meijaard, E., Wich, S.A., Husson, S., 2016, Pongo pygmaeus. Disponible à l'adresse <http://www.iucnredlist.org/details/17975/0> (document consulté le 26 mai 2017).
- Anderson, J. A. R., 1983, The tropical peat swamps of western Malesia. In : Gore, AJP. (dir.), *Ecosystems of the World 4B: Mires, swamp, bog, fen and moor*, Elsevier, Amsterdam, p. 181-199.
- Asner, G. P., Martin, R. E., Knapp, D. E., Tupayachi, R., Anderson, C. B., Sinca, F., Vaughn, N. R. et Lactayo, W., 2017, Airborne laser-guided imaging spectroscopy to map forest trait diversity and guide conservation, *Science*, n° 355, p. 385-389.
- Assemblée générale des Nations Unies, 2015, Transformer notre monde : le Programme de développement durable à l'horizon 2030, Résolution adoptée par l'Assemblée générale le 25 septembre 2015, 70^e session, A/RES/70/1. Disponible à l'adresse http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E (document consulté le 29 septembre 2017).
- Austin, K., Alisjahbana, A., Darusman, T., Boediono, R., Eko Budianto, B., Purba, C., Budi Indrarto, G., Pohnan, E., Putraditama, A., Stolle, F., 2014, Indonesia's Forest Moratorium : Impacts and next steps, document de travail. Disponible à l'adresse <http://www.wri.org/sites/default/files/indonesia-forest-moratorium-next-steps.pdf> (document consulté le 12 juin 2017).
- Bain, C. G., Bonn, A., Stoneman, R., Chapman, S., Coupar, A., Evans, M., Gearey, B., Howat, M., Joosten, H., Keenleyside, C., Labadz, J., Lindsay, R., Littlewood, N., Lunt, P., Miller, C. J., Moxey, A., Orr, H., Reed, M., Smith, P., Swales, V., Thompson, D. B. A., Thompson, P. S., Van de Noort, R., Wilson, J. D., et Worrall, F., 2011, Commission d'enquête britannique de l'IUCN sur les tourbières, Programme Tourbières de l'IUCN au Royaume-Uni, Édimbourg. Disponible à l'adresse http://www.iucn-uk-peatlandprogramme.org/sites/www.iucn-uk-peatlandprogramme.org/files/IUCN%20UK%20Commission%20of%20Inquiry%20on%20Peatlands%20Full%20Report%20spv%20web_percent20UK_percent20Commission_percent20of_percent20Inquiry_percent20on_percent20Peatlands_percent20Full_percent20Report_percent20spv_percent20web_1.pdf (document consulté le 28 septembre 2017).
- Ballhorn, U., Jubanski, J. et Siegert, F., 2011, ICESat/GLAS data as a measurement tool for peatland topographie and peat swamp forest biomass in Kalimantan, Indonesia, *Remote Sensing*, n° 3, p. 1957-1982.
- Banque mondiale, 2015, Indonesia Economic Quarterly, décembre 2015. Disponible à l'adresse <http://www.worldbank.org/en/news/feature/2015/12/15/indonesia-economic-quarterly-december-2015>.
- Banque mondiale, 2017, Peatland Environment Accelerated Transformation Project, Project Information Document (PID). Disponible à l'adresse <http://documents.worldbank.org/curated/en/380421495161199210/pdf/SG-PRW-PID-CP-P162960-05-18-2017-1495161187260.pdf> (document consulté le 29 septembre 2017).
- Barr, C., Dermawan, A., Purnomo, H. et Komarudin, H., 2010, Financial governance and Indonesia's reforestation fund during the Soeharto and post-Soeharto periods, 1989-2009: A political economic analysis of lessons learned for REDD+, Centre pour la recherche forestière internationale (CIFOR), Bogor, Indonésie.
- Barthelmes, A., Ballhorn, U. et Couwenberg, J., 2015, Consulting Study 5: Practical guidance on locating and delineating peatlands and other organic soils in the tropics, The High Carbon Stock Science Study. Disponible à l'adresse <http://www.simedarby.com/sustainability/minimising-environmental-harm/high-carbon-stock/high-carbon-stock> (document consulté le 28 septembre 2017).
- Barthelmes, R., Barthelmes, A., Dommain, R. et Joosten, H., 2016, Location, extent and drainage status of peatlands and organic soils in East Africa, Congrès international sur la tourbe, 15-19 août, Sarawak, Malaisie.
- Barthelmes, A., Tegetmeyer, C. et Joosten, H., 2017, Distribution and degradation status of tropical peatland types, Colloque international sur le carbone organique du sol, Siège de la FAO, 21-23 mars, Rome, Italie. Disponible à l'adresse <https://de.slideshare.net/ExternalEvents/distribution-and-degradation-status-of-tropical-peatland-types> (document consulté le 28 septembre 2017).
- BBC, 2012, Salford Chat Moss peat extraction plans blocked by government, BBC News. Disponible à l'adresse <http://www.bbc.co.uk/news/uk-england-manchester-20268223> (document consulté le 3 août 2017).
- Betha, R., Pradani, M., Lestari, P., Joshi, U. M., Reid, J. S., Balasubramanian, R., 2012, Chemical speciation of trace metals emitted from Indonesian peat fires for health risk assessment, *Atmospheric Research*, n° 122, Elsevier B. V., p. 571-578. Disponible à l'adresse http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169809512001639?via%3Dihub_percent3Dihub and <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosres.2012.05.024> (document consulté le 28 septembre 2017).
- Blujdea, V., Abad Vinas, R. et Grassi, G., 2012, Current status on reporting organic soils in the EU's GHG inventory under UNFCCC and KP, Centre commun de recherche, Institut pour l'environnement et le développement durable, Commission européenne, Ispra, Italie. Présentation à l'occasion de la réunion d'experts de la FAO, Role of Peatlands and Organic Soils in Climate Change Mitigation, Rome, avril 2012.
- Boehm, H., Siegert, F., 2001, Ecological impact of the One Million Hectare Rice Project in Central Kalimantan, Indonesia, using Remote Sensing and GIS, article présenté lors de la 22^e Conférence asiatique sur la télédétection, 5 : 6. Disponible à l'adresse <http://www.crisp.nus.edu.sg/~acrs2001/pdf/126boehm.pdf> (document consulté le 28 septembre 2017).
- Boersma, C., 2015, « Land subsidence in peat areas », dossier, Delta Life. Accessible à l'adresse <https://www.deltares.nl/app/uploads/2015/02/Dossier-Subsidence-Delta-Life-3.pdf> and <https://www.deltares.nl/app/uploads/2015/02/Dossier-Subsidence-Delta-Life-3.pdf> (document consulté le 28 septembre 2017).

- Bord na Móna, 1985, Fuel Peat in Developing Countries, document technique de la Banque mondiale n° 41, Banque mondiale.
- Bouillenne, R., Moureau, J. et Deuse, P., 1955, Esquisse écologique des faciès forestiers et marécageux des bords du lac Tumba, Domaine de l'I. R. S. A. C., Mabali, Congo Belge, Académie royale des sciences coloniales.
- Branigan, K., Edwards, K., et Merrony, C., 2002, Bronze Age fuel: The oldest direct evidence for deep peat cutting and stack construction?, *Antiquity*, vol. 76, n° 293, p. 849-855. Disponible à l'adresse <https://www.cambridge.org/core/journals/antiquity/article/div-classtitlebronze-age-fuel-the-oldest-direct-evidence-for-deep-peat-cutting-and-stack-construction/div/6B30AE38262C12B5AA5BB6C5E49D28D6> (document consulté le 28 septembre 2017).
- Caldecott, J. et Miles, L., éditeurs, 2005, Atlas mondial des grands singes et de leur conservation, University of California Press, Berkeley, États-Unis.
- Centre de recherche forestière internationale (CIFOR), 2014, Project seeks to unlock the mysteries of Peru's peatlands, Forest News. Disponible à l'adresse <https://blog.cifor.org/21687/project-seeks-to-unlock-the-mysteries-of-perus-peatlands?fnl=en> (document consulté le 1^{er} août 2017).
- Centre de recherche forestière internationale (CIFOR), 2015, Clearing the smoke: the causes and consequences of Indonesia's fires, 30 octobre 2015. Disponible à l'adresse <http://blog.cifor.org/37016/clearing-the-smoke-the-causes-and-consequences-of-indonesias-fires?fnl=en> (document consulté le 18 octobre 2017).
- Charman, D. J., 2002, Peatlands and Environmental Change, J. Wiley, J., Chichester, West Sussex, Angleterre.
- Charman, D. J., et al., 2013, Geoscientific Instrumentation Methods and Data Systems Climate-related changes in peatland carbon accumulation during the last millennium, *Biogeosciences*, n° 10, p. 929-944. Disponible à l'adresse <http://eprints.whiterose.ac.uk/id/eprint/75926> (document consulté le 22 février 2017).
- Chimner, R. A., Ott, C. A., Perry, C. H., et Kolka, R. K., 2014, Developing and evaluating rapid field methods to estimate peat carbon, *Wetlands*, n° 34, p. 1241-1246.
- Chokkalingam, U., Suyanto, Permana, R. P., Kurniawan, I., Mannes, J., Darmawan, A., Khususyiah, N., Susanto, R. H., 2007, Community fire use, resource change, and livelihood impacts: The downward spiral in the wetlands of southern Sumatra, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, n° 12, p. 75-100.
- Clay, G. D., Shuttleworth, E. L. et Rothwell, J. J., 2016, « Smouldering peat fires in polluted landscapes – evidence for heavy metal mobilisation? », *Geophysical Research Abstracts*, vol. 18. Disponible à l'adresse <http://meetingorganizer.copernicus.org/egu2016/egu2016-7139.pdf> (document consulté le 28 septembre 2017).
- Comité pour l'Environnement, l'Alimentation et les Affaires rurales de la Chambre des communes, 2012, Natural Environment White Paper, The Stationery Office Limited, Londres. Disponible à l'adresse <https://publications.parliament.uk/pa/cm201213/cmselect/cmenvfru/492/492.pdf> (document consulté le 29 septembre 2017).
- Commission européenne, 2008, « Review of existing information on the interrelations between soil and climate change », Communautés européennes, 2008. Disponible à l'adresse http://ec.europa.eu/environment/archives/soil/pdf/climsoil_report_dec_2008.pdf (document consulté le 28 septembre 2017).
- Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), 2017, Time series, Annex I – GHG Total with LULUCF. Disponible à l'adresse http://di.unfccc.int/time_series (document consulté le 2 août 2017).
- Dargie, G. C., Lewis, S. L., Lawson, I. T., Mitchard, E. T. A., Page, S. E., Bocko, Y. E. et Ifo, S. A., 2017, « Age, extent and carbon storage of the central Congo Basin peatland complex », *Nature*, n° 542, p. 86-90. Disponible à l'adresse <http://www.nature.com/doi/10.1038/nature21048> (document consulté le 12 janvier 2017).
- Davies, G. M., Gray, A., Rein, G. et Legg, C. J., 2013, « Peat consumption and carbon loss due to smouldering wildfire in a temperate peatland », *Forest Ecology and Management*, n° 308, p. 169-177.
- Dommain, R., Barthelmes, A., Tanneberger, F., Bonn, A., Bain, C. et Joosten, H., 2012, 5, « Country-wise opportunities », In : FAO et Wetlands International, Joosten, H., Tapio-Biström, M.-L. et Tol, S., éd., « Peatlands – guidance for climate change mitigation by conservation, rehabilitation and sustainable use », *Mitigation of Climate Change in Agriculture Series*, vol. 5. FAO, Rome, p. 45-82.
- Dommain, R., Dittrich, I., Giesen, W., Joosten, H., Rais, D. S., Silvius, M. et Wibisono, I. T. C., 2016, « Ecosystem services, degradation and restoration of peat swamps in the South East Asian tropics », In : Bonn, A., Allott, T., Evans, M., Joosten, H. et Stoneman, R., éd., « Peatland restoration and ecosystem services: Science, policy and practice », Cambridge University Press et British Ecological Society, Cambridge, p. 253-288.
- Draper, F. C., Roucoux, K. H., Lawson, I. T., Mitchard, E. T. A., Honorio Coronado, E. N., Lähteenoja, O., Torres Montenegro, L., Valderrama Sandoval, E., Zarate, R. et Baker, T. R., 2014, « The distribution and amount of carbon in the largest peatland complex in Amazonia », *Environmental Research Letters*, vol. 9 : 124017. Disponible à l'adresse <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/9/12/124017> (document consulté le 28 septembre 2017).
- Epple, C., García-Rangel, S., Jenkins, M. et Guth, M., 2016, « Managing ecosystems in the context of climate change mitigation: A review of current knowledge and recommendations to support ecosystem-based mitigation actions that look beyond terrestrial forests », *Cahiers techniques*, n° 86. Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique, Montréal. Disponible à l'adresse <https://www.cbd.int/sbstta/sbstta-20/sbstta-20-inf-cc-mitigation-en.pdf> (document consulté le 28 septembre 2017).
- Erkens, G., van der Meulen, M. J. et Middelkoop, H., 2016, « Double trouble: subsidence and CO₂ respiration due to 1,000 years of Dutch coastal peatlands cultivation », *Hydrogeology Journal*, n° 24, p. 551-568.
- Evans, M., Allott, T., Holden, J., Flitcroft, C. et Bonn, A. (dir.), 2005, Understanding gully blocking in deep peat, Moors for the Future Report n° 4, Moors for the Future Partnership, Castleton, Royaume-Uni. Disponible à l'adresse <https://www.escholar.manchester.ac.uk/api/datastream?publicationPid=uk-ac-man-scw:18897&datastreamid=FULL-TEXT.PDF> (document consulté le 28 septembre 2017).
- Évrard, C., 1968, Recherches écologiques sur le peuplement forestier des sols hydromorphes de la Cuvette centrale congolaise, INEAC, Yangambi, p. 71, 73 et 194.
- Fairhall, J., 2011, Irish Bogs and Culture, *Environmental Critique*, n° 818, 21 novembre 2011. Disponible à l'adresse <https://environmentalcritique.wordpress.com/2011/11/21/irish-bogs-and-culture> (document consulté le 28 septembre 2017).
- FAO et Wetlands International, 2012, Joosten, H., Tapio-Biström, M.-L. et Tol, S. (dir.), Peatlands – Guidance for climate change mitigation through conservation, rehabilitation and sustainable use, FAO, Rome, Italie. Disponible à l'adresse <http://www.fao.org/docrep/015/an762e/an762e.pdf> (document consulté le 3 août 2017).
- FAO, 2014, Biancalani, R. et Avagyan, A. (dir.), Towards climate-responsible peatlands management, FAO, Rome. Disponible à l'adresse <http://www.fao.org/3/a-i4029e.pdf> (document consulté le 28 septembre 2017).

- le 30 septembre 2017).
- FAO, 2015, World reference base for soil resources 2014: International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps, version actualisée en 2015, World Soil Resources Report, n° 106, 203 p.
- FAO et ITPS, 2015, Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report, FAO et ITPS, Rome, Italie. Disponible à l'adresse <http://www.fao.org/3/a-i5199e.pdf> (document consulté le 28 septembre 2017).
- FAO, 2017, Unlocking the potential of soil organic carbon, Document final du Colloque international sur le carbone organique du sol, 21-23 mars 2017, Siège de la FAO, Rome, Italie. Disponible à l'adresse <http://www.fao.org/3/b-i7268e.pdf> (document consulté le 28 septembre 2017).
- Field, R. D., van der Werf, G. R., Fanin, T., Fetzer, E. J., Fuller, R., Jethva, H., Levy, R., Livesey, N. J., Luo, M., Torres, O. et Worden, H. M., 2016, Indonesian fire activity and smoke pollution in 2015 show persistent nonlinear sensitivity to El Niño-induced drought, Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 113, p. 9204-9209.
- Fonds vert pour le climat, 2016, GCF triggers funding for Peruvian project, preventing Amazon emissions. Disponible à l'adresse <http://www.greenclimate.fund/-/gcf-triggers-funding-for-peruvian-project-preventing-amazon-emissions?inheritRedirect=true&redirect=percent2Fnewsroom+percent2Fnews> (document consulté le 1^{er} août 2017).
- Fornasiero, A., Gambolati, G., Putti, M., Teatini, P., Ferraris, S., Pitacco, A., Rizzetto, F., Tosi, L., Bonardi, M. et Gatti, P., 2002, Subsidence due to peat soil loss in the Zennare basin (Italy): Design and set-up of the field experiment. In : Campostrini, P. (dir.), Scientific Research and Safeguarding of Venice, Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Venise, p. 201-215.
- Forum mondial sur les paysages, 2016, Marrakech : Agence de restauration des tourbières de la République d'Indonésie et Forum mondial sur les paysages de 2016. Disponible à l'adresse <http://www.landscapes.org/glf-marrakesh/partner/peatland-restoration-agency-republic-indonesia/> (document consulté le 12 juin 2017).
- Frolking, S. et Roulet, N., 2007, Holocene radiative forcing impact of northern peatland carbon accumulation and methane emissions, *Global Change Biology*, vol. 13, p. 1079-1088.
- Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., Jones, A., Krasilnikov, P., Mendonça Santos Brefin, M. L., Montanarella, L., Muñiz Ugarte, O., Schad, P., Vara Rodríguez, M. I., Vargas, R. et Ravina da Silva, M. (dir.), 2015, Soil Atlas of Latin America and the Caribbean, Commission européenne et Office des publications officielles des communautés européennes, Luxembourg, p. 176. Disponible à l'adresse <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/soil-atlas-latin-america> (document consulté le 28 septembre 2017).
- Gaveau, D. L. A. et al., 2014a, Four decades of forest persistence, clearance and logging on Borneo, *PLOS ONE*, n° 9, p. 1-11.
- Gaveau, D. L. A. et al., 2014b, Major atmospheric emissions from peat fires in Southeast Asia during non-drought years: evidence from the 2013 Sumatran fires, *Scientific Reports*, vol. 4, art. n° 6112, Nature Publishing Group. Disponible à l'adresse <http://www.nature.com/articles/srep06112> (document consulté le 8 mars 2017).
- GIEC, 2014, Changements climatiques 2014 : L'atténuation du changement climatique, Contribution du groupe de travail III au cinquième rapport d'évaluation du GIEC. Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K., Adler, A., Baum, I., Brunner, S., Eickemeier, P., Kriemann, B., Savolainen, J., Schlömer, S., von Stechow, C., Zwickel, T. et Minx, J. C. (dir.), Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, et New York, États-Unis.
- GIEC, 2014, Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. et Troxler, T. G. (dir.), Supplément 2013 aux Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre : terres humides, GIEC, Suisse.
- Giesen, W., 2013, Paludiculture: sustainable alternatives on degraded peat land in Indonesia, Report on Activity 3.3 of the project. In : Quick Assessment and Nationwide Screening (QANS) of Peat and Lowland Resources and Action Planning for the Implementation of a National Lowland Strategy, Euroconsult Mott MacDonald pour Partners for Water, Pays-Bas, Ministère indonésien des Travaux publics et BAPPENAS (agence nationale de planification et de développement indonésienne), 71 p.
- Gilbert, N., 2010, Russia counts environmental cost of wildfires, *Nature*. Disponible à l'adresse https://www.researchgate.net/publication/250397705_Russia_counts_environmental_cost_of_wildfires (document consulté le 28 septembre 2017).
- Gilmore, M. P., Endress, B. A. et Horn, C. M., 2013, The socio-cultural importance of *Mauritia flexuosa* palm swamps (aguajales) and implications for multi-use management in two Maijuna communities of the Peruvian Amazon, *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. Disponible à l'adresse <https://ethnobiomed.biomedcentral.com/articles/10.1186/1746-4269-9-29> et <https://doi.org/10.1186/1746-4269-9-29> (pages consultées le 29 septembre 2017).
- Glauber, A. J. et Gunawan, I., 2016, The Cost of Fire: An Economic Analysis of Indonesia's 2015 Fire Crisis, Banque mondiale. Disponible à l'adresse <http://pubdocs.worldbank.org/en/643781465442350600/Indonesia-forest-fire-notes.pdf> (document consulté le 12 juillet 2016).
- Gouvernement d'Écosse, 2017, Draft Climate Change Plan. Disponible à l'adresse <http://www.gov.scot/publications/2017/01/2768> (document consulté le 29 septembre 2017).
- Gouvernement du Pérou, 2013, Crean Comité Nacional para preservación y manejo de Humedales. Disponible à l'adresse <http://www.pcm.gob.pe/2013/01/crean-comite-nacional-para-preservacion-y-manejo-de-humedales/> (document consulté le 1^{er} août 2017).
- Gravis, G. F. et al., 1974, Geocryological conditions of People's Republic of Mongolia. In : Melnikov, P. I. (dir.), Joint Soviet-Mongolian research geological expedition, Proceedings, vol. 10. *Nauka*, Moscou, p. 208 (ouvrage en russe).
- Gumbrecht, T., Roman-Cuesta, R. M., Verchot, L. et al., 2017, An expert system model for mapping tropical wetlands and peatlands reveals South America as the largest contributor, *Global Change Biology*, vol. 23, p. 3581-3599. Disponible à l'adresse <https://doi.org/10.1111/gcb.13689> (document consulté le 29 septembre 2017).
- Haensler, A., Saeed, F. et Jacob, D., 2013, Assessing the robustness of projected precipitation changes over central Africa on the basis of a multitude of global and regional climate projections, *Climatic Change*, n° 121, p. 349-363.
- Haikerwal, A., Akram, M., Del Monaco, A., Smith, K., Sim, M. R., Meyer, M., Tonkin, A. M., Abramson, M. J. et Dennekamp, M., 2015, Impact of Fine Particulate Matter (PM_{2.5}) Exposure During Wildfires on Cardiovascular Health Outcomes, *Journal of the American Heart Association*, 4:e001653. Disponible à l'adresse <http://jaha.ahajournals.org/content/4/7/e001653.short> et <https://doi.org/10.1161/jaha.114.001653> (pages consultées le 11 décembre 2015).
- Hirose, K., Osaki, M., Takeda, T., Kashimura, O., Ohki, T., Segah, H., Gao, Y. et Muhammad, E., 2016, Contribution of hyperspectral applications to tropical peatland ecosystem monitoring, In : Osaki, M. et Tsuji, N. (dir.), Tropical peatland ecosystems, Springer, Tokyo, p. 421-431.
- Hodgkins, S. B., Tfaily, M. M., McCalley, C. K., Logan, T. A., Crill, P. M., Saleska, S. R., Rich, V. I. et Chanton, J. P., 2013, Changes in peat chemistry associated with permafrost thaw increase greenhouse gas production, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States*, vol. 111, n° 16, p. 5819-5824, DOI : 10.1073/pnas.1314641111. Disponible à l'adresse <http://www.pnas.org/content/111/16/5819.full>

- (document consulté le 18 août 2017).
- Holden, J., 2005, Peatland hydrology and carbon release: why small-scale process matters, *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 363, p. 2891-2913.
- Hooijer, A., Silvius, M., Wosten, H. et Page, S., 2006, PEAT-CO₂, Assessment of CO₂ Emissions From Drained Peatland in SE Asia, p. 41. Disponible à l'adresse https://www.researchgate.net/publication/285726396_PEAT-CO2_assessment_of_CO2_emissions_from_drained_peatlands_in_SE_Asia (document consulté le 29 septembre 2017).
- Hooijer, A., Page, S., Canadell, J. G., Silvius, M., Kwadijk, J., Wösten, H. et Jauhiainen, J., 2010, Current and future CO₂ emissions from drained peatlands in Southeast Asia, *Biogeosciences*, n° 7, p. 1505-1514.
- Hooijer, A., Page, S., Jauhiainen, J., Lee, W. A., Lu, X. X., Idris, A. et Anshari, G., 2012, Subsidence and carbon loss in drained tropical peatlands, *Biogeosciences*, n° 9, p. 1053-1071. Disponible à l'adresse <http://www.biogeosciences.net/9/1053/2012> et <https://doi.org/10.5194/bg-9-1053-2012> (pages consultées le 29 septembre 2017).
- Hooijer, A., Page, S., Navratil, P., Vernimmen, R., Van der Vat, M., Tansey, K., Konecny, K., Siegert, F., Ballhorn, U. et Mawdsley, N., 2014, Carbon emissions from drained and degraded peatland in Indonesia and emission factors for measurement, reporting and verification (MRV) of peatland greenhouse gas emissions - a summary of KFCP research results for practitioners, Indonesia-Australia Forest Carbon Partnership, Jakarta, Indonésie. Disponible à l'adresse http://www.forda-mof.org/files/12_Carbon_Emissions_from_Drained_and_Degraded_Peatland_in_Indonesia.pdf (document consulté le 18 octobre 2017).
- Hooijer, A., Vernimmen, R., Visser, M. et Mawdsley, N., 2015, Flooding projections from elevation and subsidence models for oil palm plantations in the Rajang Delta peatlands, Deltares, rapport 1207384, Sarawak, Malaisie, p. 76.
- Hooijer, A., Vernimmen, R., Mawdsley, N., Page, S., Mulyadi, D. et Visser, M., 2015a, Assessment of impacts of plantation drainage on the Kampar Peninsula peatland, Riau, Deltares, rapport 1207384 pour Wetlands International, l'Alliance pour le climat et l'utilisation des sols (CLUA) et l'Agence norvégienne de coopération pour le développement (NORAD).
- Hubacek, K., Beharry, N., Bonn, A., Burt, T. P., Holden, J., Ravera, F., Reed, M., Stringer, L. et Tarrasón, D., 2009, Ecosystem services in dynamic and contested landscape: the case of the UK uplands. In : Winter, M. et Lobley, M. (dir.), What is land for? The food, fuel and climate change debate, Earthscan, Londres, p. 167-186.
- Inisheva, L. I., 2005, Concept of protection and rational use of peatlands of Russia, Central Peat Research Institute Publ., Tomsk, 99 p. (ouvrage en russe).
- Institut des ressources mondiales, 2015a, With Latest Fires Crisis, Indonesia Surpasses Russia as World's Fourth-Largest Emitter, 29 octobre 2015. Disponible à l'adresse <http://www.wri.org/blog/2015/10/latest-fires-crisis-indonesia-surpasses-russia-world-s-fourth-largest-emitter> (document consulté le 29 septembre 2017).
- Institut des ressources mondiales, 2015b, Indonesia's Fire Outbreaks Producing More Daily Emissions than Entire US Economy, 16 octobre 2015. Disponible à l'adresse <http://www.wri.org/blog/2015/10/indonesia-percentE2percent80percent99s-fire-outbreaks-producing-more-daily-emissions-entire-us-economy> (document consulté le 29 septembre 2017).
- INTERACT – International Network for Terrestrial Research and Monitoring in the Arctic, s.d. Disponible à l'adresse <http://www.eu-interact.org/outreach2/glossary/m-r/peat-peatland-peat-bog/> (document consulté le 23 septembre 2017).
- Jaenicke, J., Rieley, J.O., Mott, C., Kimman, P. et Siegert, F., 2008, Determination of the amount of carbon stored in Indonesian peatlands, *Geoderma*, vol. 147, p. 51-158.
- Jaenicke, J., Englhart, S. et Siegert, F., 2011, Monitoring the effect of restoration measures in Indonesian peatlands by radar satellite imagery, *Journal of Environmental Management*, vol. 92, p. 630-638.
- Jakarta Post, 2015, 2 Russian jets land in Indonesia to help douse forest fires, 21 octobre 2015. Disponible à l'adresse <http://www.thejakartapost.com/news/2015/10/21/2-russian-jets-land-indonesia-help-douse-forest-fires.html> (document consulté le 29 septembre 2017).
- Jambaljav, Y. et al., 2016, Mongolian permafrost distribution map, Oulan-Bator, Mongolie.
- James, R., Washington, R. et Rowell, D. P., 2013, Implications of global warming for the climate of African rainforests, *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, vol. 368, 20120298. Disponible à l'adresse <http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/royptb/368/1625/20120298.full.pdf> et <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2012.0298> (pages consultées le 29 septembre 2017).
- Jones, A., Breuning-Madsen, H., Brossard, M., Dampha, A., Deckers, J., Dewitte, O., Gallali, T., Hallett, S., Jones, R., Kilasara, M., Le Roux, P., Michéli, E., Montanarella, L., Spaargaren, O., Thiombiano, L., Van Ranst, E., Yemefack, M. et Zougmore, R. (dir.), 2013, Soil Atlas of Africa, Commission européenne, Office des publications de l'Union européenne, Luxembourg, p. 176. Disponible à l'adresse <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/soil-map-soil-atlas-africa> (document consulté le 29 septembre 2017).
- Joosten, H. et Clarke, D., 2002, Wise use of mires and peatlands. Background and principles including a framework for decision-making, International Mire Conservation Group et International Peat Society, 304 p. Disponible à l'adresse http://www.imcg.net/media/download_gallery/books/wump_wise_use_of_mires_and_peatlands_book.pdf (document consulté le 14 mars 2017).
- Joosten, H. et Couwenberg, J., 2008, Peatlands and carbon, In : Parish, F., Sirin, A., Charman, D., Joosten, H., Minaeva, T. et Silvius, M. (dir.), 2008, *Assessment on peatlands, biodiversity and climate change*, Global Environment Centre, Kuala Lumpur, et Wetlands International, Wageningen, p. 99-117. Disponible à l'adresse http://www.imcg.net/media/download_gallery/books/assessment_peatland.pdf (document consulté le 29 septembre 2017).
- Joosten, H., 2010, The Global Peatland CO₂ picture. Peatland status and drainage related emissions in all countries of the world, Wetlands International. Disponible à l'adresse https://unfccc.int/files/kyoto_protocol/application/pdf/draftpeatlandco2report.pdf (document consulté le 29 septembre 2017).
- Joosten, H., 2014, Croplands and paludicultures, p. 41-43. In : Biancalani, R. et Avagyan, A. (dir.), Towards climate-responsible peatlands management, FAO, Rome, p. 106. Disponible à l'adresse <http://www.fao.org/3/a-i4029e.pdf> (document consulté le 29 septembre 2017).
- Joosten, H., 2015, Peatlands, climate change mitigation and biodiversity conservation. An issue brief on the importance of peatlands for carbon and biodiversity conservation and the role of drained peatlands as greenhouse gas emission hotspots, Conseil des ministres des pays nordiques. Disponible à l'adresse http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/ny_2_korrektur_anp_peatland.pdf (document consulté le 29 septembre 2017).
- Joosten, H., Couwenberg, J. et Von Unger, M., 2016, International carbon policies as a new driver for peatland restoration, In : Bonn, A., Allott, T., Evans, M., Joosten, H. et Stoneman, R., éd., Peatland restoration and ecosystem services: Science, policy and practice, Cambridge University Press et British Ecological Society, Cambridge, p. 291-313.
- Joosten, H., Tanneberger, F. et Moen, A. (dir.), 2017, Mires and peatlands of Europe: Status, distribution and conservation, Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart, 781 p.
- Jung, H. C. et al., 2010, Characterization of complex fluvial systems using

- remote sensing of spatial and temporal water level variations in the Amazon, Congo, and Brahmaputra Rivers, *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 35, p. 294-304.
- Keddy, P. A., Fraser, L. H., Solomeshch, A. I., Junk, W. J., Campbell, D. R., Arroyo, M. T. K. et Alho, C. J. R., 2009, Wet and wonderful: the world's largest wetlands are conservation priorities, *Bioscience*, vol. 59, p. 39-51.
- Kimmel, K. et Mander, Ü., 2010, Ecosystem services of peatlands: Implications for restoration, *Progress in Physical Geography*, vol. 34, n° 4.
- Krisnawati, H., Imanuddin, R., Adinugroho, W. C. et Hutabarat, S., 2015, National Inventory of Greenhouse Gas Emissions and Removals on Indonesia's Forests and Peatlands, Agence de recherche, de développement et d'innovation du ministère de l'Environnement et des Forêts, Bogor, Indonésie. Disponible à l'adresse http://www.incas-indonesia.org/wp-content/uploads/2015/11/1.-INCAS-National-Inventory-of-Greenhouse-Gas-_web.pdf (document consulté le 29 septembre 2017).
- Kurnianto, S., Warren, M., Talbot, J., Kauffman, B., Muidiyarso, D. et Frolking, S., 2015, Carbon accumulation of tropical peatlands over millennia: A modeling approach, *Global Change Biology*, vol. 21, p. 431-444.
- Lähteenoja, O., Ruokolainen, K., Schulman, L. et Alvarez, J., 2009, Amazonian floodplains harbour minerotrophic and ombrotrophic peatlands, *Catena*, vol. 79, n° 2, p. 140-145.
- Lähteenoja, O. et Page, S., 2011, High diversity of tropical peatland ecosystem types in the Pastaza-Marañón basin, Peruvian Amazonia, *Journal of Geophysical Research*, vol. 116, G02025.
- Laidet, D., 1969, Congo : pédologie, Service cartographique de l'ORSTOM, Paris, France. Disponible à l'adresse <http://sphaera.cartographie.ird.fr/carte.php?num=3350&pays=CONGO&iso=COG> (document consulté le 29 septembre 2017).
- Lawson, I. T., Kelly, T. J., Aplin, P., Boom, A., Dargie, G., Draper, F. C. H., Hassan, P. N. Z. B. P., Hoyos-Santillan, J., Kaduk, J., Large, D., Murphy, W., Page, S. E., Roucoux, K. H., Sjögersten, S., Tansey, K., Waldram, M., Wedeux, B. M. M. et Wheeler, J., 2014, Improving estimates of tropical peatland area, carbon storage, and greenhouse gas fluxes, *Wetlands Ecology and Management*, vol. 23, p. 327-346.
- Lee, H. et al., 2011, Characterization of terrestrial water dynamics in the Congo Basin using GRACE and satellite radar altimetry, *Remote Sensing Environment*, vol. 115, p. 3530-3538.
- Li, W., Dickinson, R. E., Fu, R., Niu, G.-Y., Yang, Z.-L. et Canadell, J. G., 2007, Future precipitation changes and their implications for tropical peatlands, *Geophysical Research Letters*, vol. 34. Disponible à l'adresse <http://www.globalcarbonproject.org/global/pdf/Wenhong.2007.FuturePrecipTropicalPeatlands.GRL.pdf> (document consulté le 9 mars 2017).
- Liikanen, A., Huttunen, J. T., Karjalainen, S. M., Heikkinen, K., Väisänen, T. S., Nykänen, H. et Martikainen, P. J., 2006, Temporal and seasonal changes in greenhouse gas emissions from a constructed wetland purifying peat mining runoff waters, *Ecological Engineering*, vol. 26, p. 241-251.
- Limpens, J., Berendse, F., Blodau, C., Canadell, J. G., Freeman, C., Holden, J., Roulet, N., Rydin, H. et Schaeppman-Strub, G., 2008, Peatlands and the carbon cycle – a synthesis, *Biogeosciences Discuss*, vol. 5, p. 1379-1419. Disponible à l'adresse www.biogeosciences-discuss.net/5/1379/2008/ (document consulté le 9 mars 2017).
- Lindsay, R., 1993, Peatland conservation – from cinders to Cinderella, *Biodiversity and Conservation*, vol. 2, n° 5, p. 528-540.
- Lindsay, R., Birnie, R. et Clough, J., 2014, Briefing Note No. 3: Impacts of Artificial Drainage on Peatlands, Programme Tourbières de l'Union internationale pour la conservation de la nature au Royaume-Uni, Édimbourg. Disponible à l'adresse www.iucn-uk-peatlandprogramme.org/resources/iucn-briefing-notes-peatlands (document consulté le 1^{er} août 2017).
- Lu, Y., Zhuang, Q., Zhou, G., Sirin, A., Melillo, J. et Kicklighter, D., 2009, Possible decline of the carbon sink in the Mongolian Plateau during the 21st century, *Environmental Research Letters*, vol. 4, 45023. Disponible à l'adresse <http://stacks.iop.org/1748-9326/4/045023> (document consulté le 29 septembre 2017).
- Maldonado Fonkén, M. S., 2010, Comportamiento De La Vegetación De Bofedales Influenciados Por Actividades Antrópicas (Comportement de la végétation des bofedales sous l'influence des activités humaines), Thèse de maîtrise, Pontificia Universidad Católica del Perú, p. 119 (en espagnol).
- Maldonado Fonkén, M. S., 2014, An introduction to the bofedales of the Peruvian High Andes, *Mires and Peat*, vol. 15 (2014-2015), p. 1-13. Disponible à l'adresse http://mires-and-peat.net/media/map15/map_15_05.pdf (document consulté le 1^{er} août 2017).
- Markov, V. D., Olunin, A. S., Ospennikova, L. A., Skobeeva, E. I. et Khoroshev, P. I., 1988, *World Peat Resources*, Nedra, Moscou.
- Marlier, M. E., DeFries, R. S., Kim, P. S., Gaveau, D. L. A., Koplitz, S. N., Jacob, D. J., Mickley, L. J., Margono, B. A. et Myers, S. S., 2015a, Regional air quality impacts of future fire emissions in Sumatra and Kalimantan, *Environmental Research Letters*, vol. 10, 54010, IOP Publishing. Disponible à l'adresse <http://stacks.iop.org/1748-9326/10/i=5/a=054010?key=crossref.9c7935af70b6a53548ba0ae43ff7e273> et <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/10/8/085005> (pages consultées le 29 septembre 2017).
- Medrilzam, M., Dargusch, P., Herbohn, J. et Smith, C., 2014, The socio-ecological drivers of forest degradation in part of the tropical peatlands of Central Kalimantan, Indonesia, *Forestry*, vol. 87, p. 335-345.
- Miettinen, J. et Liew, S. C., 2010, Degradation and development of peatlands in peninsular Malaysia and in the islands of Sumatra and Borneo since 1990, *Land Degradation and Development*, vol. 21, p. 285-296.
- Miettinen, J., Hooijer, A., Shi, C., Tollenaar, D., Vernimmen, R., Liew, S. C., Malins, C. et Page, S. E., 2012, Extent of industrial plantations on Southeast Asian peatlands in 2010 with analysis of historical expansion and future projections, *GCB Bioenergy*, vol. 4, p. 908-918. Disponible à l'adresse <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1757-1707.2012.01172.x> (document consulté le 7 octobre 2016).
- Miettinen, J., Hooijer, A., Vernimmen, R., Liew, S. C. et Page, S. E., 2017, From carbon sink to carbon source: extensive peat oxidation in insular Southeast Asia since 1990, *Environmental Research Letters*, vol. 12, 2017, 024014.
- Miles, L., Ravilious, C., García-Rangela, S., de Lamo, X., Dargie, G. et Lewis, S., 2017, Carbone, biodiversité et utilisation des terres dans les tourbières de la Cuvette Centrale du Congo, Centre mondial de surveillance de la conservation de la nature (CMSC) de l'ONU-Environnement, Cambridge, Royaume-Uni, 8 p.
- Minayeva, T., Gunin, P., Sirin, A., Dugardzhav, C. et Bazha, S., 2004, Peatlands in Mongolia: the typical and disappearing landscape, *Peatlands International*, 2004, n° 2, p. 44-47.
- Minayeva, T., Sirin, A., Dorofeyuk, N., Smagin, V., Bayasgalan, D., Gunin, P., Dugardjav, C., Bazha, S., Tsedendash, G. et Zoyo, D., 2005, Mongolian mires: From taiga to desert, *Stapfia*, vol. 35, 2016, p. 335-352.
- Minayeva, T. Y. et Sirin, A. A., 2012, Peatland biodiversity and climate change, *Biology Bulletin Reviews*, vol. 2, p. 164-175.
- Minayeva, T., Sirin, A. et Dugarjav, C., 2016, Highland peatlands of Mongolia. In : Finlayson, C. M., Milton, G. R., Prentice, R. C. et Davidson, N. C. (dir.), *The wetland book II: Distribution, description and conservation*, Springer, Pays-Bas, p. 1-19. DOI : 10.1007/978-94-007-6173-5_108-1 (document consulté le 29 septembre 2017).
- Ministerio del Ambiente (Ministère de l'Environnement du Pérou), 2012, Memoria Descriptiva del Mapa de Cobertura Vegetal del Perú (Description de la répartition géographique de la couverture végétale

- au Pérou), Ministerio del Ambiente, Lima, p. 76 (ouvrage en espagnol). Ministère de l'Environnement, du Développement écologique et du Tourisme du gouvernement de Mongolie et programme ONU-REDD, 2016, Introduction – UN-REDD Mongolia National Programme. Disponible à l'adresse <http://www.reddplus.mn/en/un-redd-national-programme/introduction/> (document consulté le 6 juin 2017).
- Montanarella, L., Jones, R. J. A. et Hiederer, R., 2006, The distribution of peatland in Europe, *Mires and Peat*, vol. 1, art. 1. Disponible à l'adresse <http://mires-and-peat.net/pages/volumes/map01/map0101.php> (document consulté le 2 août 2017).
- Moore, S., Evans, C. D., Page, S. E., Garnett, M. H., Jones, T. G., Freeman, C., Hooijer, A., Wiltshire, A. J., Limin, S. H. et Gaudi, V., 2013, Deep instability of deforested tropical peatlands revealed by fluvial organic carbon fluxes, *Nature*, n° 493, p. 660-663. Disponible à l'adresse <http://www.nature.com/nature/journal/v493/n7434/full/nature11818.html#auth-1> (document consulté le 18 octobre 2017).
- Murdiyarsa, D., Dewi, S., Lawrence, D. et Seymour, F., 2011, Indonesia's forest moratorium. A stepping stone to better forest governance?, document de travail n° 76, Centre pour la recherche forestière internationale, Bongor, Indonésie. Disponible à l'adresse http://www.cifor.org/publications/pdf_files/wpapers/wp-76murdiyarsa.pdf (document consulté le 12 juin 2017).
- Murray, D. S., 2013, The Guga Stone: Lies, Legends and Lunacies from St Kilda, Luath Press, Édimbourg, Écosse.
- Narangerel, Z., Nandin-Erdene, G., de Lamo, X., Simonson, W., Guth, M. et Hicks, C., 2017, Using spatial analysis to explore potential for multiple benefits from REDD+ in Mongolia, Rapport conjoint de l'Information and Research Institute of Meteorology, Hydrology and Environment (IRIMHE), du Centre mondial de surveillance de la conservation de l'ONU-Environnement et du Programme ONU-REDD de la Mongolie, Oulan-Bator, p. 66.
- O'Neil Rieley, J. et Page, S. E., 2005, Wise Use of Tropical Peatlands: Focus on Southeast Asia, ALTERRA, Wageningen, Pays-Bas, p. 273.
- Oleszczuk, R., Regina, K., Szajdak, L., Höper, H. et Maryganova, V., 2008, Impacts of agricultural utilization of peat soils on the greenhouse gas balance. In : Strack, M. (dir.), Peatlands and Climate Change, p. 70-97. Saarijärvi, International Peat Society, Jyväskylä, Finlande, p. 223.
- Olson, D. M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E. D., Burgess, N. D., Powell, G. V. N., Underwood, E. C., D'Amico, J. A., Itoua, I., Strand, H. E., Morrison, J. C., Loucks, C. J., Allnutt, T. F., Ricketts, T. H., Kura, Y., Lamoreux, J. F., Wettengel, W. W., Hedao, P. et Kassem, K. R., 2001, Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on Earth, *Bioscience*, vol. 51, p. 933-938.
- Osaki, M. et Tsuji, N. (dir.), 2016, Tropical peatland ecosystems, Springer, Tokyo, Japon.
- Page, S. E., O'Neil Rieley, J., Shoty, Ø. W. et Weiss, D., 1999, Interdependence of peat and vegetation in a tropical peat swamp forest, *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, vol. 354, p. 1885-1897.
- Page, S. E., Siebert, F., O'Neil Rieley, J., Boehm, H.-D. V., Jaya, A. et Limin, S., 2002, The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997, *Nature*, n° 420, p. 61-65.
- Page, S. E., O'Neil Rieley, J. et Wüst, R., 2006, Lowland tropical peatlands of Southeast Asia, In : Martini, P., Martinez-Cortizas, A. et Chesworth, W. (dir.), Peatlands: evolution and records of environmental and climate changes, Developments in earth surface processes series, Elsevier, Amsterdam, p. 145-172.
- Page, S., Hoscilo, A., Wösten, H., Jauhiainen, J., Silvius, M., Rieley, J., Ritzema, H., Tansey, K., Graham, L., Vasander, H. et Limin, S., 2008, Restoration ecology of lowland tropical peatlands in Southeast Asia: Current knowledge and future research directions, *Ecosystems*, vol. 12, p. 888-905. Disponible à l'adresse <https://link.springer.com/article/10.1007/s10021-008-9216-2> (document consulté le 17 décembre 2015).
- Page, S., O'Neil Rieley, J. et Banks, C., 2010, Global and regional importance of the tropical peatland carbon pool, *Global Change Biology*, Wiley-Blackwell, 2010, vol. 17, n° 2, p. 798.
- Page, S. E., O'Neil Rieley, J. et Banks, C. J., 2011, Global and regional importance of the tropical peatland carbon pool, *Global Change Biology*, vol. 17, p. 798-818.
- Page, S. et Hooijer, A., 2014, Environmental impacts and consequences of utilizing peatlands. In : Biancalani, R. et Avagyan, A. (dir.), Towards climate-responsible peatlands management, FAO, Rome, p. 106. Disponible à l'adresse www.fao.org/docrep/015/an762e/an762e.pdf (document consulté le 29 septembre 2017).
- Page, S. et Hooijer, A., 2016, In the line of fire: the peatlands of Southeast Asia, *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, vol. 371, 20150176. Disponible à l'adresse <http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/371/1696/20150176>, DOI : 10.1098/rspb.2015.0176 (document consulté le 29 septembre 2017).
- Paramanathan, S., 2016, Organic soils of Malaysia, MPOC, Selangor Darul Ehsan, Malaisie, p. 156.
- Parish, F., Sirin, A., Charman, D., Joosten, H., Minayeva, T. et Silvius, M. (dir.), 2008, Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change: Main Report, Global Environment Centre, Kuala Lumpur, et Wetlands International, Wageningen, p. 179. Disponible à l'adresse http://www.imcg.net/media/download_gallery/books/assessment_peatland.pdf (document consulté le 29 septembre 2017).
- PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 2016, Subsiding soils, rising costs: English summary and findings, (Résumé et conclusions en anglais du rapport en néerlandais « Dalende bodems, stijgende kosten. Mogelijke maatregelen tegen veenbodemdaling in het landelijk en stedelijk gebied »), La Haye. Disponible à l'adresse http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/Subsiding%20soils,%20rising%20costs_percent20soils_percent20rising_percent20costs_Findings.pdf (document consulté le 26 septembre 2017).
- Pearce, F., 2017, Can we find the world's remaining peatlands in time to save them?, *Yale Environment* 360, 4 avril 2017.
- Phillips, S., Rouse, G. E. et Bustin, R. M., 1997, Vegetation zones and diagnostic pollen profiles of a coastal peat swamp, Bocas del Toro, Panama, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 128, p. 301-338.
- Programme Tourbières de l'Union internationale pour la conservation de la nature au Royaume-Uni, 2017, Peatland Code, version 1.1 de mars 2017. Disponible à l'adresse http://www.iucn-uk-peatlandprogramme.org/sites/www.iucn-uk-peatlandprogramme.org/files/170331_percent20Peatland_percent20Code_percent20Vi.1_FINAL.pdf (document consulté le 22 août 2017).
- Punsalmaa, B., Luvsan, N. et Nyamsuren, B., 2008, Vulnerability of Mongolia's pastoralists to climate extremes and changes. In : Leary, N. et al. (dir.), Climate Change and Vulnerability and Adaptation: Two Volume Set, p. 67-87.
- Ramsar, 2015, Résolution XII.11 : Les tourbières, les changements climatiques et l'utilisation rationnelle : implications pour la Convention de Ramsar, 12^e Session de la Conférence des Parties à la Convention sur les zones humides (Ramsar, Iran, 1971), à Punta del Este, Uruguay, du 1^{er} au 9 juin 2015.
- Rapport d'évaluation, Strategic Planning for Peatlands in Mongolia, Assistance technique de la Banque asiatique de développement, TA-8802, août 2017, Pays-Bas, Ede, p. 402.
- Réseau du Bureau européen des sols. Commission européenne, 2005, Soil Atlas of Europe, Office des publications officielles des communautés européennes, Luxembourg, p. 128. Disponible à l'adresse <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/soil-atlas-europe> (document consulté le 28 septembre 2017).
- Rieley, J., 2014, Utilization of peatlands and peat, p. 22-26. In : Biancalani, R. et Avagyan, A. (dir.), Towards climate-responsible

- peatlands management, FAO, Rome , p. 106. Disponible à l'adresse <http://www.fao.org/3/a-i4029e.pdf> (document consulté le 29 septembre 2017).
- Rosenblat, A., 2016, Please, no more calls to 'drain the swamp.' It's an insult to swamps, *The Washington Post*, 29 décembre 2016. Disponible à l'adresse https://www.washingtonpost.com/posteverything/wp/2016/12/29/please-no-more-calls-to-drain-the-swamp-its-an-insult-to-swamps/?utm_term=.91e8cf71182f (document consulté le 23 septembre 2017).
- Rothwell, J. J., Taylor, K. G., Evans, M. G. et Allott, T. E. H., 2011, Contrasting controls on arsenic and lead budgets for a degraded peatland catchment in Northern England, *Environmental Pollution*, vol. 159, n° 10, p. 3129-3133.
- Roucoux, K. H. et al., 2017, Threats to intact tropical peatlands and opportunities for their conservation, *Conservation Biology*. Disponible à l'adresse <http://doi.wiley.com/10.1111/cobi.12925> (document consulté le 14 mars 2017).
- Rydin, H. et Jeglum, J. K., 2013, The biology of peatlands, 2^e édition, Oxford University Press, Oxford, p. 382.
- SCBD 2015 Opportunities to address climate change and support biodiversity through better management of ecosystems, Note informative de la CDB, réalisée par le Centre mondial de surveillance pour la conservation de l'ONU-Environnement pour le Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique, Montréal, Canada.
- Schröder, C., 2014, Research and development for biomass use from rewetted peatlands – Vorpommern Paludiculture Initiative, p. 44. In : Biancalani, R. et Avagyán, A. (dir.), Towards climate-responsible peatlands management, FAO, Rome , p. 106. Disponible à l'adresse www.fao.org/docrep/015/an762e/an762e.pdf (document consulté le 29 septembre 2017).
- Scottish Natural Heritage, s.d., Scotland's National Peatland Plan: Working for our Future. Disponible à l'adresse <http://www.snh.gov.uk/docs/ar697542.pdf> (document consulté le 29 septembre 2017).
- Service de conservation des ressources naturelles du Département de l'Agriculture des États-Unis, 2003, Field Indicators of hydric soils in the United States, version 5.01. Hurt, G. W., Whited, P. M. et Pringle, R. F. (dir.).
- Sharkuu, N., 2003, Recent changes in the permafrost of Mongolia. In : Phillips, M., Springman, S. M. et Arenson, L. U. (dir.), Permafrost: Proceedings of the 8th International Conference on Permafrost, Zurich, Switzerland, 21-25 July 2003, vol. 1 (document consulté le 29 septembre 2017).
- Singleton, I., Wich, S. A., Nowak, M. et Usher, G., 2016, *Pongo abelii* (version corrigée publiée en 2016). Disponible à l'adresse <http://www.iucnredlist.org/details/39780/0> (document consulté le 26 mai 2017).
- Sirin, A., Suvorov, G., Medvedeva, M., Minayeva, T., Joosten, H., Kamennova, I., Maslov, A., Vozbrannaya, A., Chistotin, M., Markina, A., Makarov, D., Glukhova, T., Couwenberg, J., Silvius, M., Bednar, J., Peters, J. et Kamennova, I., 2017 Peatland restoration in Russia for reduction of carbon losses and greenhouse gases emissions: the experience of large scale rewetting project. In : Actes du Colloque international sur le carbone organique du sol, 21-23 mars 2017, FAO, Rome, p. 432-435.
- Stoneman, R., Bain, C., Locky, D., Mawdsley, N., McLaughlan, M., Kumaran-Prentice, S., Reed, M. et Swales, V., 2016, Policy drivers for peatland conservation, In : Bonn, A., Allott, T., Evans, M., Joosten, H. et Stoneman, R. (dir.), Peatland Restoration and Ecosystem Services: Science, Policy and Practice, Cambridge University Press, Cambridge, ch. 19, p. 375-401.
- Sumarga, E., Hooijer, A., Hein, L. et Vernimmen, R., 2016, Hydrological and economic effects of oil palm cultivation in Indonesian peatlands, *Ecology and Society*, vol. 21, n° 2, p. 52. Disponible à l'adresse <http://dx.doi.org/10.5751/ES-08490-210252> (document consulté le 29 septembre 2017).
- SWAMP (Sustainable Wetlands Adaptation and Mitigation Program), 2016, Tropical and Subtropical Histosol Distribution. DOI : 10.17528/CIFOR/DATA.00029. Centre pour la recherche forestière internationale, Dataverse, V3.
- Swindles, G. T., Morris, P. J., Mullan, D., Watson, E. J., Turner, T. E., Roland, T. P., Amesbury, M. J., Kokfelt, U., Schoning, K., Pratte, S., Gallego-Sala, A., Charman, D. J., Sanderson, N., Garneau, M., Carrivick, J. L., Woulds, C., Holden, J., Parry, L. et Galloway, J. M., 2015, The long-term fate of permafrost peatlands under rapid climate warming, *Scientific Reports*, vol. 5, art. n° 17951. Disponible à l'adresse <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26647837>, DOI : 10.1038/srep17951 (document consulté le 29 septembre 2017).
- Tanneberger, F., Bellebaum, J., Dylawerski, M., Fartmann, T., Jurzyk-Nordlöw, S., Koska, I., Tegetmeyer, C. et Wojciechowska, M., 2011, Habitats of the globally threatened Aquatic Warbler (*Acrocephalus paludicola*) in Pomerania – site conditions, flora, and vegetation characteristics, *Plant Diversity and Evolution*, vol. 129, p. 253-273.
- Tanneberger, F., Tegetmeyer, C., Busse, S., Barthelmes, A., Shumka, S., Moles Mariné, A., Jenderedjian, K., Steiner, G. M., Essl, F., Etzold, J., Mendes, C., Kozulin, A., Frankard, P., Milanovi, ., Ganeva, A., Apostolova, I., Alegro, A., Delipetrou, P., Navrátilová, J., Risager, M., Leivits, A., Fosaa, A. M., Tuominen, S., Muller, F., Bakuradze, T., Sommer, M., Christanis, K., Szurdoki, E., Oskarsson, H., Brink, S. H., Connolly, J., Bragazza, L., Martinelli, G., Aleks ns, O., Priede, A., Sungaila, D., Melovski, M., Belous, T., Savelji, D., de Vries, F., Moen, A., Dembek, W., Mateus, J., Hanganu, J., Sirin, A., Markina, A., Napreenko, M., Lazarevi, P., Šefferová Stanová, V., Skoberne, P., Heras Pérez, P., Pontevedra-Pombal, X., Lonnstad, J., Küchler, M., Wüst-Galley, C., Kirca, S., Tolkachev, V., Lindsay, R. et Joosten, H., 2017, The peatland map of Europe, *Mires and Peat*, vol. 19, 10.19189/MaP.2016.OMB.264
- Tata, H. L., van Noordwijk, M., Ruysschaert, D., Mulia, R., Rahayu, S., Mulyoutami, E., Widayati, A., Ekadinata, A., Zen, R., Darsoyo, A., Oktaviani, R. et Dewi, S., 2014, Will funding to Reduce Emissions from Deforestation and (forest) Degradation (REDD+) stop conversion of peat swamps to oil palm in orangutan habitat in Tripa in Aceh, Indonesia?, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, n° 19, p. 693-713.
- The Guardian*, 2015, Indonesia forest fires: how the year's worst environmental disaster unfolded, 1^{er} décembre 2015. Disponible à l'adresse <https://www.theguardian.com/environment/ng-interactive/2015/dec/01/indonesia-forest-fires-how-the-years-worst-environmental-disaster-unfolded-interactive> (document consulté le 26 septembre 2017).
- The Guardian*, 2015b, Indonesia's forest fires threaten a third of the world's wild orangutans. Disponible à l'adresse <http://www.theguardian.com/environment/2015/oct/26/indonesias-forest-fires-threaten-a-third-of-worlds-wild-orangutans> (document consulté le 26 septembre 2017).
- The Scotsman*, 2012, Fuel poverty has prompted a revival of peat-cutting on Lewis, publié le 27 mai 2012. Disponible à l'adresse <http://www.scotsman.com/heritage/people-places/fuel-poverty-has-prompted-a-revival-of-peat-cutting-on-lewis-1-2320354> (document consulté le 29 septembre 2017).
- The Wall Street Journal*, 2015, Indonesia's Haze, 27 October 2015. Disponible à l'adresse <http://blogs.wsj.com/briefly/2015/10/27/indonesias-haze-the-numbers>.
- Today Online*, 2017, 5 Indonesian provinces declare emergencies over forest fires. Disponible à l'adresse <http://www.todayonline.com/world/asia/5-indonesian-provinces-declare-emergencies-over-forest-fires> (document consulté le 8 août 2017).
- Tubiello, F. N., Biancalani, R., Salvatore, M. et Conchedda, G., 2016, A Worldwide Assessment of Greenhouse Gas Emissions from Drained

- Organic Soils, *Sustainability*, vol. 8, p. 371. Disponible à l'adresse <http://www.mdpi.com/2071-1050/8/4/371>, DOI : 10.3390/su8040371 (document consulté le 29 septembre 2017).
- Turetsky, M. R., Benscoter, B., Page, S., Rein, G., van der Werf, G. R. et Watts, A., 2014, Global vulnerability of peatlands to fire and carbon loss, *Nature Geoscience*, vol. 8, Nature Research, p. 11-14. Disponible à l'adresse <http://www.nature.com/doi/10.1038/ngeo2325> (document consulté le 15 mars 2017).
- Urák, I., Hartel, T., Gallé, R. et Balog, A., 2017, Worldwide peatland degradations and the related carbon dioxide emissions: the importance of policy regulations, *Environmental Science and Policy*, vol. 69, p. 57-64.
- Van der Waal, R., Bonn, A., Monteith, D., Reed, M., Blackstock, K., Hanley, N., Thompson, D., Evans, M., Alonso, I., Allott, T., Armitage, H., Beharry, N., Glass, J., Johnson, S., McMorrow, J., Ross, L., Pakemane, R., Perry, S. et Tinch, D., 2011, Mountains, Moorlands and Heaths. In : UK National Ecosystem Assessment: Technical Report, ch. 5, p. 105-160.
- Verhegghen, A., Mayaux, P., de Wasseige, C. et Defourny, P., 2012, Mapping Congo Basin vegetation types from 300 m and 1 km multi-sensor time series for carbon stocks and forest areas estimation, *Biogeosciences*, n° 9, p. 5061-5079.
- Voigt, C. et al., 2017, Increased nitrous oxide emissions from Arctic peatlands after permafrost thaw, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States*, vol. 114, n° 24, p. 6238-6243, DOI : 10.1073/pnas.1702902114. Disponible à l'adresse <http://www.pnas.org/content/114/24/6238> (document consulté le 18 août 2017).
- Vompersky, S. E., Sirin, A. A., Tsyganova, O. P., Valyaeva, N. A. et Maykov, D. A., 2005 – Вомперский С.Э., Сирина А.А., Цыганова О.П., Вальяева Н.А. & Д.А. Майков, 2005, « Болота и заболоченные земли России: попытка анализа пространственного распределения и разнообразия »[Tentative d'analyse de la répartition géographique et de la diversité des tourbières et zones humides de Russie]. *Izvestiya RAN, seriya geografi cheskaya*, vol. 5, p. 21-33 (ouvrage en russe).
- Vompersky, S. E., Sirin, A. A., Sal'nikov, A. A., Tsyganova, O. P. et Valyaeva, N. A., 2011, Estimation of forest cover extent over peatlands and paludified shallow-peat lands in Russia, *Contemporary Problems of Ecology*, vol. 4, p. 734-741. Disponible à l'adresse <https://link.springer.com/article/10.1134/S1995425511070058>, DOI : 10.1134/S1995425511070058 (document consulté le 29 septembre 2017).
- Wetlands International, 2015, Briefing paper: accelerating action to Save Peat for Less Heat! Disponible à l'adresse [http://wetlands.4ofingers.net/Portals/0/publications/Policy percent20document/Briefing percent20Paper_Accelerating percent20Action percent20to percent20Save percent20Peat percent20for percent20Less percent20Heat.pdf](http://wetlands.4ofingers.net/Portals/0/publications/Policy%20document/Briefing%20Paper_Accelerating%20Action%20to%20Save%20Peat%20for%20Less%20Heat.pdf) (document consulté le 29 septembre 2017).
- Wetlands International, s.d., Briefing paper: Flooding of lowland peatlands in Southeast Asia. Disponible à l'adresse <https://www.wetlands.org/publications/flooding-of-lowland-peatlands-in-southeast-asia/> (document consulté le 26 septembre 2017).
- Wetlands International, Tropenbos International, 2016, Can Peatland Landscapes in Indonesia be Drained Sustainably? An Assessment of the 'Eko-Hidro' Water Management Approach, Wetlands International Report. Disponible à l'adresse <https://www.wetlands.org/publications/peatland-brief-an-assessment-of-the-eko-hidro-water-management-approach/> (document consulté le 27 septembre 2017).
- Whittle, A. et Gallego-Sala, A. V., 2016, Vulnerability of the peatland carbon sink to sea-level rise, *Scientific Reports*, vol. 6, art. n° 28758. Disponible à l'adresse https://www.researchgate.net/publication/304608634_Vulnerability_of_the_peatland_carbon_sink_to_sea-level_rise, DOI : 10.1038/srep28758 (document consulté le 29 septembre 2017).
- WWF, s.d., Bassin du Congo. Disponible à l'adresse <https://www.worldwildlife.org/places/congo-basin> (page consultée le 3 juillet 2017).
- Yu, Z. et al., 2010, Global Peatland Dynamics since the Last Glacial Maximum, *Geophysical Research Letters*, vol. 37, n° 13.
- Yustiawati, S., Kihara, Y., Sazawa, K., Kuramitz, H. et Kurasaki, M., 2015, Effects of peat fires on the characteristics of humic acid extracted from peat soil in Central Kalimantan, Indonesia, *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 22, p. 2384-2395.
- Zimov, S. A., Schuur, E. A. G. et Stuart Chapin III, F., 2006, Permafrost and the Global Carbon Budget, *Science*, vol. 312, p. 1612-1613. Disponible à l'adresse <http://www.sciencemag.org/content/312/5780/1612.short> (document consulté le 21 mai 2013).

Annexe

Conséquences des incendies, des nuages de poussière, de la dégradation des tourbières et de la restauration des écosystèmes sur certains ODD

ODD	Conséquences des incendies et des nuages de poussière	Conséquences de la dégradation des tourbières	Conséquences de la restauration des tourbières
1. Éliminer la pauvreté sous toutes ses formes et partout dans le monde	<ul style="list-style-type: none"> - La disparition des services environnementaux porte atteinte aux moyens de subsistance des communautés qui en dépendent. - Les crises sanitaires provoquées par les nuages de poussière affectent les revenus des ménages. - Le ralentissement du développement économique et humain aggrave davantage la situation en matière de pauvreté et de santé. 	<ul style="list-style-type: none"> - L'affaissement des sols et l'inondation des zones dégradées réduisent la superficie des terres agricoles ainsi que leur productivité, et donc les revenus. (Hooijer <i>et al.</i>, 2012) - La perte du capital naturel des tourbières due aux incendies entraîne une diminution des revenus des communautés qui dépendent des écosystèmes de tourbières pour leur approvisionnement en eau potable, en bois et en autres produits forestiers ligneux et non-ligneux. 	<ul style="list-style-type: none"> - Les écosystèmes de tourbières en meilleur état et les rendements agricoles durables garantissent la durabilité des moyens de subsistance, des revenus additionnels et de la sécurité alimentaire, accroissant la résilience aux catastrophes économiques, sociales et environnementales liées aux incendies, aux inondations et aux chocs climatiques.
2. Éliminer la faim, assurer la sécurité alimentaire, améliorer la nutrition et promouvoir l'agriculture durable	<ul style="list-style-type: none"> - Les sécheresses, les incendies et les nuages de poussière diminuent les rendements des récoltes et font obstacle à leur plantation, ce qui met en danger la sécurité alimentaire tout en accroissant la faim et la malnutrition. - La baisse de la productivité agricole a pour conséquence la réduction des revenus ainsi que le ralentissement du développement économique et humain. - Les zones brûlées contribuent à l'appauvrissement de la biodiversité et augmentent les risques d'apparition des maladies et des parasites, nuisant ainsi à la sécurité alimentaire. (<i>Jakarta Post</i>, 2015) 	<ul style="list-style-type: none"> - L'affaissement des sols et les inondations entraînent une diminution des terres agricoles et, par conséquent, des rendements agricoles, ce qui constitue une menace pour la sécurité alimentaire. - La pression accrue exercée sur les terres ainsi que les pénuries liées aux inondations et aux dégradations font obstacle à l'amélioration et à la mise en œuvre de pratiques agricoles durables, renforçant ainsi l'attrait des monocultures. 	<ul style="list-style-type: none"> - L'amélioration du fonctionnement des écosystèmes, de la régulation de l'eau et des pratiques agricoles permet l'augmentation des rendements et assure la résilience et la durabilité de la production alimentaire, ce qui réduit la faim et la malnutrition. - Les sols organiques des tourbières peuvent être exploités de manière productive et durable grâce au développement de la paludiculture. (FAO et Wetlands International, 2012)
3. Permettre à tous de vivre en bonne santé et promouvoir le bien-être de tous à tout âge	<ul style="list-style-type: none"> - Les niveaux alarmants de pollution de l'air, notamment au monoxyde de carbone, à l'ammoniac, au cyanure, aux acides formiques et au formaldéhyde, sont imputables aux incendies. (CIFOR, 2015) - Les nuages de poussière présentent des risques pour la santé : ils sont notamment à l'origine d'infections des voies respiratoires, de pathologies pulmonaires et de cancers. (CIFOR, 2015) 	<ul style="list-style-type: none"> - La dégradation des tourbières et de leur biodiversité affecte la qualité de l'environnement, contribue à l'insécurité et nuit au bien-être. - L'affaissement des sols et les inondations menacent la vie des habitants des plaines littorales. (Hooijer <i>et al.</i>, 2012) 	<ul style="list-style-type: none"> - La réduction des risques de catastrophes environnementales et sociales permet de nombreux avantages : un plus grand bien-être, un environnement plus propre, une meilleure disponibilité de l'eau, de moindres risques de maladies et de meilleurs moyens de subsistance.
13. Prendre d'urgence des mesures pour lutter contre les changements	<ul style="list-style-type: none"> - Les feux de tourbières provoquent de très importantes émissions de gaz à effet de serre à l'échelle 	<ul style="list-style-type: none"> - L'oxydation de la tourbe entraîne la libération continue de gaz à effet de serre. De nos jours, l'assèchement 	<ul style="list-style-type: none"> - Les émissions de gaz à effet de serre provenant des incendies et des sols diminuent considérablement.

11. Voir : www.globalfiredata.org/updates.html

climatiques et leurs répercussions

mondiale. On estime par exemple que ces émissions représentent 40 à 45 % de l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre de l'Indonésie. (Hooijer *et al.*, 2014) En 2015, le total des émissions de gaz à effet de serre de l'Indonésie, provenant en grande partie des tourbières, s'élevait à 1,75 milliard de tonnes d'équivalent CO₂.¹¹

des tourbières est la cause de 5 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre d'origine anthropique (Joosten, 2015).
- Les tourbières dégradées sont sujettes à l'érosion ; la perte de matière organique qui s'ensuit accroît les pertes de carbone (Moore *et al.*, 2013), contribuant ainsi au changement climatique.

- Les tourbières intactes constituent une réserve de carbone importante, retenant plus de 550 gigatonnes de carbone à l'échelle mondiale. (Jaenicke *et al.*, 2008)

15. Préserver et restaurer les écosystèmes terrestres, en veillant à les exploiter de façon durable, gérer durablement les forêts, lutter contre la désertification, enrayer et inverser le processus de dégradation des sols et mettre fin à l'appauvrissement de la biodiversité

- Si les incendies détruisent les écosystèmes et la biodiversité, les nuages de poussière représentent également un danger pour les animaux sauvages. Ainsi, plus d'un tiers de la population mondiale d'orangs-outans sauvages est menacée par les pénuries alimentaires et les nuages de poussière toxiques. (*The Guardian*, 2015b)
- La lente combustion de la tourbe et l'assèchement des sols qu'elle provoque découvrent les racines des arbres et rendent la végétation tourbeuse et forestière instable.
- Les affaissements de terrain qui en résultent entraînent des chutes d'arbres et, par conséquent, la destruction de vastes pans de forêt.

- Le déboisement des tourbières altère leurs fonctions hydrologiques caractéristiques, amoindrissant ainsi leur capacité à fournir des services écosystémiques. (Dommain *et al.*, 2016)
- L'utilisation actuelle des tourbières (culture de palmiers à huile et d'acacias) nécessite un drainage important des sols, aggravant leur dégradation. (Hooijer *et al.*, 2012)
- La biodiversité des écosystèmes de tourbières est détruite et l'habitat d'espèces uniques en danger est menacé.

- La restauration des tourbières garantit la conservation et la restauration de la biodiversité, et limite l'extinction d'espèces.
- Le renforcement de la résilience environnementale contribue à réduire les conséquences des catastrophes environnementales et du changement climatique.
- L'entretien et la gestion des nappes phréatiques des tourbières diminue significativement le nombre d'incendies, permet l'accumulation du capital naturel et accroît la résilience des communautés qui dépendent des écosystèmes de tourbières. (Hooijer *et al.*, 2012 ; Moore *et al.*, 2013 et Hooijer *et al.*, 2014)



Crédits photographiques

1 Ulet Ifansati/Greenpeace 1 Kadir van Lohuizen/ONU Environnement 4 Dianna Kopansky/ONU Environnement 7 John Kalor 8 Hans Joosten
11 Hans Joosten 15 cleanenergy-project.de 15 Hans Joosten 16 Hans Joosten 16 Hans Joosten 16 Runa Lindebjerg 17 Hans Joosten 17 Hans Joosten
17 B. Nyambayar 20 Hans Joosten 21 flickr/Lip Kee 21 shutterstock/Erni 24 Hans Joosten 26 Greta Dargie 28 Kemal Jufri/Greenpeae 31 Hans Joosten
35 Natalie Behring/Greenpeace 36 Kadir van Lohuizen/ONU-Environnement 37 Hans Joosten 38 Hans Joosten 40 Ardiles Rante/Greenpeace
41 Hans Joosten 43 Hans Joosten 43 Hans Joosten 46 Hans Joosten 52 Hans Joosten 53 Hans Joosten 53 Hans Joosten 54 Hans Joosten 56 Hans Joosten
58 Hans Joosten 70 Kadir van Lohuizen/ONU-Environnement 72 Hans Joosten



www.unep.org

Programme des Nations Unies
pour l'environnement

B. P. 30552, Nairobi, 00100, Kenya

Tél. : (+254) 20 762 1234

Courriel : publications@unep.org

ONU 
environnement