



Lignes directrices sur l'inventaire des tourbières tropicales pour faciliter leur inscription sur la Liste de Ramsar

Contexte

Dans la Résolution Ramsar XII.11, *Les tourbières, les changements climatiques et l'utilisation rationnelle : Implications pour la Convention de Ramsar*, il est demandé au Groupe d'évaluation scientifique et technique de la Convention (GEST) d'«élaborer des lignes directrices pour les inventaires des tourbières en vue de leur inscription sur la Liste des zones humides d'importance internationale». Dans son plan de travail 2016-2018, le GEST recommandait de se concentrer sur les tourbières tropicales, qui présentent des taux croissants de dégradation et de perte. Le Comité permanent a ainsi identifié cette tâche comme l'une des principales priorités du GEST. La présente note d'information fournit des orientations scientifiques et techniques pour évaluer la localisation et l'étendue, la profondeur et la qualité de la tourbe, ainsi que l'état de drainage des tourbières tropicales.

Objet

La présente note d'information vise à appuyer les gestionnaires des zones humides des pays tropicaux en leur fournissant des orientations étape par étape sur la manière d'identifier, de sélectionner et d'inventorier les tourbières tropicales susceptibles d'être inscrites sur la Liste de Ramsar en utilisant le Critère 1 (la tourbière est «un exemple représentatif, rare ou unique de type de zone humide naturelle ou quasi naturelle») incluant un argument additionnel sur la régulation des changements climatiques et la capacité de stockage du carbone, et le Critère 2 (la tourbière «abrite des espèces vulnérables, menacées d'extinction ou gravement menacées d'extinction ou des communautés écologiques menacées»).

Les tourbières piègent et stockent du carbone, aident à réguler les cycles de l'eau, purifient l'eau et favorisent la richesse de la biodiversité. Elles couvrent environ 3 % de la surface terrestre, mais contiennent deux fois plus de carbone que la biomasse forestière mondiale.

Malgré l'importance de leur rôle écologique, certaines tourbières continuent d'être dégradées et détruites. Les tourbières tropicales en particulier sont drainées pour la production de combustibles, de denrées alimentaires et de fibres, ce qui entraîne des émissions de gaz à effet de serre, des incendies, l'affaissement des terrains, la dégradation du sol et la détérioration de la qualité de l'eau de surface.

Savoir où se trouvent les tourbières tropicales facilitera leur conservation, leur utilisation rationnelle et leur gestion. Elles représenteraient entre 10 et 12 % des tourbières à l'échelle mondiale, mais les informations sur leur étendue et leur localisation sont loin d'être complètes (Joosten, 2016).

La présente note d'information fournit aux gestionnaires des zones humides des pays tropicaux des lignes directrices sur l'inventaire des tourbières qui pourrait également faciliter l'inscription de sites sur la Liste de Ramsar des zones humides d'importance internationale («sites Ramsar»).

Messages clés

- Éviter le drainage des tourbières. Il provoque des émissions importantes et continues de gaz à effet de serre, des incendies destructeurs, la dégradation des sols, l'affaissement des terrains, la perte de terres productives et la détérioration de la qualité des eaux de surface.
- Localiser les tourbières tropicales et les cartographier. Ces milieux sont très répandus et diversifiés, et peuvent se trouver du niveau de la mer jusqu'en haute altitude. Les informations détaillées et complètes sur leur localisation et leur étendue sont rares, mais dans la plupart des pays, les données nationales et régionales permettent une identification initiale rapide des principales zones de tourbières.
- Un inventaire et un suivi détaillés basés sur les orientations Ramsar¹ devraient, dans la mesure du possible, être complétés par des recherches de terrain afin d'évaluer



¹ Voir le Manuel Ramsar n° 13 : *Inventaire, évaluation et suivi*, et le Manuel Ramsar n° 15 : *Inventaire des zones humides*, disponibles sur : <https://www.ramsar.org/fr/ressources/les-manuels-ramsar>.

Documents Ramsar utiles

Résolution XIII.xx : *Orientations en matière d'identification de tourbières en tant que zones humides d'importance internationale (Sites Ramsar) pour la régulation des changements climatiques mondiaux, comme argument additionnel aux critères Ramsar existants*

Résolution XII.11 : Les tourbières, les changements climatiques et l'utilisation rationnelle : Implications pour la Convention de Ramsar.

Résolution XI.14 : *Les changements climatiques et les zones humides : implications pour la Convention de Ramsar sur les zones humides.*

Résolution XI.8 Annexe 2 : *Cadre stratégique et lignes directrices pour orienter l'évolution de la Liste des zones humides d'importance internationale de la Convention sur les zones humides – révision. 2012*

Résolution X.24 : *Les changements climatiques et les zones humides.*

Résolution VIII.17 : *Lignes directrices relatives à une action mondiale pour les tourbières.*

Recommandation 7.1 : *Un Plan d'action mondial pour l'utilisation rationnelle et la gestion des tourbières.*

Recommandation 6.1 : *Conservation des tourbières.*

Fiche technique Ramsar 8 : *Gardons les tourbières humides – un gage d'avenir (2015)*

l'étendue des tourbières et l'épaisseur de la tourbe. Cela implique le carottage de la tourbe sur le terrain et (si possible) l'application de technologies de télédétection.

- Inscrire les tourbières sur la Liste de Ramsar. L'inscription de tourbières sur la Liste de Ramsar peut aider à mieux faire comprendre l'importance des services écosystémiques qu'elles fournissent, notamment la régulation des changements climatiques mondiaux, la purification de l'eau et la conservation de la biodiversité, favorisant ainsi leur conservation et leur restauration de manière plus complète.
- Les informations sur le type de tourbière, le type de tourbe (composition botanique) et l'impact du drainage renforcent l'inscription sur la Liste de Ramsar selon les Critères 1 et 2, contribuent à mettre en évidence les valeurs de la biodiversité des tourbières non drainées, et facilitent l'identification d'objectifs et d'activités de restauration propres à chaque site.

La profondeur de la tourbe, la teneur en carbone et l'impact du drainage sont particulièrement importants lorsqu'une tourbière doit être inscrite sur la Liste de Ramsar en utilisant l'argument additionnel du Critère 1 sur la régulation des changements climatiques et le stockage du carbone.

Introduction

Les tourbières représentent environ la moitié des zones humides du monde (Tiner, 2009). La tourbe est une matière végétale morte, partiellement décomposée, conservée à long terme dans des conditions de saturation en eau. Lorsqu'elles sont intactes, les tourbières fournissent de nombreux services écosystémiques : elles piègent et stockent le carbone ; elles aident à réguler les cycles de l'eau ; elles purifient l'eau ; et elles abritent une riche biodiversité. On estime qu'elles couvrent environ 3 % de la surface terrestre de la planète, mais elles contiennent deux fois plus de carbone (environ 500 gigatonnes) que la totalité de la biomasse forestière mondiale (Crump, 2017). Toutefois, les informations sur leur étendue et leur localisation sont loin d'être complètes (Joosten, 2016).

Lorsque les tourbières sont drainées, la tourbe est exposée à l'air, oxydée et libérée sous forme de dioxyde de carbone. Le problème peut encore s'aggraver, car les tourbières drainées sont menacées par les feux de tourbe, qui libèrent également de grandes quantités de gaz à effet de serre. L'émission de gaz à effet de serre s'accompagne d'un affaissement des terrains, d'une diminution de la surface de la tourbière, ce qui augmente les risques d'inondation et d'intrusion saline dans les régions côtières les plus basses (Crump, 2017).

La demande croissante de nourriture, de biocarburants (y compris d'huile de palme) et de fibres (telles que la pâte à bois) a entraîné le drainage des tourbières tropicales en Asie du Sud-Est, en Australasie, en Amérique du Sud et en Afrique. La conversion des tourbières peut causer la perte de leurs précieuses caractéristiques, telles que leur biodiversité particulière, leur capacité de stockage du carbone et, si elles sont inondées, leur caractère «terrestre». Pour éviter toute utilisation destructrice de ces écosystèmes fragiles et assurer leur conservation et leur utilisation rationnelle, il est nécessaire de les identifier, de les localiser et de les délimiter.

La présente note fournit d'abord des informations générales sur les tourbières tropicales et sur la façon de les identifier d'après les cartes et les données existantes. Elle fournit des orientations sur la réalisation d'inventaires des tourbières tropicales et sur leur éventuelle



inscription sur la Liste de Ramsar, en tenant compte de leurs diverses caractéristiques. *Les Lignes directrices sur les inventaires des tourbières en vue de leur inscription sur la Liste de Ramsar : Notes explicatives* (voir <https://www.ramsar.org/bn9-background-notes-e>) fournissent de plus amples détails sur :

- Les principales sources d'information, y compris des références par pays ;
- Les écorégions terrestres tropicales et subtropicales ayant beaucoup de tourbières et de sols organiques ;
- L'évaluation de la dégradation des tourbières (à partir d'images satellitaires et de relevés de terrain) ; et
- La cartographie pratique des tourbières.

Les tourbières tropicales et leurs caractéristiques

L'étendue des tourbières tropicales a récemment été estimée entre 30 à 45 millions d'hectares (Sorensen, 1993 ; Solomon *et al.* 2007 ; et Page *et al.* 2011) et 170 millions d'hectares (Gumbricht *et al.* 2017). Ces chiffres sont fondés sur les meilleures données scientifiques disponibles, mais l'écart dans l'estimation indique l'ampleur des incertitudes actuelles.

Les tourbières tropicales sont présentes depuis les côtes jusqu'à de hautes altitudes. Bien que toutes les tourbières aient besoin de conditions humides quasi permanentes, leur développement, leur approvisionnement en eau et leur environnement diffèrent (figure 1). Sous les tropiques, les conditions propices à la formation de tourbières se trouvent :

- Dans des régions recevant des précipitations fréquentes et abondantes (climat tropical humide) ;
- Dans des régions recevant de fortes précipitations et présentant une évapotranspiration restreinte (environnements montagnards et alpins) ;
- Dans des régions où de grands bassins versants garantissent un apport et une rétention d'eau réguliers (dépressions et plaines d'inondation) ; et
- Le long des côtes.

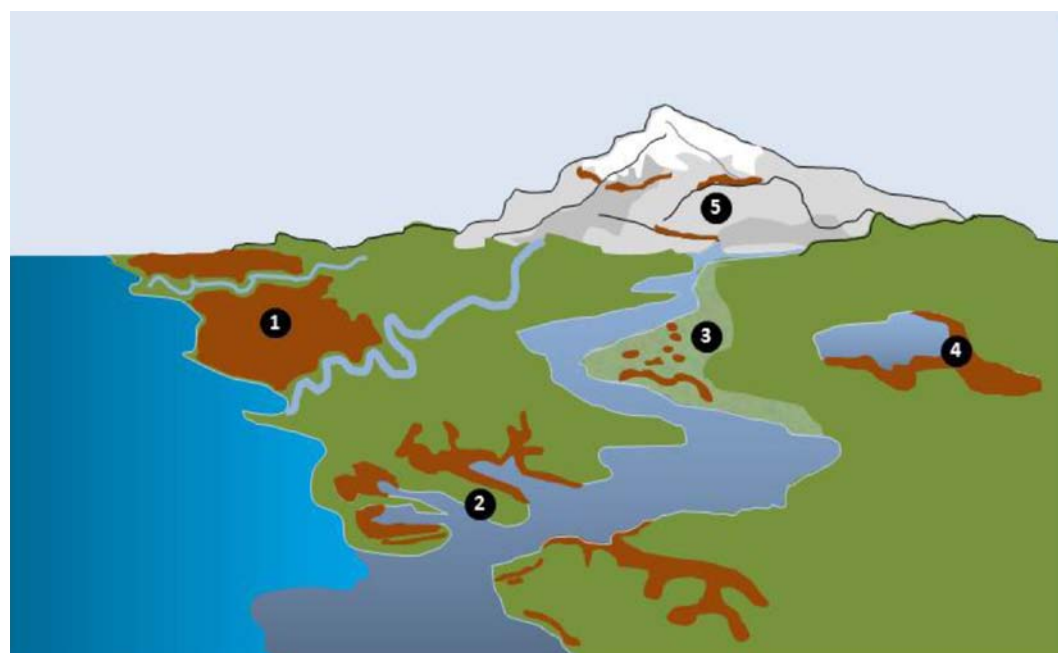
La végétation naturelle des tourbières tropicales peut comprendre des arbres (dicotylédones), des palmiers, des palétuviers, des carex, des graminées, des mousses et d'autres plantes. Cette flore diversifiée produit différents types de tourbe qui peuvent inclure du bois, des rhizomes herbacés, des racines et radicelles, ainsi que des restes de mousse. Dans la tourbe fortement décomposée (tourbe évoluée non fibreuse, *muck* en anglais), les restes de plantes sont moins reconnaissables, mais ces sols sont très sombres, en raison de la présence d'un humus abondant (matières végétales décomposées) (USDA, NRCS, 2016).

Figure 1

Environnement tropical pouvant présenter des tourbières

1. Basses terres côtières
2. Régions périphériques des zones marines, y compris les zones deltaïques, les lagunes, les marais salés et les marais des plaines d'inondation côtières
3. Plainnes d'inondation, y compris les bras morts et les dépressions
4. Zones littorales des lacs
5. Environnements montagnards et alpins, y compris les vallées contenant de la tourbe ou les zones présentant des tourbières de couverture

Source: Greifswald Mire Centre, 2017



Utiliser les cartes existantes pour identifier les tourbières

La présence de tourbe est la caractéristique déterminante des tourbières. Diverses cartes des régions tropicales indiquent la présence de tourbières d'une manière ou d'une autre, mais nombre d'entre elles doivent être interprétées avec une approche critique. Les termes anglais tels que *mire*, *marsh*, *swamp*, *fen* et *bog* (Joosten *et al.* 2017) et les termes locaux (Krasilnikov *et al.* 2009) peuvent ne pas faire de différence entre des tourbières (au sol tourbeux) et des zones humides au sol minéral. Selon les pays et les disciplines scientifiques, les tourbières ont été définies comme présentant une couche de tourbe de 20 à 100 centimètres (cm) d'épaisseur, et la tourbe comme ayant une teneur minimale en matière organique également variable selon les définitions (Joosten *et al.* 2017).

En pédologie, les sols des tourbières sont regroupés sous le concept plus large de «sols organiques» («*organic soils*» en anglais, «*suelo orgánico*» en espagnol) ou «histosols». Bien que tous les sols de tourbières soient des histosols, le concept d'histosols comprend également des sols présentant des couches organiques moins profondes et moins de matière organique que les sols des tourbières, ainsi que des sols organiques d'origine sédimentaire, comme les sédiments lacustres (IUSS Working Group WRB, 2015).

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) considère qu'un sol est organique s'il contient au moins 12 à 18 % de carbone organique, selon sa teneur en argile (IPCC, 2014). La définition du GIEC englobe toutes les tourbières et autres sols organiques, mais ne comporte aucun critère quant à l'épaisseur minimale de la couche organique afin que les pays puissent utiliser leurs propres définitions, souvent déterminées historiquement.

Les tourbières naturelles étant des zones humides, la répartition et l'étendue des zones humides d'une région donnent une première indication sur la présence éventuelle de tourbières. Le meilleur outil de télédétection pour identifier les zones saturées en eau dans les basses terres tropicales est actuellement le modèle de système expert pour la cartographie des zones humides et des tourbières tropicales intitulé *Expert system model for mapping tropical wetlands and peatlands* (CIFOR, 2016 ; Gumbrecht *et al.* 2017 ; voir <https://www.cifor.org/global-wetlands/>), qui comprend une couche d'information pour la «tourbe» (voir les *Notes explicatives*, section I). Toutefois, les tourbières situées en dehors des basses terres sont à peine couvertes par cet outil, alors que dans certaines régions, leur occurrence est surestimée. Par conséquent, des relevés de terrain sont indispensables pour obtenir l'information nécessaire à une planification détaillée de l'utilisation des terres.

Si les données directes sur la répartition des tourbières et des sols organiques font défaut, d'autres informations – p. ex sur la végétation, les sols, la topographie ou la géologie – peuvent suggérer la présence de conditions humides et éventuellement de tourbe (voir les *Notes explicatives*, section I).



Réalisation d'inventaires des tourbières en région tropicale

Le processus d'inventaire des tourbières en région tropicale est le même que dans d'autres régions du monde, et comprend trois étapes :

- I. Une étude documentaire préparatoire ;
- II. Des travaux de terrain pour évaluer l'étendue et la profondeur des tourbières ainsi que d'autres caractéristiques biotiques et abiotiques ; et
- III. Une analyse des données de terrain pour élaborer une carte des limites des tourbières et d'autres cartes thématiques (p. ex. carte de la végétation, des sols et de la géologie).

I. Étude documentaire préparatoire

L'étude documentaire est, si possible, réalisée à l'aide d'un système d'information géographique (SIG) utilisant des outils de télédétection (voir Fitoka & Keramitsoglou, 2008 ; MacKay *et al.* 2009). Des informations sont recueillies sur les caractéristiques physiques du bassin versant, telles que le relief (modèles altimétriques numériques), la géologie et l'approvisionnement en eau. Si l'accès aux SIG ou à l'imagerie satellitaire est limité, des cartes topographiques imprimées peuvent être utilisées.

Les résultats de l'étude documentaire préparatoire incluent :

- Une typologie des tourbières ;
- Un plan de carottage ;
- Une carte du drainage ; et
- Une description rapide des tourbières du pays.

Les données issues des cartes existantes sur la répartition de la tourbe, des sols organiques ou de leurs indicateurs indirects, y compris les données ponctuelles, sont intégrées dans une «carte des tourbières probables» indiquant l'emplacement et l'étendue approximatifs des tourbières.

Relief et types de tourbières

L'identification des tourbières tropicales peut se concentrer sur les écorégions et les unités de paysage où l'on s'attend à trouver des tourbières (voir la figure 1 et les *Notes explicatives*, section II). Comme différents processus hydrologiques conduisent à différents habitats de tourbières ayant des espèces et des communautés végétales caractéristiques, il est utile d'examiner le relief de la tourbière et de ses environs. Une distinction importante est faite entre les **tourbières hautes** (*bogs* en anglais) qui s'élèvent au-dessus du paysage environnant et ne sont alimentées que par l'eau de pluie, et les fagnes ou **tourbières basses** (*fens* en anglais), qui se trouvent dans les dépressions et sont également alimentées par de l'eau de ruissellement ayant été en contact avec le substrat rocheux et le sol. Alors que toutes les tourbières hautes sont acides et pauvres en nutriments, la qualité de l'eau des tourbières basses est beaucoup plus variée, car elle dépend du climat, de l'étendue, du substrat rocheux, du sol, de la végétation et de l'utilisation des terres dans le bassin versant (Joosten & Clarke, 2002).

Élaboration d'un plan de carottage

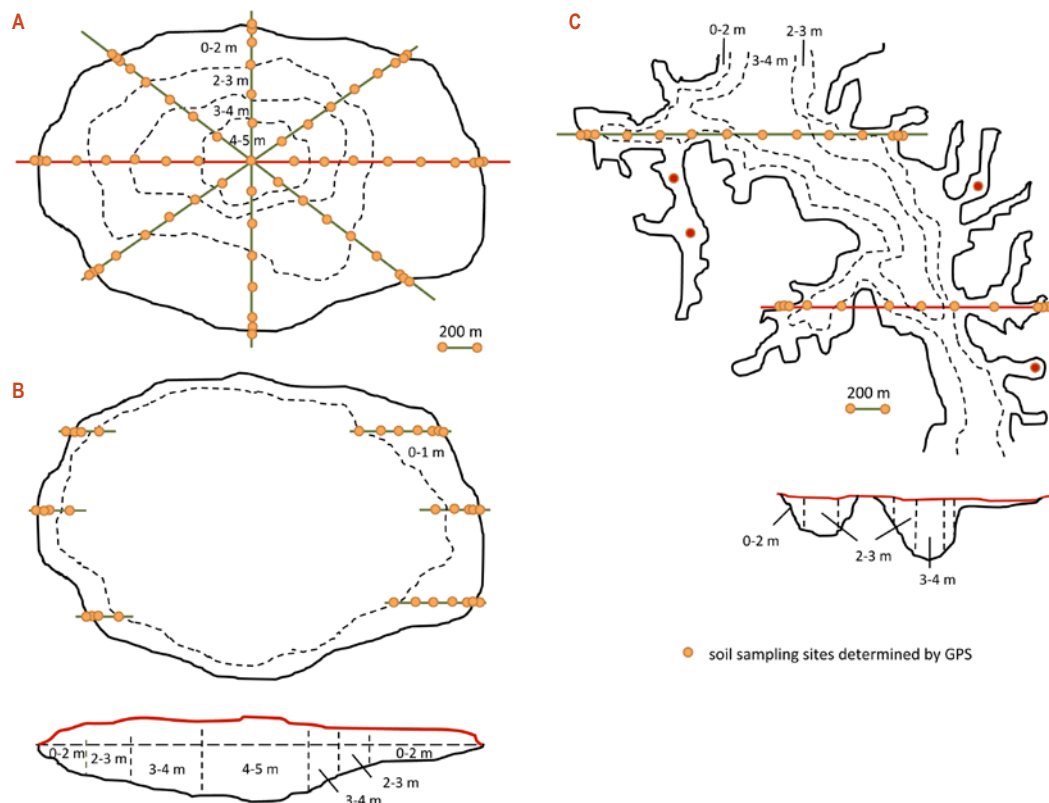
Des carottages sont réalisés pour connaître la profondeur de la tourbe et identifier sa nature. Ils sont effectués le long de transects pour réduire leur nombre sans compromettre la qualité des prélèvements (Agus *et al.* 2011). Dans le cas des tourbières de forme arrondie (comme les tourbières bombées), les transects sont répartis radialement en traversant le centre de la tourbière, avec des carottages espacés de 200 à 500 mètres (m), selon la surface de la tourbière et le niveau de précision souhaité (voir figure 2 A). Dans une vallée étroite, les transects traversent la vallée tous les 500 à 1000 m (figure 2 C) afin d'être représentatifs, et incluent également les principales vallées des affluents. Des carottages supplémentaires peuvent être effectués en dehors de ces transects pour une couverture plus complète (voir les points rouges de la figure 2 C). Dans les grandes tourbières, les transects et les sites de carottage peuvent être plus éloignés les uns des autres (voir les Notes explicatives, section IV). Des points de carottage plus rapprochés sur les limites présumées d'une tourbière permettent une délimitation plus précise.

Les coordonnées de chaque point sont enregistrées à l'aide d'un GPS ou tracées sur une carte topographique imprimée.

Les relevés effectués sur les tourbières comprennent la collecte d'échantillons de tourbe afin de déterminer la teneur en carbone et éventuellement d'autres propriétés physiques et chimiques.

Figure 2

Localisation des carottages de tourbe. Plans de carottage d'une tourbière bombée de forêt marécageuse (A et B) et d'une vallée ou dépression contenant de la tourbe (C) à l'aide de la méthode des transects (adapté d'après Agus *et al.* 2011). Voir les *Notes explicatives*, section IV, pour la localisation des carottages dans les grandes zones difficiles d'accès.



Drainage des tourbières

Une cartographie complète de l'infrastructure de drainage est essentielle, car le drainage de la tourbière et de ses environs peut avoir un impact significatif sur :

- L'approvisionnement en eau depuis le bassin versant jusqu'à la tourbière ;
- Les pertes d'eau de la tourbière ;
- Le processus de formation de la tourbe ;
- Les habitats de certaines espèces animales et végétales ; et
- La fonction de régulation de l'eau.

Le drainage partiel de la tourbière peut également affecter l'hydrologie des eaux souterraines et des eaux de surface des parties «non drainées». La cartographie de l'infrastructure de drainage est basée sur des images satellitaires ou aériennes (voir les *Notes explicatives*, section III) et enregistre (dans un SIG) la position et la longueur de toute structure de drainage visible. La profondeur et l'état des structures sont déterminés par des relevés de terrain. En cas d'accès restreint à un SIG ou à l'imagerie satellitaire, des cartes topographiques imprimées sont utilisées pour cartographier les fossés pendant les relevés de terrain.

II. Travail de terrain

Les résultats du travail de terrain peuvent inclure :

- L'identification des sols tourbeux ;
- Une description de la texture et de la composition botanique des types de tourbe ;
- Un aperçu de l'étendue, de la profondeur et de la stratigraphie de la tourbe ;
- Une évaluation des stocks de carbone de la tourbe ; et
- Une vue d'ensemble des types de tourbières et de leurs habitats.



Identification des sols tourbeux

Les sols tourbeux diffèrent des sols minéraux et nécessitent de ce fait des méthodes et des outils d'échantillonnage différents (voir tableau 1 ci-dessous). La façon la plus simple d'identifier un sol organique consiste à observer sa couleur, sa masse et sa texture :

- Les sols riches en matière organique sont foncés (principalement noirs à brun rougeâtre, ou gris à cause des cendres lorsqu'ils ont été brûlés), tandis que les sols minéraux sont plus vivement colorés (principalement gris, jaunâtres ou rouges).
- Comme la matière organique est deux à trois fois moins dense que les particules minérales (clastiques), les sols organiques sont nettement plus légers que les sols minéraux, même lorsqu'ils sont mouillés.
- La terre organique est grasse au toucher, tandis que la terre minérale peut être granuleuse si elle contient du sable, laisser un résidu poudreux sur les mains si elle contient du limon ou de l'argile (Vepraskas & Craft, 2016).

Il est recommandé de travailler avec un pédologue expérimenté connaissant bien les sols de la région, au moins pendant les premiers jours de travail de terrain.

Tableau 1. Caractéristiques des sols organiques des tourbières et des sols minéraux des zones humides en région tropicale

Caractéristiques	Sol tourbeux/organique	Sol minéral de zone humide
Teneur en carbone organique (<i>matière organique</i>)	Supérieure à 12-18 % (20-30 %) du poids sec (en fonction de la teneur en argile)	Inférieure à 12-18 % (20-30 %) du poids sec (en fonction de la teneur en argile)
Répartition de la matière organique	Matière organique répartie de manière homogène de la surface jusqu'au sol minéral au fond de la tourbe	Matière organique principalement concentrée près de la surface (dans les premiers centimètres du sol)
Facilité à brûler	Facile à brûler lorsqu'il est sec – peut être utilisé comme combustible	Difficile à brûler
Dispositif utilisé pour l'examen et l'échantillonnage du sol	Carottier à tourbe	Bêche ou tarière pédologique
Restes végétaux reconnaissables	Restes de bois, de racines et de mousse abondants	Seulement quelques petits morceaux de bois ou racines (souvent vivantes)

Identification de la texture du sol organique (d'après Vepraskas & Craft, 2016)

Les sols organiques peuvent être classés comme suit :

- **Tourbe évoluée non fibreuse** (muck en anglais), la forme la plus décomposée ;
- **Tourbe semi-évoluée semi-fibreuse** (mucky peat en anglais), la forme intermédiaire ou
- **Tourbe peu évoluée fibreuse**, la forme la moins décomposée de la matière organique.

Pour déterminer la texture du sol, prendre un échantillon de la taille d'une balle de golf (environ 4 cm) et le malaxer en boule entre les doigts et le pouce environ huit à dix fois. Ouvrir la boule en deux, et examiner l'abondance des fibres et racines de plantes non vivantes visibles. Dans la tourbe évoluée, ces fibres représentent moins d'un sixième, dans la tourbe semi-évoluée entre un sixième et trois quarts, et dans la tourbe peu évoluée plus des trois quarts de l'échantillon.

La classification en tourbe **saprique**, tourbe **hémique** et tourbe **fibrique** suit une approche similaire. La tourbe saprique est la forme la plus décomposée, la tourbe hémique est intermédiaire et la forme fibrique est la moins décomposée (Paramanathan, 2016). Des indications sont fournies ci-dessous pour estimer la densité de carbone de ces types de tourbe.

Qualité de la tourbe et du sol organique

Les tourbières tropicales présentent trois principaux types botaniques de tourbe :

- Tourbe ligneuse produite par les dicotylédones, les palmiers et les mangroves ;
- Tourbe de racines herbacées, produite par les racines, les radicelles et les rhizomes de plantes herbacées comme les carex, papyrus, roseaux, joncs ou graminées ; et
- Tourbe de mousses, produite par des mousses de tourbières et des mousses brunes.

Ces types de tourbe se présentent sous forme pure ou mixte (reflétant la diversité des conditions de formation de la tourbe). Elles peuvent comprendre différentes séquences dans un même carottage de tourbe (reflétant la succession à long terme de la tourbière) et peuvent varier au sein d'une même tourbière entre les différents sites de carottage (reflétant les anciens gradients écologiques).

La tourbe non perturbée est de couleur brun rougeâtre à noir lorsqu'elle est gorgée d'eau. Lorsqu'elle est exposée à l'air, la couleur s'assombrit généralement rapidement par oxydation superficielle. Une fois drainée, la proportion de plantes visibles ne change pas, la matière organique diminue progressivement par décomposition aérobie, et la teneur en minéraux de la tourbe augmente proportionnellement. Lorsqu'elle est complètement sèche, la tourbe est de couleur brun clair et devient très légère.

Comment procéder au carottage de la tourbe, selon un plan de carottage

Un carottier à tourbe (c.-à-d. un carottier russe de section D) est recommandé pour le carottage de la tourbe (voir encadré et De Vleeschouwer *et al.* 2011). Un carottier russe fonctionne bien dans des conditions saturées en eau et permet de prélever des échantillons de tourbe non perturbée pour des analyses de laboratoire ultérieures. Il est nécessaire de prévoir suffisamment de rallonges si la profondeur maximale de la tourbe doit être évaluée.

Évaluation de la profondeur de la tourbe et des stocks de carbone

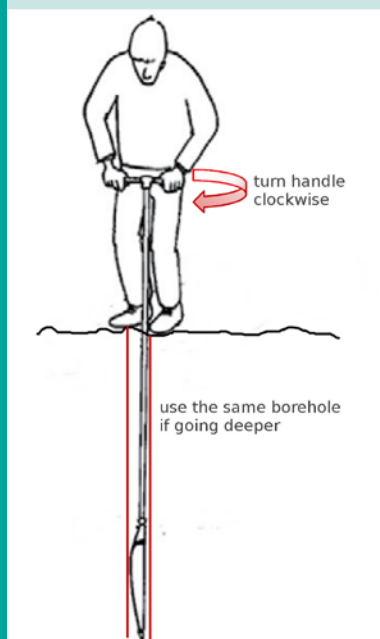
Lorsqu'il s'agit d'identifier des tourbières importantes pour la protection de la régulation climatique (zones à protéger ou «no-go-areas»), il suffit de démontrer la présence d'une couche de tourbe, car une couche de tourbe de 15 cm d'épaisseur à peine contient plus de carbone qu'une forêt renfermant un important stock de carbone (Barthelmes *et al.* 2015). Par conséquent, les relevés peuvent dans un premier temps se concentrer sur la couche supérieure du sol.

Si le stock total de carbone d'une tourbière doit être estimé, la profondeur totale de la tourbe doit être déterminée à chaque point de carottage. Cela permet de calculer par interpolation le volume total de tourbe et la teneur totale en carbone de l'ensemble de la tourbière (en multipliant le volume total par la masse de carbone par unité de volume) (voir l'encadré ci-dessous).

Outils et matériel pour effectuer le carottage de la tourbe (Adapté d'après Agus *et al.* 2011)



Rallonges
Carottier russe
Poignée



Tourner dans le sens des aiguilles d'une montre
Utiliser le même trou de carottage pour s'enfoncer plus profondément

Les outils suivants sont nécessaires pour le carottage de la tourbe :

- Un carottier russe, une poignée, des rallonges et une clé plate ou une clé à molette pour assembler et démonter les rallonges ;
- Un mètre ruban (p. ex. 50 m) pour mesurer la distance entre les points d'observation sur le transect ;
- Un couteau pour couper la végétation et les racines superficielles sur le site de carottage et pour prélever des échantillons volumétriques de tourbe dans le carottier ;
- Une brosse et des chiffons pour nettoyer le carottier ;
- Des sacs en plastique, étiquettes et marqueurs pour l'échantillonnage de tourbe ; et
- Un GPS pour déterminer l'emplacement exact du site de carottage.

Procédure pas-à-pas pour le carottage de tourbe :

1. Assembler la poignée, les rallonges (selon la profondeur de prélèvement souhaitée) et le carottier.
2. Tourner la plaque de sorte que le tube soit couvert (avec les carottiers Eijkelkamp, tourner la plaque de manière à ce que le côté convexe recouvre le tube du carottier).
3. Enfoncer le carottier verticalement dans la tourbe sans le tourner. Si une couche dure est rencontrée, ne pas trop forcer sur le carottier, car cela pourrait l'endommager. La plaque maintient le tube fermé afin qu'aucune tourbe n'y pénètre à ce stade. Le cône à l'extrémité du carottier repousse la tourbe sur le côté.
4. Lorsque le carottier a atteint la profondeur désirée, tourner la poignée de 180 degrés dans le sens des aiguilles d'une montre. Lorsque le tube tourne, il se remplit de tourbe, tandis que la plaque reste en place et ferme finalement le tube pour protéger la tourbe échantillonnée lorsque le carottier est retiré.
5. Retirer le carottier lentement et le poser sur une surface plane recouverte d'une feuille de plastique avec la plaque vers le bas. Ensuite, tourner la poignée de sorte que le tube se déplace et expose l'échantillon sur la plaque. La carotte peut maintenant être examinée et des échantillons de tourbe prélevés.

Dans les environnements côtiers et fluviaux, les couches de tourbe peuvent être entrecoupées de couches minérales. L'enregistrement des couches minérales plus épaisses lors du relevé de carottage permet un calcul plus exact du stock de carbone.

Inventaire des types de tourbières et de leurs habitats

Un inventaire détaillé sur le terrain (à des échelles cartographiques de 1 : 10 000 à 1 : 50 000) peut également être réalisé pour évaluer les communautés végétales et animales présentes, l'utilisation des terres, le drainage et la gestion des tourbières. Un tel inventaire peut utiliser les mêmes transects que le carottage de tourbe et appliquer le cadre Ramsar pour l'inventaire des zones humides (Secrétariat de la Convention de Ramsar, 2010b). Il faut veiller à couvrir la gamme complète des habitats.

III. Analyse des données de terrain

Les coordonnées GPS des points de carottage doivent être transférées dans un SIG dans lequel d'autres données (p. ex. des images satellites, des modèles altimétriques numériques et des cartes topographiques de l'humidité du sol) ou des cartes numériques (p. ex. carte de végétation ou carte géologique) peuvent être intégrées pour faciliter la délimitation des tourbières. Si l'accès à un SIG et à l'imagerie satellitaire est limité, une carte (topographique) imprimée est utilisée pour délimiter approximativement les tourbières.

Calcul de la densité apparente de la tourbe et des stocks de carbone

Stocks de carbone de la tourbe = volume de tourbe (**V**) x densité de carbone (**DC**)

Avec :

V (en m³) = superficie des tourbières (en m²) x profondeur de la tourbe (en m) ;

DC = densité apparente de la tourbe (**DT** en kg/m³) x fraction de carbone (pourcentage (%)) de carbone (C)).

DT = masse de tourbe sèche (kg) / volume de tourbe humide (m³).

Pour déterminer la densité apparente de la tourbe (DT), un ou plusieurs échantillons représentatifs d'une épaisseur comprise entre 5 cm et 10 cm sont prélevés sur le terrain dans chaque carotte de tourbe (voir Chimner *et al.* 2014). Si la tourbe remplit complètement le tube de carottage du carottier, le volume humide des tranches de tourbe peut être calculé en multipliant la section du tube ($0.5 \pi r^2$) par l'épaisseur de la tranche. Si la tourbe ne remplit pas complètement le tube de carottage, les tranches peuvent être congelées et leur volume peut être déterminé par déplacement d'eau au laboratoire. Ensuite, les échantillons sont séchés à 105°C et leur poids sec est déterminé. Les échantillons de tourbe séchée sont ensuite analysés à l'aide d'un analyseur de carbone (C).

Il existe une relation linéaire entre la densité apparente et la densité de carbone des tourbes tropicales contenant plus de 40 % de carbone organique (Warren *et al.* 2012). Lorsqu'on utilise l'équation $DC \text{ (kg/m}^3\text{)} = DT \text{ (kg/m}^3\text{)} \times 0,48 + 4,28$, aucune analyse du carbone (C) n'est requise ; seuls les échantillons prélevés sur le terrain pour la densité apparente de la tourbe sont nécessaires.

Lorsque le pourcentage de matière organique dans le sol est inférieur à celui de la tourbe pure, la densité de carbone est (de façon contre-intuitive) plus élevée, car la quantité d'eau (qui est exclue lors du calcul de la densité apparente de la tourbe) diminue et la quantité de matière clastique comme le sable, le limon et l'argile (qui sont inclus, mais qui sont beaucoup plus lourds que la matière organique) augmente (Ruehlmann & Körschens 2009). Au seuil des sols organiques (avec une teneur en matière organique de 20 à 30 % du poids du sol), la densité en carbone pourrait même correspondre au double de la valeur de la tourbe pure.

La tourbe tropicale pure non perturbée a généralement une densité de carbone d'environ 60 kg/m³ (Dommain *et al.* 2011, Warren *et al.* 2012). Pour de telles tourbes, chaque hectare de tourbière stocke 60 tonnes de carbone par épaisseur de 10 cm de tourbe.

Inscription d'une tourbière tropicale sur la Liste de Ramsar en utilisant les critères d'inscription Ramsar

L'inscription des tourbières tropicales sur la Liste de Ramsar sensibilisera le public à leur importance pour la régulation du climat mondial et pour la fourniture d'autres services écosystémiques tels que la purification de l'eau et la conservation de la biodiversité.

L'inscription d'une zone humide sur la Liste de Ramsar traduit l'engagement d'un gouvernement à prendre les mesures nécessaires pour assurer le maintien de ses caractéristiques écologiques.



Inscription des tourbières selon le Critère 1

Un site contenant un «**exemple représentatif, rare ou unique**» de tourbière dans une région biogéographique donnée peut comprendre des tourbières vierges et actives, des tourbières modifiées par l'homme se dégradant naturellement et ne formant plus de tourbe, ainsi que des tourbières restaurées. La sélection doit être basée sur une méta-analyse des informations disponibles pour les tourbières d'une région biogéographique spécifique (Convention de Ramsar, 2012).

Inscription de tourbières avec le stockage de carbone comme argument additionnel au Critère 1

Les tourbières dont on envisage l'inscription en tant que sites de démonstration en ce qui concerne le stockage de carbone et le changement climatique présenteront (certaines) des caractéristiques suivantes :

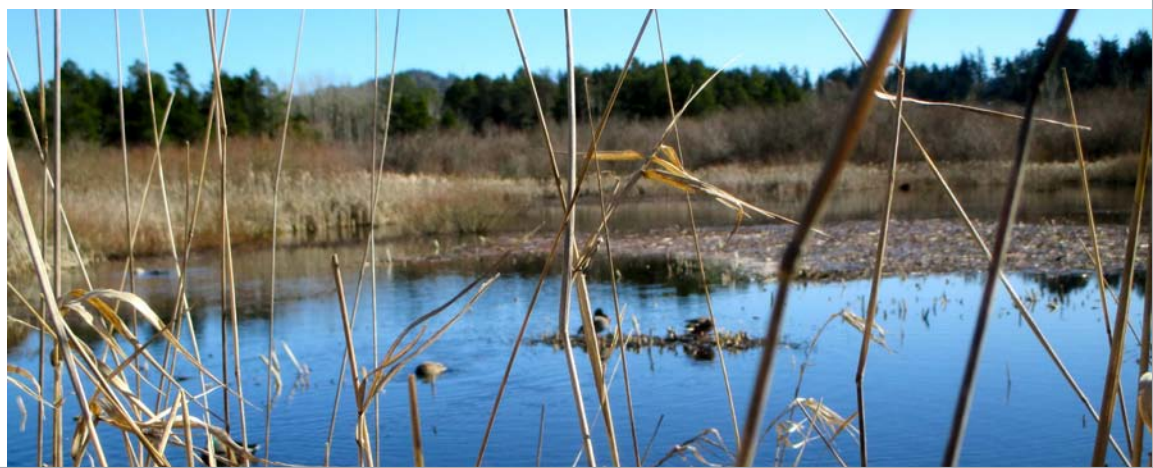
- Une grande superficie ;
- Des renseignements sur l'histoire de la région, l'utilisation des terres, l'hydrologie et le volume de tourbe afin de permettre l'évaluation des effets de la restauration, le cas échéant, sur la capacité de stockage du carbone et les flux de gaz à effet de serre, à des fins de communication et de sensibilisation ; et
- L'accessibilité des installations du site permettant de mener des activités de sensibilisation et d'éducation sur le site.

Inscription des tourbières selon le Critère 2

Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si «**elle abrite des espèces vulnérables, menacées d'extinction ou gravement menacées d'extinction ou des communautés écologiques menacées**». Cela nécessite une évaluation détaillée des espèces végétales et animales, des habitats et des complexes d'habitats présents dans la tourbière, en tenant compte de la Liste rouge mondiale ou des Listes rouges régionales de l'UICN (Convention de Ramsar, 2012).

Préparation de l'inscription

1. Déterminer la région biogéographique dans laquelle se trouve la tourbière (voir les Notes explicatives, section II). Rassembler des informations sur la tourbière, y compris sa répartition, son paysage, ses caractéristiques abiotiques et sa diversité biotique (voir les Notes explicatives, section I, ainsi que Secrétariat de la Convention de Ramsar, 2010 c). Déterminer si le site contient un «exemple représentatif, rare ou unique» de tourbière dans la région biogéographique concernée, d'après le Critère 1 (voir : Convention de Ramsar sur les zones humides, 2012).
2. Effectuer un travail de terrain pour déterminer les limites de la tourbière. Évaluer la végétation dominante, les paramètres abiotiques pertinents (tels que le pH, le niveau d'eau et la topographie) et l'impact des activités humaines.
3. Délimiter les complexes de tourbières et les habitats à partir des résultats des relevés de terrain. L'emplacement et la délimitation des tourbières devraient être éclairés par des connaissances sur le climat, la géologie, le relief, l'hydrologie et l'écologie à l'échelle du paysage, ainsi que par des données complémentaires.

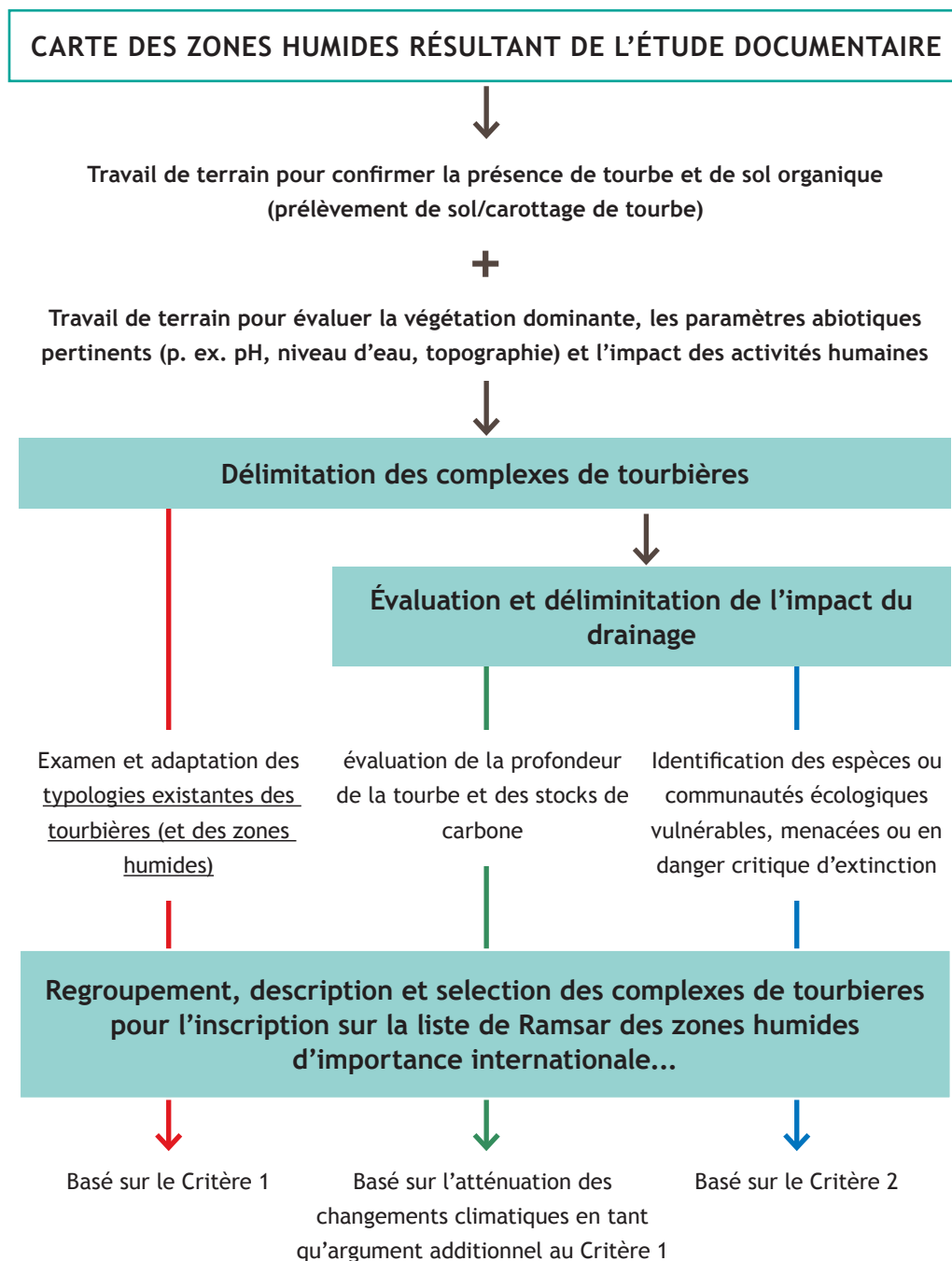


La profondeur de la tourbe, la teneur en carbone et l'impact du drainage sont particulièrement importants si une tourbière doit être inscrite sur la Liste de Ramsar en utilisant l'argument additionnel de la régulation des changements climatiques et du stockage du carbone.

Les informations sur le type de tourbière, la composition botanique de la tourbe et l'impact du drainage renforcent une inscription sur la Liste de Ramsar, aident à mettre en évidence les valeurs de la biodiversité des tourbières non drainées, et facilitent l'identification des objectifs et des activités de restauration propres au site.

Figure 3

Application des critères Ramsar pour l'inscription des zones humides d'importance internationale (Source : Greifswald Mire Centre).



Tourbières dans le système de classification Ramsar

Les tourbières étant par nature caractérisées par la présence de tourbe, alors que le système de classification Ramsar est basé sur la végétation, elles peuvent être présentes dans diverses catégories de zones humides Ramsar, notamment :

- Zones humides marines et côtières (principalement les catégories Ramsar H, I, J et K), telles que les marais intertidaux, les zones humides boisées intertidales, les lagunes côtières saumâtres/salées et les lagunes côtières d'eau douce le long des côtes tropicales. La végétation de ces zones humides est souvent dominée par les mangroves, les roseaux ou les prairies.



- Zones humides des plaines d'inondation continentales et deltas intérieurs, incluant les catégories Ramsar L (deltas intérieurs permanents), O (lacs d'eau douce permanents – plus de 8 ha), P (lacs d'eau douce saisonniers/intermittents – plus de 8 ha) et Xp (tourbières boisées), pouvant contenir des tourbières avec divers types de végétation, p. ex. le Pantanal (Brésil), la plaine d'inondation de Barotse (Zambie) ou le delta de l'Okavango (Botswana). Les forêts marécageuses de tourbière, comme dans les bassins du Congo et de l'Amazonie, se trouvent également dans ces catégories.
- Lacs d'eau douce permanents (Catégorie Ramsar O) qui contiennent de la tourbe. Les dépôts de tourbe commencent souvent sur les zones des rives peu profondes ou dans les vallées des affluents. Il s'agit par exemple des lacs Victoria et Kyoga (Ouganda) et du lac Bangweulu (Zambie).
- Tourbières ouvertes et fagnes (principalement des tourbières non boisées de la catégorie Ramsar U): elles sont très répandues, atteignent des altitudes montagneuses et alpines et présentent une végétation variée. Les tourbières peuvent être dominées par des prairies, des arbustes nains ou des mousses. En haute altitude, des espèces adaptées (souvent endémiques) sont présentes, comme dans les zones de montagne d'Afrique (Afrique de l'Est) ou dans les paramos des hautes Andes.
- Forêts marécageuses sur tourbière (Catégorie Ramsar Xp), couvrant de vastes terres basses côtières, souvent à l'arrière d'une ceinture de mangrove. De grandes zones sont situées en Asie du Sud-Est, dans le bassin du Congo, dans l'ouest de l'Amazonie et sur la côte nord-est de l'Amérique du Sud (Venezuela, Guyane, Suriname et Guyane française).
- Zones humides géothermiques (Catégorie Ramsar Zg), telles que les complexes de tourbières de source du parc national Kruger (Afrique du Sud).
- Toutes les autres catégories de zones humides, sauf Tp (mares/marais d'eau douce permanents sur sols inorganiques), Ts (mares/marais d'eau douce saisonniers/intermittents sur sols inorganiques), W (zones humides dominées par des buissons – sols inorganiques), Xf (marécages boisés sur sols inorganiques) et Zk (b) (systèmes karstiques souterrains).

Auteurs

Barthelmes, A. et Joosten, H., Greifswald, Allemagne : Greifswald Mire Centre.

Cita

Barthelmes, A. & Joosten, H. (2018). *Lignes directrices sur l'inventaire des tourbières tropicales pour faciliter leur inscription sur la Liste de Ramsar* [Note d'information Ramsar 9]. Gland, Suisse : Secrétariat de la Convention de Ramsar.

Referencias

- Agus, F., Hairiah, K. & Mulyani, A. (2011). *Measuring carbon stock in peat soils: practical guidelines*. Bogor, Indonesia: World Agroforestry Centre (ICRAF), Southeast Asia Regional Program, and the Indonesian Centre for Agricultural Land Resources Research and Development. Disponible sur : <http://www.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/MN17335.PDF>.
- Barthelmes A., Ballhorn, U. & 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 2015. Disponible sur : <http://www.simedarbyplantation.com/sites/default/files/sustainability/high-carbon-stock/consulting-reports/soil-carbon/hcs-consulting-report-5-practical-guidance-on-locating-and-delineating-peatlands-and-other-organic-soils-in-the-tropics.pdf>.
- Birchall, C.J. & Bleeker, P. (1980). *Land Systems of Sierra Leone. Land Resources and Survey Project* (SIL/73/002). Freetown, Sierra Leone: United Nations Development Programme, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Disponible sur : https://esdac.jrc.ec.europa.eu/images/Eudasm/Africa/images/maps/download/afr_sl3000_1lu.jpg.
- Chambers F.M., Beilman D.W. & Yu, Z. (2011). Methods for determining peat humification and for quantifying peat bulk density, organic matter and carbon content for palaeostudies of climate and peatland carbon dynamics. *Mires and Peat* 7: 1–10. Disponible sur : http://pixelrauschen.de/wbmp/media/map07/map_07_07.pdf.
- Chimner R.A., Ott, C.A., Perry, C.H. & Kolka, R.K. (2014). Developing and evaluating rapid field methods to estimate peat carbon. *Wetlands* 34: 1241-1246. Disponible sur : https://www.fs.fed.us/nrs/pubs/jrnl/2014/nrs_2014_chimner_001.pdf.
- Center for International Forestry Research (CIFOR). (2016). *Tropical and Subtropical Histosol Distribution, Dataverse, Version 3*. The Sustainable Wetlands Adaptation and Mitigation Program (SWAMP) (2016). Disponible sur : <https://data.cifor.org/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.17528/CIFOR/DATA.00029>.
- Convention de Ramsar sur les zones humides (2015). 12e Session de la Conférence des Parties à la Convention, Punta del Este, Uruguay, 1-9 juin 2015. *Résolution XII.11: Les tourbières, les changements climatiques et l'utilisation rationnelle: implications pour la Convention de Ramsar*. Disponible sur : <https://www.ramsar.org/document/resolution-xii11-peatlands-climate-change-and-wise-use-implications-for-the-ramsar>.
- Convention de Ramsar sur les zones humides (2012). 11e Session de la Conférence des Parties à la Convention sur les zones humides. *Cadre stratégique et lignes directrices pour orienter l'évolution de la Liste des zones humides d'importance internationale de la Convention sur les zones humides (Ramsar, Iran, 1971) – révision 2012*. Disponible sur : <https://www.ramsar.org/document/resolution-xi8-annex-2-strategic-framework-and-guidelines-for-the-future-development-of-the>.
- Crump J. (ed.). (2017). *Smoke on Water - Countering global threats from peatland loss and degradation. A UNEP Rapid Response Assessment*. Nairobi, Kenya, and Arendal, Norway: United Nations Environment Programme and GRID-Arendal. Available at : <http://www.grida.no/publications/355>.
- Dargie, G.C., Lewis, S.L., Lawson, I.T., Mitchard, E.T.A., Page, S.E., Yannick, E.B. & Ifo, S.A. (2017). Age, extent and carbon storage of the central Congo Basin peatland complex. *Nature* 542: 86-90. Disponible sur : <http://eprints.whiterose.ac.uk/111018/1/Age%2C%20extent%20and%20carbon%20storage%20of%20the%20central%20Congo.pdf>.
- De Vleeschouwer, F., Chambers, F.M. & Swindles, G.T. (2011). Coring and sub-sampling of peatlands for palaeoenvironmental research. *Mires and Peat* 7: 1-10. Disponible sur : http://pixelrauschen.de/wbmp/media/map07/map_07_01.pdf.
- Dinerstein, E., Olson, D., Joshi, A., Vynne, C., Burgess, N.D., Wikramanayake, E., Hahn, N., Palminteri, S., Hedao, P., Noss, R., Hansen, M., Locke, H., Ellis, E.C., Jones, B., Barber, C.V., Hayes, R., Kormos, C., Martin, V.,

Cris, E., Sechrest, W., Price, L., Baillie, J.E.M., Weeden, D., Suckling, K., Davis, C., Sizer, N., Moore, R., Thau, D., Birch, T., Potapov, P., Turubanova, S., Tyukavina, A., de Souza, N., Pintea, L., Truto, J.C., Llewellyn, O.A., Miller, A.G., Patzelt, A., Ghazanfar, S.A., Timberlake, J., Klöser, H., Shennan-Farpon, Y., Kindt, R., Barnekow, Lillesø, J.-P., van Breugel, P., Graudal, L., Voge, M., Al-Shammari, K.F. & Saleem, M. (2017). An Ecoregion-based approach to protecting half the terrestrial realm. *BioScience* 67: 534-545. Disponible sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5451287/>.

- Dommain R., Couwenberg, J. & Joosten, H. (2011). Development and carbon sequestration of tropical peat domes in south-east Asia: links to postglacial sea-level changes and Holocene climate variability. *Quaternary Science Reviews* 30: 999-1010. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0277379111000333>.

- Draper, F.C., Roucoux, K.H., Lawson, I.T., Mitchard, E.T.A., Honorio Coronado, E.N., Lähteenoja, O., Montenegro, L.T., Valderrama Sandoval E., Zarate, R. & Baker, T.R. (2014). The distribution and amount of carbon in the largest peatland complex in Amazonia. *Environmental Research Letters* 9: 124017. Disponible sur : <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/9/12/124017/pdf>.

- Fitoka, E., & Keramitsoglou, I. (eds.). (2008). *Inventory, assessment and monitoring of Mediterranean Wetlands: Mapping wetlands using Earth Observation techniques*. EKBY & NOA. MedWet publication. Arles, France : MedWet. Disponible sur : http://www.medwet.org/codde/8_EarthObservation/EarthObservation-Manual.pdf

- Greifswald Mire Centre (2017). *Why peatlands matter*. Disponible sur : <https://www.greifswaldmoor.de/moore-61.html>.

- Gumbrecht, T., Roman-Cuesta, R. M., Verchot, L., Herold, M., Wittman, F., Householder, E., Herold, N., & Murdiyarto, D. (2017). An expert system model for mapping tropical wetlands and peatlands reveals South America as the largest contributor. *Global Change Biology* 23: 3581-3599. Disponible sur : <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcb.13689/full>.

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. & Miller, H.L. (eds.). Cambridge, U.K. and New York, N.Y., U.S.A.: Cambridge University Press. Disponible sur : https://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg1_report_the_physical_science_basis.htm.

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014). *2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands*. Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Jamsranjav, B., Fukuda, M. & Troxler, T. (eds.), Switzerland: IPCC. Disponible sur : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/pdf/Wetlands_IPCC_Report.pdf.

- International Union of Soil Sciences (IUSS) Working Group World Reference Base (WRB). (2015). *World Reference Base for Soil Resources 2014: International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps* (Update 2015). World Soil Resources Reports No. 106. Rome, Italy: Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO). Disponible sur : <http://www.fao.org/3/i3794en/i3794en.pdf>.

- Joosten, H. (2016). Peatlands across the globe. In Bonn, A., Allott, T., Evans, M., Joosten, H. & Stoneman, R. (eds). *Peatlands and Climate change. Peatland Restoration and Ecosystem Services*. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.

- Joosten, H. & Clarke, D. (2002). *Wise use of mires and peatlands: Background and principles including a framework for decision-making*. Greifswald, Germany, and Jyväskylä, Finland: International Mire Conservation Group and International Peat Society. Disponible sur : http://www.imcg.net/media/download_gallery/books/wump_wise_use_of_mires_and_peatlands_book.pdf.

- Joosten H., Tanneberger, F. & Moen, A. (eds.). (2017). *Mires and peatlands of Europe: Status, distribution and conservation*. Stuttgart, Germany: Schweizerbart Science Publishers.

- Krasilnikov, P., Ibáñez, Marti, J.J., Arnold, R. & Shoba, S. (eds.). (2009). *A handbook of soil terminology, correlation and classification*, London, U.K., Sterling, Virginia, U.S.A.: Earthscan.

- Lawton, T., Kelly, T.J., Aplin, P., Boom, A., Dargie, G., Drape, 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. & Wheeler, J. (2015). Improving estimates of tropical peatland area, carbon storage, and greenhouse gas fluxes. *Wetlands Ecology and Management* 23: 327-346. Disponible sur : <https://link.springer.com/article/10.1007/s1273-014-9402-2>.

- MacKay, H., Finlayson, C.M., Fernandez-Prieto, D., Davidson, N., Pritchard, D., & L.M., Rebelo. (2009). The role of Earth Observation (EO) technologies in supporting implementation of the Ramsar Convention on Wetlands. *Journal of Environmental Management* 90: 2234-2242.

- Minayeva, T. & Sirin, A.A. (2012). Peatland biodiversity and climate change. *Biology Bulletin Reviews* 2: 164-175.

- Page, S.E., Rieley, J.O. & Banks, C.J. (2011). Global and regional importance of the tropical peatland carbon pool. *Global Change Biology* 17: 798-818.

- Paramananthan, S. (2016). *Organic Soils of Malaysia*. Darul Ehsan, Malaysia: Malaysia Palm Oil Council.

- Parish, F., Sirin, A., Charman, D., Joosten, H., Minayeva, T., Silvius, M. & Stringer, L. (eds.). (2008). *Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change: Main Report*. Kuala Lumpur, Malaysia : Global Environment Centre, and Wageningen, Netherlands: Wetlands International. Disponible sur : http://www.imcg.net/media/download_gallery/books/assessment_peatland.pdf.

- Ruehlmann, J. & Körschens, M. (2009). Calculating the effect of soil organic matter concentration on soil bulk density. *Soil Science Society of America Journal* 73: 876-885.

- Rydin, H. & Jeglum, J.K. (2013). *The biology of peatlands*, 2nd ed. Oxford, U.K.: Oxford University Press.

- Schuhmann, M. & Joosten, H. (2008). *Global Peatland Restoration Manual*. Greifswald, Germany: Institute of Botany and Landscape Ecology, Greifswald University. Disponible sur : http://www.imcg.net/media/download_gallery/books/gprm_01.pdf.

- Secrétariat de la Convention de Ramsar. (2010a). *Inventaire, évaluation et suivi: Cadre intégré pour l'inventaire, l'évaluation et le suivi des zones humides*. Manuels Ramsar pour l'utilisation rationnelle des zones humides, 4e édition, vol. 13. Secrétariat de la Convention de Ramsar, Gland, Suisse. Disponible sur : <https://www.ramsar.org/document/handbook-13-inventory-assessment-and-monitoring>.

- Secrétariat de la Convention de Ramsar (2010 b). *Inventaire des zones humides: Cadre Ramsar pour l'inventaire et la description des caractéristiques écologiques des zones humides*. Manuels Ramsar pour l'utilisation rationnelle des zones humides, 4e édition, vol. 15. Secrétariat de la Convention de Ramsar, Gland, Suisse. Disponible sur : <https://www.ramsar.org/document/handbook-15-wetland-inventory>.

- Secrétariat de la Convention de Ramsar (2010 c). *Inscription de Sites Ramsar: Cadre stratégique et lignes directrices pour orienter l'évolution de la Liste des zones humides d'importance internationale de la Convention sur les zones humides*. Manuels Ramsar pour l'utilisation rationnelle des zones humides, 4e édition, vol. 17. Secrétariat de la Convention de Ramsar, Gland, Suisse. Disponible sur : <https://www.ramsar.org/document/handbook-17-designating-ramsar-sites>.

- Sorensen, K.W. (1993). Indonesian peat swamp forests and their role as a carbon sink. *Chemosphere* 27: 1065-1082.

- Tiner, R. W. (2009) Global Distribution of Wetlands. In Likens G.E. (ed.). *Encyclopedia of Inland Waters*. , Oxford, U.K.: Academic Press and San Diego, U.S.A.: Elsevier.

- United States Department of Agriculture (USDA), Natural Resources Conservation Service (NRCS). (2016). Vasilas, L.M., Hurt, G.W. & Berkowitz, J.F. (eds.). *Field Indicators of Hydric Soils in the United States, Version 8.0*. USDA, NRCS, in cooperation with the National Technical Committee for Hydric Soils. Disponible sur : https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_053171.pdf.

- Vepraskas, M.J. & C.B. Craft (2016). *Wetland Soils: genesis, hydrology, landscapes, and classification* (Second Edition). Boca Raton, Florida, USA, London, UK and New York, New York, USA CRC Press.

- Vompersky, S.E., Sirin, A.A., Tsyganova, O.P., Valyaeva, N.A. & Maikov, L.A. (2005). [Mires and paludified lands of Russia: an attempt to analyse the spatial distribution and diversity] Вомперский С.Э., Сирин А.А., Цыганова О.П., Валяева Н.А. & Д.А. Майков (2005) Болота и заболоченные земли России: попытка анализа пространственного распределения и разнообразия. *Izvestiya RAN, Seriya Geografi Cheskaya* 5: 21-33 (en Russe).

- Vompersky, S.E., Sirin, A.A., Sal'nikovet, A.A., Tsyganova, O.P. & Valyaeva, N.A. (2011). Estimation of forest cover extent over peatlands and paludified shallow-peat lands in Russia. *Contemporary Problems of Ecology* 4: 734-741.

- Warren, M.W., Kauffman, J.B., Murdiyarto, D., Anshari, G., Hergoualch, K., Kurnianto, S., Purbopuspito, J., Gusmayanti, E., Afifudin, M., Rahajoe, J., Alhamd, L., Limin, S. & Iswandi, A. (2012). A cost-efficient method to assess carbon stocks in tropical peat soil. *Biogeosciences* 9: 4477-4485. Disponible sur : <https://www.biogeosciences.net/9/4477/2012/bg-9-4477-2012.pdf>.

- Yamazaki, D., Ikeshima, D., Tawatari, R., Yamaguchi, T., O'Loughlin, F., Neal, J.C., Sampson, C.C., Kanae, S. & Bates, P.D. (2017). A high accuracy map of global terrain elevations. *Geophysical Research Letters* 44: 5844-5853. Disponible sur :

Les opinions et appellations figurant dans la présente publication sont celles de ses auteurs et ne représentent pas les opinions officiellement adoptées par la Convention de Ramsar ou son Secrétariat.

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

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



Les Notes d'Information Ramsar sont publiées par le Secrétariat de la Convention de Ramsar en anglais, français et espagnol (les langues officielles de la Convention de Ramsar) sous forme électronique et sont aussi imprimées si nécessaire.

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

L'information sur le GEST peut être consultée à l'adresse: <http://www.ramsar.org/fr/a-propos/le-groupe-devaluation-scientifique-et-technique>.

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

Publié par le Secrétariat de la Convention de Ramsar

© 2018 Le Secrétariat de la Convention de Ramsar

La Convention de Ramsar



 La Convention relative aux zones humides, aussi connue sous le nom de la Convention de Ramsar, est un traité intergouvernemental mondial qui sert de cadre pour l'action nationale et la coopération internationale en faveur de la conservation et de l'utilisation rationnelle des zones humides et de leurs ressources. C'est le seul traité qui se concentre sur un seul écosystème.