



Restauration pratique des tourbières

Objectif

La présente Note d'information vise à fournir aux gestionnaires de tourbières des orientations pratiques en matière de restauration des tourbières à mettre en place sur le terrain. Elle expose les principes directeurs généraux à prendre en compte dans toute initiative de restauration et apporte des précisions sur les questions qui ne s'appliquent qu'à des cas spécifiques de restauration.

Contexte

La Résolution XIII.13 « Restauration de tourbières dégradées pour atténuer les changements climatiques et s'adapter à ces changements, améliorer la biodiversité et réduire les risques de catastrophe » demande au Groupe d'évaluation scientifique et technique (GEST) d'envisager, concernant le quatrième Plan stratégique 2016-2024, d'enrichir la compilation d'expériences pratiques sur les méthodes de restauration :

- des types de tourbières pour lesquels il n'y a pas encore d'orientations de la Convention de Ramsar,
- fondées sur une approche intégrée de la restauration des écosystèmes.

Sur la base de cette demande, la tâche 2.2 du plan de travail du GEST prévoit l'élaboration d'une Note d'information sur la restauration pratique des tourbières, qui s'appuie sur la Note d'information Ramsar No. 4 *Les avantages de la restauration des zones humides* et la Note d'information No. 10 *Wetland Restoration for Climate Change Resilience* (« La restauration des zones humides au service de la résilience au changement climatique »). La tâche requiert également un Rapport technique associé (No. 11) *Réhumidification et restauration des tourbières : lignes directrices mondiales* (2021) et une Note d'orientation (No. 5) *Restaurer les tourbières asséchées : une étape nécessaire pour atteindre les objectifs climatiques mondiaux*.

La présente Note d'information propose des informations clés sur la réhumidification et la restauration pratique des tourbières sur le terrain. Elle formule des **principes directeurs** généraux applicables à l'ensemble des pratiques de restauration des tourbières et fournit des informations détaillées sur un large éventail de **techniques de restauration**, notamment la réhumidification des tourbières par la construction de barrages-seuils et de diguettes, la mise en place de revêtements et la diminution des infiltrations d'eau. Elle aborde les options pertinentes de réimplantation et de gestion de végétation, notamment le reboisement des marécages tourbeux dans les zones tropicales, l'élimination des arbres et des buissons, la réimplantation de végétation et la remise en place de la gestion traditionnelle visant à restaurer la végétation des tourbières actives ouvertes dans les zones tempérées et boréales.



Documents utiles de la Convention sur les zones humides

[Résolution XIII.13](#) : Restauration de tourbières dégradées pour atténuer les changements climatiques et s'adapter à ces changements, améliorer la biodiversité et réduire les risques de catastrophe

[Résolution XII.11](#) : Les tourbières, les changements climatiques et l'utilisation rationnelle : implications pour la Convention de Ramsar

[Résolution VIII.16](#) : Principes et lignes directrices pour la restauration des zones humides

[Résolution XIII.12](#) : Orientations en matière d'identification de tourbières comme zones humides d'importance internationale (Sites Ramsar) pour la régulation des changements climatiques mondiaux, comme argument additionnel aux critères Ramsar existants

[Note d'information No. 4](#) : Les avantages de la restauration des zones humides

[Note d'information No. 10](#) : Wetland restoration for climate change resilience (« La restauration des zones humides au service de la résilience au changement climatique »)

Messages clés

- La réhumidification et la restauration des tourbières dégradées à une échelle jusqu'ici sans précédent sont essentielles pour respecter les objectifs de développement durable (ODD) des Nations unies et l'Accord de Paris.
- La dégradation de la tourbe a atteint des niveaux critiques et la restauration de vastes zones est désormais une priorité, notamment pour atteindre les objectifs de réduction du changement climatique fixés par la CCNUCC.
- La technique de restauration la plus importante est la réhumidification, c'est-à-dire l'élévation du niveau moyen annuel de la nappe près de la surface de la tourbe. Cela doit être fait en bloquant les structures de drainage (fossés, canaux, ravines) et, si cela s'avère insuffisant pour rétablir des niveaux d'eau élevés et stables, en construisant/favorisant des structures en surface (diguettes, buttes, arbres à racines-contreforts et à racines-échasses) pour ralentir l'écoulement de surface afin de créer une zone tampon au-dessus de la surface de la tourbe en prévision des saisons sèches.
- Les barrages-seuils et les diguettes peuvent être faits d'une large gamme de matériaux et être conçus de différentes manières, en fonction des besoins particuliers ; l'utilisation de matériaux locaux est généralement moins onéreuse. La présente note d'orientation présente plusieurs options.
- Le rétablissement d'un couvert végétal approprié est vital pour protéger la masse de tourbe, favoriser la turfigenèse, abriter la biodiversité et souvent aussi (dans les tourbières hautes à sphaignes et les forêts marécageuses tropicales sur tourbière bombée) pour rétablir des conditions hydrologiques adéquates.
- Le rétablissement d'une végétation cible peut également nécessiter l'enlèvement des arbres (dans les tourbières actives ouvertes à l'origine) et l'élimination des éléments nutritifs dans les sites enrichis en éléments nutritifs, par exemple, par l'élimination de la couche supérieure ou par phytoextraction (*cf.* paludiculture).
- La réimplantation de végétation peut être basée sur la régénération spontanée, mais peut, dans de nombreux cas, nécessiter la réintroduction de plantes, notamment par transfert de foin, de mottes de tourbe ou de sphaignes, ou encore par ensemencement ou plantation.
- La restauration ne peut que favoriser le rétablissement, mais ne peut entièrement le contrôler. Au final, c'est la nature elle-même qui doit faire le travail. Cela prendra du temps, dans de nombreux cas beaucoup de temps, des décennies, voire plus.

La problématique

La réhumidification et la restauration des tourbières dégradées à une échelle jusqu'ici sans précédent sont essentielles pour respecter les ODD et l'Accord de Paris. Pour ce faire, des orientations techniques claires et complètes sont nécessaires. La réhumidification, c'est-à-dire le rétablissement du niveau de la nappe phréatique au niveau de la surface de la tourbe ou au-dessus, est essentielle à la restauration des tourbières. En outre, le rétablissement de la végétation qui produit de la tourbe ou la protège est nécessaire pour éviter toute détérioration supplémentaire.

La présente Note d'information résume les grands principes directeurs et les techniques de terrain pour la réhumidification et la restauration des tourbières. Avec les références et le Rapport technique Ramsar No. 11, elle guidera les gestionnaires de tourbières et les décideurs de terrain vers des solutions appropriées aux problèmes et conditions de restauration au niveau local. Veuillez noter que la dégradation causée par des activités et des évolutions se produisant en dehors des tourbières n'est pas abordée dans ce document.

Introduction

Une grande partie des tourbières de la planète ont été transformées et drainées, entraînant de graves problèmes environnementaux, notamment des émissions de gaz à effet de serre à l'échelle mondiale. La restauration des tourbières a ainsi été inscrite au programme de la Convention sur les zones humides et de nombreux autres cadres d'action nationaux et internationaux.

Les mesures nécessaires à la réhumidification et à la restauration des tourbières dépendent du type de tourbière, de son degré de dégradation et des objectifs finaux de la restauration. Des informations sur la typologie des tourbières, l'établissement d'objectifs de restauration et d'autres considérations de fond sont disponibles dans le Rapport technique No. 11 *Réhumidification et restauration des tourbières : lignes directrices mondiales Ramsar*.

Orientations existantes

Pour trouver des solutions pratiques aux problèmes locaux, il convient de s'appuyer sur les informations existantes. Parmi les manuels utiles sur la restauration des tourbières, on trouve Kozulin *et al.* 2010 (Biélarus), Stańko *et al.* 2018 (Pologne, tourbières minérotrophes alcalines), Dinesen & Hahn, 2020 (tourbières ombrotrophes du Nord), Similä *et al.* 2014 (Finlande), Van Duinen *et al.* 2017 (Pays-Bas, tourbières ombrotrophes), Grosvernier & Staubli, 2009 (Suisse), Mackin *et al.* 2017 (Irlande), Wheeler & Shaw, 1995, Thom *et al.* 2019, Ferré & Martin-Ortega, 2019 (Royaume-Uni), Giesen & Nirmala Sari 2018, Agence indonésienne de restauration des tourbières (<http://brg.go.id/panduan/>), Parish *et al.* 2019 (zones tropicales, en particulier l'Asie du Sud-Est), Landry & Rochefort (2012) et Quinty & Rochefort 2003 (Canada). La présente Note d'information résume les principaux enseignements tirés de ces documents et d'autres documents d'orientation.

Orientations générales

Certains principes directeurs s'appliquent à l'ensemble des pratiques de restauration des tourbières :

- La formation de tourbe nécessite que la différence entre les niveaux d'eau (élevés) soit peu importante. Elle est freinée par des niveaux d'eau trop bas (qui favorisent l'oxydation de la tourbe) et par des niveaux d'eau trop élevés (qui réduisent la production végétale et augmentent l'érosion hydrique).
- L'humidité du sol doit être quasi permanente, car la tourbe se décompose dix fois plus vite lorsqu'elle est drainée qu'elle ne s'accumule lorsqu'elle est suffisamment humide.
- La tourbe est presque aussi légère que l'eau et donc facilement érodée si elle n'est pas protégée. La restauration doit donc disperser l'écoulement d'eau (et non le concentrer !) et rétablir la végétation sur les surfaces de tourbe nue. En outre, la tourbe doit rester humide pour empêcher l'oxydation.
- La tourbe est molle, de sorte que les machines lourdes peuvent facilement s'enfoncer, ce qui nécessite une intervention adaptée et l'embauche de travailleurs expérimentés.
- L'eau s'écoule du haut vers le bas. Afin de progresser, les activités de réhumidification doivent partir du point le plus en amont en direction du point le plus en aval.
- Les matériaux locaux (tourbe, bois, mottes, sable) sont généralement moins onéreux, et donc souvent préférés pour la construction de barrages-seuils et de diguettes. L'utilisation de matériaux extérieurs (bois durs, plastiques, métal, géotextiles) peut toutefois être nécessaire pour construire des dispositifs durables aux performances optimales.



- Au fil du temps, toute construction se détériore, est détruite (lorsque les barrages empêchent l'accès de la population locale) ou ses matériaux de valeur peuvent être volés. Les systèmes de blocage doivent donc être construits de manière intrinsèquement robuste de manière à :
 - réduire la pression et le risque d'érosion de chaque barrage-seuil en construisant une cascade de barrages-seuils avec des différences de niveau d'eau limitées (10 – 25 cm) ;
 - empêcher l'eau de se déverser par dessus le barrage-seuil ;
 - combler les fossés et les canaux (ou le faire partiellement) pour leur permettre de déborder et de se remplir de végétation, ce qui réduit les niveaux des escaliers d'eau et la pression sur les barrages-seuils.
- Laisser la nature faire son travail : en fin de compte, la nature doit se restaurer elle-même ; l'homme ne peut qu'aider, mais ne peut tout contrôler.

Des orientations plus précises sont présentées dans les sections suivantes.

Construction de barrages-seuils et de diguettes

Pour les tourbières, les niveaux d'eau élevés et stables sont essentiels. De ce fait, la construction de *barrages-seuils* (pour réduire/mettre fin aux pertes d'eau dans les fossés et les canaux) et de *diguettes* (digues et remblais pour réduire/mettre fin aux pertes d'eau au-dessus de la surface de la tourbière) est essentielle à la réhumidification et à la restauration des tourbières. Les recommandations générales concernant la construction de ces deux types d'ouvrage sont les suivantes :

- Si possible, travaillez dans des conditions sèches, c'est-à-dire pendant la période la plus sèche de l'année, ou créez des conditions plus sèches en amont ou en aval en construisant des barrages temporaires, et évacuez l'eau à l'aide d'une pompe.
- Évitez de travailler en période de gel, lorsque la tourbe et l'argile sont difficiles à manipuler et leur structure est peu stable.
- Commencez la construction des barrages dans la partie la plus en amont du système de drainage pour réduire la pression de l'eau en aval (ce qui réduit le risque de rupture des barrages) et pour maintenir la zone accessible le plus longtemps possible.
- La distance entre les barrages doit refléter la pente de la surface : un espacement plus important sur les pentes douces et un espacement moindre sur les pentes plus fortes.
- Les endroits les moins adaptés à l'implantation de barrages-seuils sont les sites comportant de grands *tussocks* et arbres (dont les racines sont difficiles à couper et peuvent constituer une voie d'infiltration de l'eau), les petites dépressions le long du profil du drain, et les bancs de tourbe fissurés, oxydés et érodés (où l'eau peut s'infiltrer).
- Pour faciliter le suivi postérieur, enregistrez la localisation de tous les barrages-seuils à l'aide d'un système mondial de localisation (GPS) d'une précision inférieure au mètre, ainsi que leurs dimensions de base (largeur, hauteur, longueur).

Matières premières

- Les barrages-seuils et les diguettes n'ont pas besoin d'être complètement imperméables, mais doivent plutôt avoir une perméabilité comparable à celle de la tourbe environnante.
- La tourbe faiblement humifiée (mesurée sur l'indice de Von Post H1-H3¹) a une conductivité hydraulique élevée. Utilisez de préférence de la tourbe humide et plus décomposée (indice de Von Post H6-H8) pour construire des barrages-seuils et des diguettes étanches. La tourbe fortement oxydée, par exemple la tourbe grattée ou le matériau excavé lorsque les fossés sont creusés, peut avoir perdu ses propriétés de rétention d'eau et doit être évitée pour la construction de barrages-seuils. Elle peut être utilisée pour remplir les fossés où la tourbe humide a été ramassée.
- La tourbe humide est lourde et il est préférable de la prélever à proximité immédiate, en amont du barrage-seuil ou de la diguette. Si la tourbe est enlevée en aval du barrage-seuil

ou de la diguette, les « cicatrices » restent plus visibles. Il faut veiller à ce qu'une série de creux d'excavation n'agisse pas comme un drain parallèle.

- Lors de la construction de gros barrages en bois comblés avec de la tourbe, il peut être nécessaire d'ajouter de la pierre ou du ciment pour solidifier l'ouvrage et pour contrer la flottabilité de la structure.
- Utilisez des essences de bois qui ne pourrissent pas facilement. Minimisez le risque de pourrissement en maintenant les constructions immergées dans l'eau ou recouvertes de tourbe bien compactée.

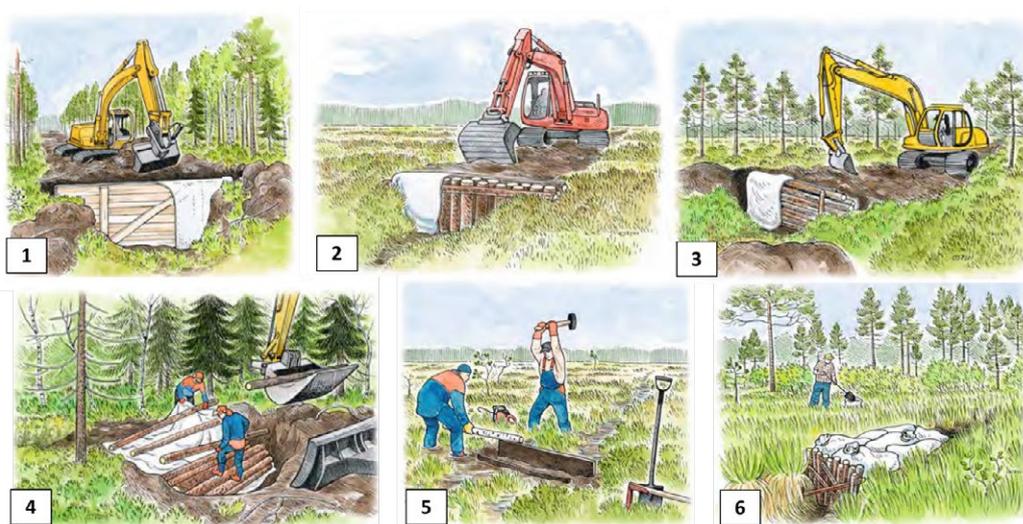
Construction de barrages-seuils

- La végétation doit être enlevée aux endroits où les barrages-seuils doivent être construits, afin d'assurer une bonne étanchéité.
- Pour éviter l'érosion, la largeur du barrage-seuil doit être supérieure à celle du drain/canal de part et d'autre du drain/canal afin de s'assurer que l'eau ne contourne pas le barrage pour retourner dans le canal. L'installation du barrage-seuil à un angle par rapport au drain (c'est-à-dire, de manière non perpendiculaire) peut empêcher l'eau de contourner le barrage.
- Les barrages-seuils doivent être suffisamment larges et comprimés avec soin pour résister à la pression de l'eau, même en période d'inondation. Ils doivent être longs d'au moins deux mètres dans le sens du fossé.
- La crête des barrages-seuils doit être plus élevée que le niveau du sol environnant pour compenser le retrait et permettre à l'eau retenue de s'écouler latéralement sur la surface de la tourbière.
- En dernier lieu, les barrages-seuils et les diguettes doivent être recouverts de végétation, afin qu'ils restent en place et que le risque qu'ils soient emportés par les inondations soit réduit. Les plaques en plastique (voir ci-après) doivent être recouvertes afin d'éviter qu'elles soient abîmées par les rayons ultraviolets.

Figure 1 :

Différents types de barrages-seuils dans le cadre de projets de restauration en Finlande.

De gauche à droite : 1. Barrage-seuil fait de planches à rainures et languettes dans des fossés larges ou fortement érodés. 2-4. Barrages-seuils en rondins de bois construits lorsque des rondins appropriés sont facilement disponibles (arbres abattus sur le site, par exemple). Si la tourbe est profonde, les rondins peuvent être enfoncés verticalement dans la tourbe. Lorsque les dépôts de tourbe ne sont que peu profonds, les rondins peuvent être placés horizontalement. Le barrage-seuil doit ensuite être recouvert d'un géotextile et de tourbe. Les barrages-seuils en rondins peuvent être stabilisés à l'aide de rondins de soutien placés perpendiculairement aux autres rondins. 5. Barrages-seuils en contreplaqué pour bloquer les fossés moins profonds. Les planches doivent être sciées à des dimensions dont la longueur et la profondeur sont supérieures à celles du fossé. Pour les mettre en place, on peut creuser des rainures dans la tourbe à l'aide d'une tronçonneuse à longue portée. Les planches peuvent ensuite être mises en place à l'aide d'un marteau, par exemple avec une masse. La tourbe doit ensuite être enlevée à la pelle entre les planches et bien tassée. 6. Des sacs de jute remplis de tourbe comprimée pour réparer les barrages-seuils sur les sites restaurés où les excavatrices ne peuvent plus travailler. Les sacs peuvent être fixés à l'aide de piquets en bois enfoncés dans la tourbe. Le géotextile utilisé pour recouvrir les planches ne couvre pas l'intégralité de l'ouvrage afin de montrer les structures sous-jacentes. (Tiré de Similä et al. 2014. Illustrations de Tupu Vuorinen).



Conception de barrage

Les types de barrage-seuil suivants sont adaptés aux petits fossés :

- Les barrages-seuils en tourbe faits de tourbe bien compactée conviennent lorsque la pente est faible et que l'eau exerce peu de pression. Plus le barrage-seuil est large (dans le sens du fossé), plus il sera stable. Pour assurer le compactage, une excavatrice doit tasser chaque couche de tourbe ajoutée.
- Les barrages-seuils en panneaux de bois (figure 2a) sont peu onéreux et efficaces. Les panneaux doivent être enfoncés d'au moins 60 cm dans la tourbe (et si possible dans le sol minéral) et installés d'au moins 60 cm de part et d'autre du fossé pour faire écran à l'écoulement de l'eau. L'ouvrage doit être stabilisé et couvert par de la tourbe bien compactée placée en amont et en aval du panneau. Des barrages-seuils similaires peuvent être construits à partir de panneaux métalliques, de plexiglas ou de plastique ondulé.
- Les barrages-seuils à doubles parois (figure 2b) sont indiqués lorsque la différence de niveau d'eau du barrage est supérieure à 50 cm. Ils sont construits en installant deux

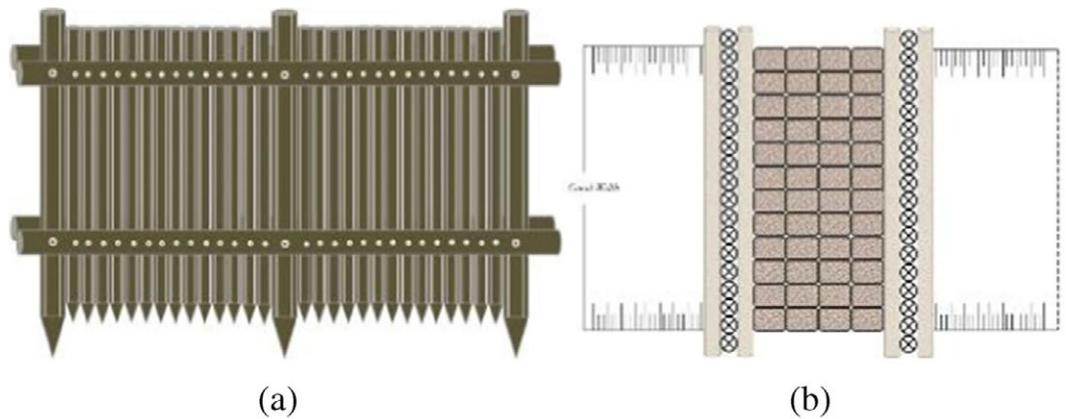
panneaux perpendiculaires dans le fossé à 3 ou 4 m l'un de l'autre et en remplissant l'espace entre les panneaux de tourbe ou de sciure.

- Les barrages-seuils en balles de paille et en rémanents de bruyère peuvent convenir pour les petits fossés. Les balles sont compactées et solidifiées à l'aide de rondins ou de différents types de piquets insérés profondément dans le fond du fossé.

Pour améliorer l'étanchéité du barrage-seuil, un géotextile peut être ajouté.

Figure 2 :

Modèles de barrages-seuils élaborés à partir a) d'une seule planche (vue de face) et b) d'une planche composite (vue de dessus) (d'après Dohong *et al.* 2018).



Les types de barrage-seuils suivants sont adaptés aux drains, fossés et canaux de taille moyenne ou importante :

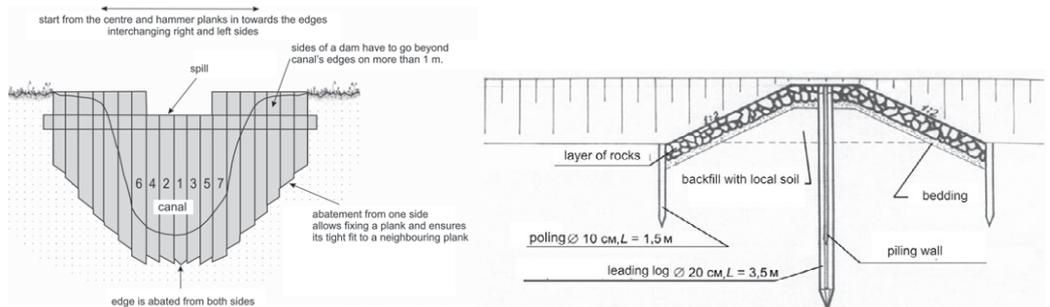
- Les barrages-seuils en tourbe compactée sont peu coûteux, se construisent rapidement et, lorsque la tourbe est bien compactée, durent au moins dix ans et souvent plus. En revanche, ils sont facilement endommagés par les personnes qui veulent rouvrir les voies navigables.
- Les barrages-seuils solides avec dérivation bloquent complètement l'effet drainant des canaux. L'eau du canal monte jusqu'au niveau de la surface libre et contourne ensuite le barrage-seuil en un large front. Les barrages-seuils solides sont faits de tourbe ou d'autres matériaux locaux constitutifs du sol, éventuellement associés à du bois. La largeur du barrage sur le dessus ne doit pas être inférieure à 3 m pour les canaux inférieurs à 4 m de large et de 5 à 10 m pour les canaux plus larges. Pour les pentes latérales, un angle de 30° par rapport au fond du canal est recommandé. La crête du barrage après compactage doit s'élever de 70 cm à 1 m au-dessus de la surface environnante (à 10-20 m du barrage) de la tourbière. Les barrages doivent s'étendre jusqu'à au moins 3 m de part et d'autre des bords des canaux, mais dans le cas de canaux plus anciens et plus affaiblis, jusqu'à la surface dominante de la tourbière. Les endroits où l'eau ne peut s'écouler que sur un front limité doivent être renforcés pour éviter l'érosion.
- Les barrages-seuils en planches de bois consistent en un empilement horizontal ou vertical de planches de bois à rainure et languette clouées ensemble (figure 3, gauche). Les planches doivent être insérées dans la tourbe au fond du fossé aussi profondément que possible et dans les parois du fossé (au moins 60 cm) pour assurer la solidité de l'ouvrage et éviter l'érosion. Pour assurer l'étanchéité, un géotextile ou une feuille de polyéthylène peut être installé sur la face amont des planches. L'ouvrage sera couvert et solidifié par de la tourbe bien compactée en amont et en aval du barrage-seuil.
- Les barrages-seuils doubles en bois avec remblayage sont réalisés lorsque la pression de l'eau est plus forte. Ils sont constitués de planches clouées et fixées à des structures en U pour assurer une meilleure stabilité.
- Les barrages-seuils en palplanches de plastique sont recommandés pour les fossés qui stockent beaucoup d'eau, comme dans les tourbières en pente ou les fossés principaux dans lesquels se jettent des fossés secondaires. Ce type de barrage doit être inséré le plus profondément possible dans le sol minéral pour éviter les fuites. Il peut être doublé pour une plus grande solidité.
- Les barrages-seuils en caissons de bois sont des structures en forme de boîte, généralement fabriqués en bois et remplis de sacs de sable ou de tourbe compactée manuellement. Ils sont onéreux, nécessitent de nombreux matériaux (bois, sacs de sable) qui doivent être apportés de l'extérieur, sont longs à construire, ne durent que peu de temps s'ils ne sont pas entretenus, et sont facilement endommagés.
- Les barrages-seuils en enrochement avec paroi de palplanches (figure 3, droite) sont utilisés pour réguler le ruissellement par débordement en cas de débit élevé (plus de 2 m³/s). Dans ce type de barrage-seuil, une paroi en bois est placée perpendiculairement

au fossé et insérée très profondément dans le sol. De chaque côté du barrage-seuil, un tas de tourbe est placé en pente en s'éloignant de l'installation sur 5 à 20 m, et une couche de pierres d'au moins 20 cm d'épaisseur est ajoutée par-dessus pour empêcher l'érosion. Les barrages doivent être construits une fois le cours d'eau asséché, en ayant recours à des barrages temporaires et en pompant l'eau, ou à un canal de dérivation temporaire.

- Les structures d'évacuation de l'eau avec des canaux en béton insérés dans un bloc de terre, qui permettent de réguler l'écoulement de l'eau dans les canaux à fort débit (3-8 m³/s).
- Les gabions sont des cages métalliques soudées entre elles, remplies de pierres et construites dans un fossé qui atteint le sol minéral. Ce ne sont pas les pierres qui bloquent l'écoulement de l'eau, mais la tourbe qui se dépose et obstrue les espaces entre les pierres. Les gabions peuvent être onéreux si le matériau doit être transporté sur le site.

Figure 3 :

Barrage-seuil en palplanches à débordement (vue de face, gauche) et barrages-seuils en enrochement avec paroi de palplanches (vue en coupe, droite) (d'après Kozulin *et al.* 2010).



Déversoirs et dérivations

Les déversoirs et les dérivations sont des ouvrages situés sur les barrages ou à proximité de ceux-ci qui permettent d'évacuer l'excès d'eau ou de garder la zone accessible (*voir* le Rapport technique No. 11).

- Si un ouvrage de débordement doit être mis en place dans un barrage-seuil, il faut veiller à ce que l'eau refoulée derrière un barrage atteigne le barrage suivant en amont, bien au-dessus de sa base, afin d'éviter que la chute d'eau ne provoque l'affouillement de la base du drain devant le barrage. La différence entre les niveaux d'eau en amont et en aval du barrage-seuil doit être limitée à 20-30 cm pour réhumidifier une grande partie de la tourbière.
- Les encoches simples permettent à une quantité d'eau de plus en plus importante de quitter la zone de manière diffuse lorsque le niveau de l'eau augmente. Plusieurs petites encoches sont ainsi plus efficaces qu'une seule grande encoche (figure 4).

Figure 4 :

Pour disperser l'écoulement d'eau, il est préférable de pratiquer plusieurs encoches dans un déversoir plutôt qu'une seule (vue de face, adapté de Landry & Rochefort, 2012).



Alors que les dérivations fixes (figure 5a) conduisent toujours à un niveau d'eau sous-optimal pour les tourbières, les barrages à clapets flexibles (figure 5b) permettent de concilier aussi simplement que possible des intérêts opposés comme celui d'obtenir les niveaux d'eau les plus élevés possibles, d'une part, et de permettre un accès permanent au canal, de l'autre.



Figure 5a : Barrages-seuils en caissons avec grand déversoir, parc national de Sebangau, Kalimantan-Central. Photo ©Wim Giesen.



Figure 5b : Barrage à clapet (Klappstau) dans le nord-ouest de l'Allemagne avec un barrage flexible entièrement praticable.



Figure 5c : Détail d'un barrage à clapet. Photo ©Hans Joosten.

Remblayage

Le remblayage (c'est-à-dire le remplissage complet des fossés/canaux) est la méthode la plus efficace pour restaurer le niveau d'eau des tourbières, mais nécessite beaucoup de tourbe ou d'autres matériaux. Pour le remblayage (également appelé *remplissage* ou *comblement*), les considérations suivantes sont à prendre en compte :

- Le matériau utilisé doit être pauvre en éléments nutritifs et imperméable. La tourbe séchée, oxydée et minéralisée est moins adaptée.
- Lorsque la tourbe est déposée dans le fossé, elle doit être compactée pour diminuer sa perméabilité. Le volume de tourbe utilisé doit être supérieur au volume du fossé en raison de la compression et de la perte de structure.
- La sciure de bois ne doit arriver qu'au niveau de la tourbière, car la sciure humide ne se tasse pas et n'a pas besoin d'être compactée. La sciure mélangée à des copeaux de bois peut être intéressante pour éliminer les troncs d'arbres abattus lors de la préparation du site.
- L'espacement entre les barrages doit être suffisamment faible pour que l'eau atteigne le niveau souhaité.
- Pour éviter l'érosion, la surface doit être recouverte de végétation.

Ravines

Les ravines sont des reliefs d'érosion créées par l'eau courante, qui s'enfoncent dans la tourbe (et dans le sous-sol minéral sous-jacent), généralement situées sur une colline.

- La tête de la ravine doit être stabilisée pour éviter l'érosion du fond de la ravine et l'érosion régressive.
- Tout comme les fossés, les ravines peuvent être bloquées ou remplies. La réimplantation de végétation (*voir* ci-après) aidera à stabiliser la tourbe.
- La hauteur des barrages-seuils des ravines peut rester inférieure à la surface de la tourbière adjacente. Cela signifie également que la nappe phréatique ne remontera pas jusqu'à la surface de la tourbe environnante.
- L'espacement entre les barrages-seuils doit être établi en fonction de la pente et de la profondeur de la ravine.
- Pour les ravines de tourbe, la largeur des barrages-seuils ne doit pas dépasser 4 m. Pour les ravines plus larges, les panneaux ou les planches de bois, les palplanches de plastique et les gabions sont plus efficaces.

Diguettes (bermes, digues) et revêtements

Une diguette est un remblai ou une barrière allongée imperméable. Elle peut être mise en place pour limiter les pertes d'eau ou pour retenir les eaux libres. Les différents types de diguette sont (figure 6) :

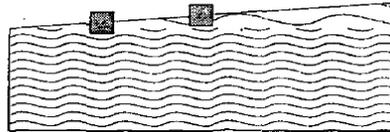
- Les diguettes de surface (ou internes), qui augmentent les niveaux d'eau sur les pentes surraïdiées. Il peut être nécessaire d'insérer une membrane en plastique pour diminuer la perméabilité de la diguette si la tourbe légèrement humifiée est le seul matériau disponible.
- Les diguettes murs (ou périphériques), qui minimisent les pertes d'eau latérales en bordure d'un vestige de tourbière isolé. Les diguettes murs doivent être suffisamment solides pour résister à de fortes pressions d'eau. Les diguettes larges sont mieux adaptées et devraient être renforcées ou être plus larges aux endroits où la pression risque d'être

plus forte. Les diguettes murs peuvent comprendre un noyau ou un revêtement à faible perméabilité pour limiter l'écoulement de l'eau à travers la diguette ou en dessous de celle-ci. Dans les massifs fortement convexes, ou irréguliers, il peut être nécessaire d'avoir deux ou plusieurs diguettes concentriques pour maintenir des conditions humides au sommet.

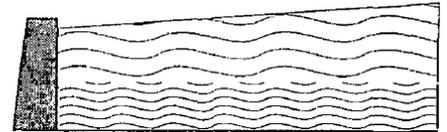
- Les diguettes parapets sont mises en place pour élever le niveau d'eau au-dessus de la surface afin que le stockage de l'eau limite les fluctuations annuelles de la nappe. Elles sont le plus adaptées lorsque la surface est plane et que la tourbe empêche les pertes d'eau par infiltration verticale.
- Les diguettes en balles de bruyère ou de paille ou en rondins de fibres de coco sont utilisées pour réduire l'érosion et l'écoulement de l'eau dans les zones de tourbe nue.

Figure 6 :
Les principaux types de diguettes (tiré de Wheeler & Shaw, 1995).

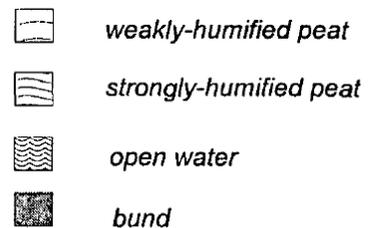
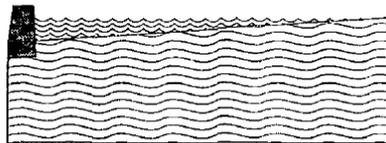
Surface bunds



Wall bund



Parapet bund



Pour la construction de diguettes de surface et de diguettes parapets, les considérations suivantes sont à prendre en compte :

- Une fois l'emplacement d'une diguette défini, la tourbe de surface et la végétation qui s'y trouvent doivent être enlevées avant la construction pour assurer un meilleur contact entre la diguette et la surface de la tourbe, et limiter le risque de fuite.
- La construction de diguettes sur une tourbe légèrement humifiée est moins efficace que sur une tourbe fortement humifiée, car la première peut provoquer des fuites sous la diguette.
- Les diguettes peuvent être réalisées à partir de tourbe fortement humifiée (« tourbe brune »), en combinaison ou non avec un revêtement polymère, un panneau de bois ou des matériaux minéraux imperméables, souvent de l'argile. La présence de bois, de branches ou d'autres débris dans la tourbe peut affaiblir une diguette et provoquer des fuites.
- Il importe de bien compacter la tourbe pour assurer son étanchéité et la rendre plus résistante à l'érosion causée par le vent et par l'eau. Il est recommandé d'utiliser de la machinerie lourde.
- La taille et la hauteur d'une diguette dépendent de sa finalité. Une hauteur de 40 à 50 cm, après compactage, est habituellement suffisante pour obtenir un stockage suffisant des eaux de surface. Les diguettes de surface et les diguettes parapets doivent initialement être construites à une hauteur suffisante pour permettre le tassement (généralement 20 à 25 cm).
- Les diguettes doivent être recouvertes de végétation pour éviter la dessiccation et l'érosion.
- Les diguettes larges sont plus résistantes à la pression de l'eau. Les diguettes plus hautes gèlent plus profondément que la zone environnante, ce qui les rend plus résistantes à l'érosion hydrique au printemps.
- Pour réguler les niveaux d'eau dans le but d'éviter l'érosion par débordement, des dispositifs permettant l'évacuation de l'eau excédentaire doivent être installés. La solution la plus simple et la plus économique consiste en un conduit de drainage avec une rotule pivotante. Une meilleure solution d'un point de vue qualitatif consiste à mettre en place un déversoir réglable, qui permet de maintenir le niveau bas pendant les premières années et de l'augmenter lentement selon les besoins.

- Il importe de déterminer la hauteur correcte du trop-plein. Les grandes étendues d'eau libre et profonde empêchent la recolonisation de la végétation et attirent le gibier à plumes et les goélands, ce qui entraîne un enrichissement en éléments nutritifs.
- Les sections doivent avoir une surface largement horizontale. L'espacement entre les diguettes doit être telle que la partie la plus haute d'une section reste saturée d'eau la majeure partie du temps, tandis que la partie la plus basse ne subit pas les effets d'une inondation profonde et prolongée.
- Les sections plus petites nécessitent des diguettes plus longues, mais brisent la zone d'eau stagnante et empêchent l'érosion par les vagues d'endommager les diguettes.
- La réhumidification de la tourbe à l'intérieur de la diguette entraînera une élévation de la tourbière, ce qui pourrait modifier les gradients et les caractéristiques d'écoulement de l'eau.
- Le sectionnement doit tenir compte des évolutions futures. Si les sections doivent un jour devenir une tourbière contiguë, elles doivent pouvoir évoluer ensemble de manière homogène pour ce qui est de leurs différences de hauteur.

Revêtements

Un revêtement polymère dans le sol ou sur une diguette peut être utilisé pour empêcher l'eau souterraine de s'écouler en dehors d'un espace de stockage, l'eau riche en éléments nutritifs provenant des terres environnantes d'y pénétrer, ou l'écoulement des eaux souterraines entre des sections adjacentes de niveaux différents.

- Les feuilles polymères sont fournies sous forme de longs rouleaux. La feuille doit être installée sur une longueur continue pour éviter tout risque de fuite. Elle est généralement posée le long de la paroi d'une tranchée creusée et remblayée avec de la terre excavée. Elle peut s'étendre légèrement au-dessus de la surface du sol à l'intérieur d'une diguette en terre.
- Les revêtements peuvent également être constitués de deux couches de géotextile en polypropylène avec des granulés de bentonite entre les deux. Un revêtement de bentonite peut être utilisé pour rendre les digues étanches.

Réduction des infiltrations d'eau

Les sites où la drainance descendante est concentrée (tels que les fossés creusés dans le sous-sol minéral) peuvent être bouchés en apportant de la tourbe ou un autre matériau imperméable (argile, bentonite).

Réimplantation et gestion de la végétation

L'approche consistant à réimplanter de la végétation dans des zones dénudées dépend du type de tourbière, de son état de dégradation et des plans pour la zone. Si des vestiges de la végétation d'origine perdurent, la réhumidification peut être suffisante pour permettre la régénération de la végétation. La réimplantation de végétation sur de la tourbe nue en pente peut nécessiter l'application de chaux, d'engrais et d'une plante de couverture (par exemple, composée de graminées pour espaces verts) pour fournir une végétation initiale.

Reboisement des forêts marécageuses tropicales sur tourbière

Le reboisement des forêts marécageuses tropicales sur tourbière s'impose pour restaurer l'hydrologie des tourbières (*voir* Rapport technique No. 11).

- La régénération naturelle non assistée dépend de la disponibilité des agents de dissémination des graines (vent et oiseaux de taille petite à moyenne) et de nouvelles pousses issues des débris végétaux. La régénération naturelle est probablement réalisable en l'absence de feu, mais elle sera lente et la diversité des espèces sera initialement faible.
- Si la régénération naturelle n'est pas suffisante, la plantation d'enrichissement peut contribuer au rétablissement. Les espèces sélectionnées doivent avoir une large tolérance écologique (espèces pionnières) et être capables de supporter l'exposition directe du soleil, un dessèchement pendant les mois secs et un certain degré d'inondation pendant la saison

humide (*voir* Rapport technique No. 11 pour plus de détails et pour des précisions sur les espèces).

- Les semis doivent être collectés dans la nature ou dans des pépinières. Il convient de privilégier des semences d'origine locale. La densité de plantation pouvait varier de 400 à 2 500 plants par ha (5 × 5m ou 2 × 2 m, respectivement). Un chargement plus élevé est recommandé pour les espèces à croissance plus lente et/ou les sites plus pauvres, pour éviter un désherbage supplémentaire notamment.
- Un mois après avoir été plantés, les semis doivent être vérifiés et ceux qui sont morts doivent être remplacés. Le désherbage doit se poursuivre jusqu'à ce que les semis dépassent la hauteur des fougères et des laïches (environ 1,5 à 2 m) ; c'est également le cas pour la régénération naturelle.
- Si les espèces pionnières sont bien établies, des espèces tolérantes à l'ombre ou nécessitant de l'ombre peuvent être plantées pour accélérer la succession vers un marécage tourbeux mixte adulte. Les espèces bénéfiques de bois et de produits forestiers non ligneux doivent être utilisées à proximité des villages ou lorsque les zones de restauration appartiennent à une communauté particulière.
- Des orientations détaillées sur la replantation sont fournies dans Nuyim, 2005, Giesen & van der Meer, 2009, Mahyudi *et al.* 2014, Wibisono & Dohong, 2017 et Parish *et al.* 2019.

Élimination des forêts, des arbres et des buissons

Certaines tourbières abritent naturellement un couvert forestier. Cependant, dans de nombreux cas, la présence d'arbres est due à la plantation, l'invasion ou à l'expansion des arbres à la suite du drainage de tourbières initialement dépourvues d'arbres ou faiblement boisées. La restauration des tourbières peut alors impliquer l'abattage des arbres.

- La réhumidification est le moyen le plus efficace d'éliminer ou de supprimer la croissance des arbres et des buissons dans les tourbières actives ouvertes à l'origine. L'abattage des arbres et des buissons peut être envisagé.
- L'arrachage à la main est une méthode efficace pour éliminer les petits semis, mais il perturbe le sol, qui peut ensuite êtreensemencé par les arbres voisins.
- Les débroussailleuses et les tronçonneuses peuvent être utilisées pour dégager manuellement les broussailles établies. Toutes deux peuvent ouvrir la tourbe sans être endommagées.
- Les recrus se produisent souvent à partir de bourgeons dormants situés sous ou juste au-dessus de la surface du sol. Il est donc important de couper l'arbre sous la surface pour réduire la repousse.
- Certaines espèces se régénèrent lorsqu'elles sont coupées et nécessitent des traitements secondaires tels que la coupe cyclique, l'annélation partielle, le pâturage ou l'inondation. L'annélation partielle tue l'arbre au-dessus de l'anneau et peut supprimer la repousse plus efficacement que l'abattage.
- L'utilisation d'herbicides doit être évitée. Ceux-ci ne doivent être utilisés que si cela est nécessaire, par exemple pour lutter contre les espèces envahissantes. Ils peuvent être appliqués directement sur les feuilles, sur le tronc ou sur la souche coupée. Leur utilisation doit être soigneusement contrôlée, tant pour des raisons touchant la santé et la sécurité que pour éviter d'affecter les espèces non ciblées.
- Dans les plantations forestières, il convient d'égaliser les crêtes élevées et les fossés afin de mettre une plus grande surface de sol en contact avec la nappe phréatique.
- Les matières ligneuses doivent être retirées du site. Le fait de laisser les rémanents sur place peut entraîner un enrichissement localisé, l'étouffement des espèces intolérantes et un risque accru d'incendie. Lorsqu'il est impossible d'enlever les rémanents, le matériel peut être épandu, mis en paillis ou utilisé pour remblayer les fossés ou les plans d'eau ouverts créés par l'homme.
- L'élimination des matières ligneuses par brûlage sur place nécessite un plan d'urgence, des conditions météorologiques optimales (humide, sans vent), un bac de brûlage surélevé recouvert de couvertures pare-flammes ou de tôles ondulées (pour éviter tout contact avec le sol tourbeux), des bêches et des battoirs (au cas où le feu deviendrait incontrôlable) et l'élimination des cendres (engrais concentré).

Restauration et sites enrichis en éléments nutritifs

Environ la moitié de la superficie des tourbières dégradées de la planète est composée de tourbières utilisées à des fins agricoles, et partiellement, souvent fortement, enrichies en éléments nutritifs. Pour réhumidifier et restaurer ces terres, trois options sont envisageables : éliminer la couche supérieure, avoir recours à la phytoextraction (*cf.* paludiculture, c'est-à-dire l'agriculture et la sylviculture humides sur tourbière) ou accepter que les tourbières hypertrophiques à faible biodiversité persistent pendant des décennies ou plus.

- La présélection des profils de profondeur pour le phosphore biologiquement disponible peut montrer si l'enlèvement de la terre végétale peut être utile, et à quelle profondeur.
- La terre excavée peut être utilisée pour remplir les fossés voisins.
- Les solutions chimiques visant à réduire la disponibilité du phosphore, telles que l'ajout de fer, de calcium ou d'argile modifiée au lanthane, se sont révélées inefficaces (Geurts *et al.* 2011).

Dans l'éventualité où les espèces souhaitées ne s'établissent pas spontanément, on peut alors envisager une réintroduction.

- Le transfert de foin consiste à faucher un site de tourbière minérotrophe donneur, lorsque les graines souhaitées sont mûres, mais encore attachées aux tiges, et à transférer le « foin » directement sur le site de restauration. Plusieurs récoltes au cours de la saison permettent d'inclure des espèces ayant des périodes de floraison différentes.
- Pour les espèces qui ne produisent pas facilement de graines viables, le transfert de petites plaques de gazon (30 cm x 30 cm) (avec une profondeur suffisante pour inclure les rhizomes) contribuera à accélérer le rétablissement des espèces des tourbières minérotrophes. Il est préférable de procéder à la transplantation au début de la période de végétation.
- Dans le cas de la plantation, le problème d'herbivorie des oies et autres oiseaux des zones humides peut être traité à l'aide de filets ou de dispositifs répulsifs.
- La méthode de restauration par transfert du tapis muscinal s'appuie sur la réintroduction active d'espèces végétales caractéristiques des tourbières, en particulier les sphaignes, conjointement à la réhumidification. Elle implique de préparer le secteur à restaurer, de collecter du matériel végétal sur un site donneur, d'épandre du matériel végétal, du paillis comme couverture protectrice et des fertilisants, de réhumidifier en bloquant le système de drainage et d'effectuer le suivi des secteurs restaurés. La méthode est décrite de manière détaillée dans Quinty & Rochefort, 2003, et des chapitres ont été révisés et réédités en 2019 et 2020.
- Une plante de couverture s'avère utile dans les sites comportant de grandes étendues de tourbe nue, pour contribuer à stabiliser la tourbe et à fournir un abri aux mousses nouvellement établies. Pour les tourbières ombrotrophes, les plantes de pépinières comprennent notamment *Eriophorum*, *Carex* et *Polytrichum strictum*.

Rétablir une gestion traditionnelle

Autrefois, de nombreuses tourbières minérotrophes naturellement ouvertes d'Europe et d'Asie orientale étaient débroussaillées et broutées pour obtenir du fourrage et de la litière et ont été, au passage, légèrement drainées. Lorsque les tourbières minérotrophes n'étaient plus exploitées, la diversité des espèces caractéristiques s'appauvriissait, la couverture de bryophytes diminuait, certaines graminées prédominaient, et les arbres et les buissons devenaient envahissants.

Un fauchage intensif peut restaurer la végétation initiale. Toutefois, la destruction de la microtopographie qui en résulte peut entraîner la disparition d'espèces de tourbières minérotrophes, de nids d'oiseaux et d'espèces figurant sur la liste rouge, ainsi qu'une acidification accrue. Il convient donc de préférer le rétablissement des conditions hydrologiques antérieures à l'exploitation, si cela est encore possible (*voir* Rapport technique No. 11).

Pour plus d'informations, consultez les références ci-après et le Rapport technique No. 11.

Auteur

Hans Joosten, Université de Greifswald et Duene e.V.,
Partenaires au Greifswald Mire Centre, Greifswald, Allemagne.

Citation

Convention sur les zones humides. (2021). *Restauration pratique des tourbières*. Note d'information No. 11. Gland, Suisse : Le Secrétariat de la Convention sur les zones humides.

Références

- Blackham, G.V., Webb, E.L. & Corlett, R.T. (2014). Natural regeneration in a degraded tropical peatland, Central Kalimantan, Indonesia: implications for forest restoration. *Forest Ecology and Management*, 324, 8–15. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112714001959>.
- Dinesen, L. & Hahn, P. (2019). Draft Ramsar Technical Report on peatland restoration and rewetting methodologies in Northern bogs. STRP22 Doc.7.2. <https://www.ramsar.org/document/strp22-doc72-draft-ramсар-technical-report-on-peatland-restoration-and-rewetting>.
- Dohong, A., Aziz, A.A. & Dargusch, P. (2019). A review of techniques for effective tropical peatland restoration. *Wetlands*, 38, 275–292. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s13157-018-1017-6.pdf>.
- Ferré, M. & Martin-Ortega, J. (2019). A User Guide for Valuing the Benefits of Peatland Restoration. An iCASP (integrated Catchment Solutions Programme) report developed in collaboration with Yorkshire Peat Partnership and Moors for the Future Partnership. 49 pp. <https://icasp.org.uk/resources/peat-resources/user-guide-for-valuing-the-benefits-of-peatland-restoration/>.
- Geurts, J.J.M., van de Wouw, P.A.G., Smolders, A.J.P., Roelofs, J.G.M. & Lamers, L.P.M. (2011). Ecological restoration on former agricultural soils: feasibility of in situ phosphate fixation as an alternative to top soil removal. *Ecological Engineering*, 37, 1620–1629. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857411002278/pdf>.
- Giesen, W. & Nirmala Sari, E.N. (2018). Tropical peatland restoration report: The Indonesian case. *Berbak Green Prosperity Partnership/Kemitraan Kesejahteraan Hijau (Ketijau Berbak)*. Jakarta, Indonesia: Euroconsult Mott MacDonald Graha CIMB Niaga 82 pp. https://www.researchgate.net/publication/323676663_Tropical_Peatland_Restoration_Report_the_Indonesian_case.
- Giesen, W. & van der Meer, P.J. (2009). Guidelines for the rehabilitation of degraded peat swamp forests in Central Kalimantan (first draft). Project report for Master Plan for the Conservation and Development of the Ex-Mega Rice Project Area in Central Kalimantan. Jakarta, Indonesia: Euroconsult Mott MacDermott, 66 p. <https://edepot.wur.nl/175467>.
- Graham, L.L.B., Giesen, W. & Page, S.E. (2017). A common-sense approach to tropical peat swamp forest restoration in Southeast Asia. *Restoration Ecology*, 25, 312–321. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/rec.12465>.
- Grosvernier, P. & Staubli, P. (2009). Régénération des hauts-marais, bases et mesures techniques. L'environnement pratique n°0918. Berne: Office fédéral de l'environnement, 96 pp. https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/schutzgebiete/uv-umwelt-vollzug/regeneration_vonhochmooren.pdf.download.pdf/regeneration_deshauts-marais.pdf.
- German version: https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/schutzgebiete/uv-umwelt-vollzug/regeneration_vonhochmooren.pdf.download.pdf/regeneration_vonhochmooren.pdf.
- Kozulin, A.V., Tanovitskaya, N.I. & Vershitskaya, I.N. (2010). Methodical recommendations for ecological rehabilitation of damaged mires and prevention of disturbances to the hydrological regime of mire ecosystems in the process of drainage. Belarus: Scientific and Practical Center for Bio Resources - Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus 39 pp. http://content-ext.undp.org/aplows_publications/2944594/Belarus_guidebook_%20peatland_restoration.pdf.
- Landry, J. & Rochefort, L. (2012). The drainage of peatlands – Impacts and rewetting techniques. Quebec, Canada: Peatland Ecology Research Group, Département de phytologie, Université Laval, 53 pp. [http://www.gret-perg.ulaval.ca/no_cache/en/pergs-publications/?tx_centrecherche_pi1\[showUid\]=5985](http://www.gret-perg.ulaval.ca/no_cache/en/pergs-publications/?tx_centrecherche_pi1[showUid]=5985).
- Mahyudi, A., Al-Zaqie, I. & Reforestasi, T. (2014). Tree planting guide: reforestation programme. Technical Report. Jakarta: Kalimantan Forest and Climate Partnership, 32 pp. http://www.forda-mof.org/index.php/download/attach/19_Tree_Planting_Guide_Reforestation_Programme1.pdf/3242.
- Mackin, F., Barr, A., Rath, P., Eakin, M., Ryan, J., Jeffrey, R. & Fernandez Valverde, F. (2017). Best practice in raised bog restoration in Ireland. *Irish Wildlife Manuals*, No. 99. Ireland: National Parks and Wildlife Service, Department of Culture, Heritage and the Gaeltacht 82 pp. https://www.npws.ie/sites/default/files/publications/pdf/IWM99_RB_Restoration_Best%20Practice%20Guidance.pdf.
- Nuyim, T. (2005). Guideline on peat swamp forest rehabilitation and planting in Thailand. Thailand: Global Environment Centre & Wetlands International – Thailand Office, 97 pp. http://www.gec.org.my/view_file.cfm?fileid=2898.
- Parish, F., Yan, L.S., Zainuddin, M.F. & Giesen, W. (eds.). (2019). Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO): Manual on Best Management Practices (BMPs) for management and rehabilitation of peatlands, 2nd edition. Kuala Lumpur, Malaysia: RSPO, 178 pp. http://www.gec.org.my/view_file.cfm?fileid=3458.
- Quilty, F. & Rochefort, L. (2003). Peatland restoration guide, second edition. Québec, Canada: Sphagnum Peat Moss Association and New Brunswick Department of Natural Resources and Energy, 106 pp. [http://www.gret-perg.ulaval.ca/no_cache/en/pergs-publications/?tx_centrecherche_pi1\[showUid\]=6192](http://www.gret-perg.ulaval.ca/no_cache/en/pergs-publications/?tx_centrecherche_pi1[showUid]=6192).
- In 2019 and 2020, chapter 4 was revised and republished in independent booklets:
- *Planning Restoration Projects* (replaces p. 13 to 24 in the 2003 Guide)
- *Site Preparation and Rewetting* (replaces p. 25 to 35 and p. 60 to 62)
- *Plant Material Collecting and Donor Site Management* (replaces p. 36 to 45)
- *Spreading of Plant Material, Mulch and Fertilizer* (replaces p. 46 to 59)
- Similä, M., Aapala, K. & Penttinen, J. (eds.). (2014). Ecological restoration in drained peatlands - best practices from Finland. Vantaa: Metsähallitus, 84 pp. <https://julkaisut.metsa.fi/julkaisut/show/1733>.
- Stańko, R., Wolejko, L. & Pawlacyk, P. (eds.). (2018). A Guidebook on Good Practices of alkaline fen conservation. Świebodzin, Poland: Klub Przyrodników Publishing House, 170 pp. http://alkfens.kp.org.pl/wp-content/uploads/2018/11/GUIDEBOOK_EN.pdf.
- Thom, T., Hanlon, A., Lindsay, R., Richards, J., Stoneman, R. & Brooks, S. (2019). Conserving bogs: The management handbook, 2nd edition. <https://www.iucn-uk-peatlandprogramme.org/sites/default/files/header-images/Resources/Conserving%20Bogs%20The%20Management%20Handbook%202nd%20Edition.pdf>.
- Van Duinen, G.-J., von Asmuth, J., van Loon, A., van der Schaaf, S. & Tomassen, H. (2017). Duurzaam herstel van hoogveenlandschappen. Kennis, praktijkervaring en kennisleemten bij de inrichting van hoogveenkeren, randzones en bufferzones. Driebergen, Netherlands: Vereniging van Bos- en 301 pp. https://www.natuurkennis.nl/Uploaded_files/Publicaties/obn212-nz-duurzaam-herstel-hoogveenlandschappen.56d5db.pdf.
- Wheeler, B.D., & Shaw, S.C. (1995). Restoration of Damaged Peatlands – with Particular Reference to Lowland Raised Bogs Affected by Peat Extraction. London, U.K.: HMSO.
- Wibisono, I.T.C. & Dohong, A. (2017). Technical guidance for peatland revegetation. Jakarta, Indonesia: Peatland Restoration Agency (BRG) of the Republic of Indonesia, 85 pp. <http://brg.go.id/download/3413/>.

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

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

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



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

Les Notes d'information Ramsar peuvent être téléchargées à l'adresse: <https://www.ramsar.org/fr/resources/notes-dinformaton>.

L'information sur le Groupe d'évaluation scientifique et technique (GEST) peut être consultée à l'adresse : <http://www.ramsar.org/fr/a-propos-le-groupe-evaluation-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 sur les zones humides à l'adresse : stp@ramsar.org.

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

© 2021 Le Secrétariat de la Convention sur les zones humides

La Convention sur les zones humides



La Convention sur les zones humides, également appelée Convention de Ramsar, est un traité mondial intergouvernemental qui sert de cadre à l'action

nationale et à la coopération internationale pour la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides et de leurs ressources.