



# Utilisation du sol adaptée aux surfaces agricoles hy- dromorphes

## Contexte et informations générales

### Auteurs et autrices

Yvonne Fabian, Catherine Hutchings, Chloé Wüst-Galley, Katja Jacot, Florian Walder, Annelie Holzkämper, Valentin H. Klaus, Markus van der Meer, Sonja Kay

### Mandant

Office fédéral de l'environnement (OFEV), Biodiversité et paysage



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,  
de la formation et de la recherche DEFR  
**Agroscope**

## Impressum

Éditeur	Agroscope Reckenholzstrasse 191 8046 Zürich <a href="http://www.agroscope.ch">www.agroscope.ch</a>
Renseignements	Yvonne Fabian
Rédaction	Erika Meili
Mise en page	
Mandataire	Office fédéral de l'environnement (OFEV) <a href="http://www.office-federal-de-l-environnement.ch">Division Biodiversité et paysage</a> , CH-3003 Berne L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).
Photos de couverture	Riziculture humide, Y.Fabian; récolte de roseaux, Greifswald-Moor-Centrum; vache Highland, Erich Szerencsits; gestion des prairies humides, C. Hutchings; culture de sphaignes, Stiftung Naturschutz im Landkreis Diepholz; bois de saule en taillis à courte rotation, FNR/Michael Weitz.
Download	<a href="http://www.terresassoleeshumides.ch">www.terresassoleeshumides.ch</a>
Copyright	© Agroscope 2024
ISSN	2296-7230

### Exclusion de responsabilité

Les informations contenues dans cette publication sont destinées uniquement à l'information des lectrices et lecteurs. Agroscope s'efforce de fournir des informations correctes, actuelles et complètes, mais décline toute responsabilité à cet égard. Nous déclinons toute responsabilité pour d'éventuels dommages en lien avec la mise en œuvre des informations contenues dans les publications. Les lois et dispositions légales en vigueur en Suisse s'appliquent aux lectrices et lecteurs; la jurisprudence actuelle est applicable.

## Table des matières

<b>Résumé</b> .....	<b>4</b>
1.1 Services fournis par les marais .....	5
1.2 État des marais.....	5
<b>2 Zones tampons de marais suffisantes du point de vue écologique</b> .....	<b>6</b>
2.1 Projet pilote A2.1 du plan d'action Stratégie Biodiversité Suisse «Atténuation des changements climatiques: une utilisation durable est bonne pour les marais suisses» .....	7
<b>3 Utilisation agricole actuelle et défis</b> .....	<b>8</b>
3.1 Problématique .....	8
<b>4 Utilisation du sol pour les sites humides à détrempés</b> .....	<b>9</b>
4.1 Remise en eau et exploitation des surfaces humides .....	12
4.2 Valorisation et commercialisation .....	13
4.2.1 Valorisation énergétique.....	13
4.2.2 Certificats/labels .....	14
<b>5 Informations complémentaires</b> .....	<b>15</b>
<b>6 Remerciements</b> .....	<b>15</b>
<b>7 Sources</b> .....	<b>15</b>

## Résumé

Dans le cadre du projet pilote de l'OFEV «Une utilisation durable est bonne pour les marais suisses», les connaissances acquises en Europe sur les utilisations agricoles possibles dans les biotopes humides ont été évaluées en vue d'une application en Suisse. Grâce à un niveau d'eau plus élevé, les utilisations alternatives étudiées montrent des effets positifs sur les sols organiques qui s'humidifient et donc aussi sur l'hydrologie des marais. Elles concernent notamment: i) la pâture avec des espèces adaptées: races bovines légères et robustes, buffles d'Asie, moutons, chevaux, poneys, cervidés et oies, ii) l'exploitation de surfaces à litière et de prairies humides, fraîches ou détrem-pées, iii) l'exploitation de surfaces de massettes et de roseaux, iv) la culture de saules à courte rotation, ainsi que la culture de sphaignes et la riziculture humide. L'élévation consécutive du niveau d'eau dans les sols organiques devrait entraîner une réduction de leurs émissions de gaz à effet de serre.

Les études scientifiques sur ces cultures alternatives ne sont pour l'instant que ponctuelles en Suisse. Elles devraient être approfondies notamment en ce qui concerne la mise en place, les facteurs environnementaux (hydrologie, flux d'éléments nutritifs, émissions de gaz à effet de serre et biodiversité), la rentabilité et la valorisation de la biomasse de ces cultures alternatives.

Les fiches techniques pour les surfaces agricoles hydromorphes, élaborées dans le cadre du projet, se trouvent sont publiées sur le [site internet terres assolées humides d'Agroscope](#) :

- Pâturage avec des races extensives et robustes (fiche Agroscope n° 170)
- Prairies (fiche technique Agroscope n° 171)
- Massette et roseau (fiche Agroscope n° 172, 173 et 174)
- Saule (*Salix* sp.) (fiche Agroscope n° 175)
- Mousses de tourbe (fiche Agroscope n° 176)
- Technique pour les surfaces humides (fiche Agroscope n° 177)

La riziculture humide constitue une autre forme d'exploitation alternative pour les sites humides (voir la fiche technique sur le riz humide d'Agroscope et d'Agroscope). Elle n'est toutefois pas adaptée aux zones tampons autour des marais en raison des besoins en engrais.

# 1 Introduction

La collection des fiches techniques «Utilisation du sol adaptée aux surfaces agricoles hydromorphes» a été développée sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) dans le cadre du projet «Une utilisation durable est bonne pour les marais suisses». Les fiches techniques sont valides pour des utilisations alternatives aussi bien dans les surfaces à proximité des marais que sur les surfaces agricoles hydromorphes. Dans le présent rapport, l'accent est mis sur la description de l'état des marais en Suisse et leurs particularités.

## 1.1 Services fournis par les marais

Les hauts et bas-marais intacts forment un espace vital naturellement humide qui héberge une multitude d'espèces rares hygrophiles mais qui rend aussi divers services sociétaux<sup>1-3</sup>:

- Régulation du régime hydrique: les tourbières possèdent une énorme capacité de rétention d'eau et contribuent à atténuer aussi bien les pics de crues que les périodes de sécheresse.
- Microclimat rafraîchissant: l'eau emmagasinée possède un potentiel de rafraîchissement pour les alentours.
- Rétention d'éléments nutritifs et de polluants: les eaux souterraines et de surface sont filtrées par les sols tourbeux qui retiennent ainsi de nombreuses substances.
- Protection du climat: les tourbières constituent un important puits de carbone, le CO<sub>2</sub> assimilé par les plantes durant leur croissance étant emmagasiné dans la tourbe après leur dépérissement.
- Fonction récréative et paysagère: les hauts et bas-marais sont non seulement des destinations de loisirs de proximité appréciées mais aussi des paysages authentiques en forte régression.
- Coffre aux trésors historiques : des couches vieilles de plusieurs millénaires sont conservées dans les tourbières hautes. Des couches plus profondes peuvent, par exemple, fournir des informations sur la végétation peu après l'ère glaciaire grâce à l'analyse du pollen.

## 1.2 État des marais

Au cours des 200 dernières années, près de 90 % des marais de Suisse ont été détruits<sup>1</sup>. Dès la première moitié du XVIIIème siècle, de grandes quantités de tourbe ont été extraites des hauts-marais. Mais c'est surtout à partir du XIXème siècle que l'on a endigué les grands cours d'eau et asséché de nombreuses zones humides pour lutter contre la malaria, protéger contre les crues et gagner des surfaces agricoles et sylvicoles. Au début du XXème siècle, la Suisse ne comptait pratiquement plus aucun marais exempt de drainage<sup>4</sup>. La première étape pour enrayer ce recul dramatique des marais a été l'acceptation de l'initiative de Rothenthurm en 1987, en réaction au projet de place d'armes dans le site marécageux de Rothenthurm (figure 1). Suite à l'acceptation de l'initiative, les ordonnances fédérales sur les hauts-marais, les bas-marais et les sites marécageux d'importance nationale – de même que les inventaires correspondants – sont entrés en vigueur entre 1991 et 1996<sup>5</sup>.

Toutefois, le suivi des effets de la protection des biotopes en Suisse de ces dernières années a montré que l'apport en nutriments était trop élevé et que les biotopes marécageux continuaient de s'assécher<sup>4</sup>. Habitat de nombreuses espèces rares, ces milieux extrêmement sensibles qui fournissent en outre à la société des services écosystémiques divers, tels que le stockage du carbone ou la filtration de l'eau, restent ainsi menacés<sup>5,6</sup>. Un dimensionnement trop juste des zones tampons écologiques entourant les marais (zones tampons trophiques, biologiques et hydrologiques), ainsi qu'une mise en œuvre et un respect insuffisants de ces zones sont l'une des causes de la dégradation des marais<sup>5</sup>. Le manque d'eau dans les biotopes marécageux s'explique par l'effet persistant des anciens fossés et conduites de drainage, de même que par la déviation de l'eau par les routes et autres infrastructures. La soustraction d'eau est également le fait de captages d'eau et de sources dans le bassin versant<sup>5</sup>.



Figure 1: Protection et utilisation des surfaces dans la plaine marécageuse de Rothenthurm, canton de SZ 2022. Photo: Catherine Hutchings, Agroscope

## 2 Zones tampons de marais suffisants du point de vue écologique

En Suisse, les biotopes marécageux d'importance nationale sont protégés dans leur intégralité au niveau constitutionnel. Les articles 4 de l'[ordonnance sur la protection des hauts-marais et des marais de transition d'importance nationale](#) (RS 451.32, ordonnance sur les hauts-marais) et de l'[ordonnance sur la protection des bas-marais d'importance nationale](#) (RS 451.33, ordonnance sur les bas-marais) précisent que:

- les marais doivent être conservés intacts,
- dans les zones marécageuses détériorées, la régénération doit être encouragée dans la mesure où elle est judicieuse,
- la flore et la faune indigènes ainsi que les éléments écologiques indispensables à leur existence doivent être conservés et développés et
- les particularités géomorphologiques doivent être conservées.

Pour atteindre ces objectifs, les cantons doivent:

- définir précisément les limites des objets et
- délimiter des zones tampons suffisantes du point de vue écologique (selon Art. 14, al. 2 OPN).

La notion de «zones tampons suffisantes du point de vue écologique» a été clarifiée par le Tribunal fédéral pour les biotopes marécageux ([BGE/ATF 124 II 19 consid. 3.a p.22 de 1997](#)). Cet arrêté constitue un précédent et précise qu'une zone tampon suffisante d'un point de vue écologique doit en principe comprendre les surfaces nécessaires pour assurer les diverses fonctions suivantes :

- une **zone tampon trophique**, afin de réduire ou prévenir l'engraissement indirect des marais pauvres en éléments nutritifs;
- une **zone tampon biologique** qui sert d'espace vital aux espèces animales et végétales spécifiques des biotopes marécageux et des zones de transition<sup>7,8</sup>;
- une **zone tampon hydrologique** (figure 2), dans laquelle aucune modification du régime hydrique susceptible de compromettre l'approvisionnement en eau nécessaire à la conservation des marais n'est tolérée.

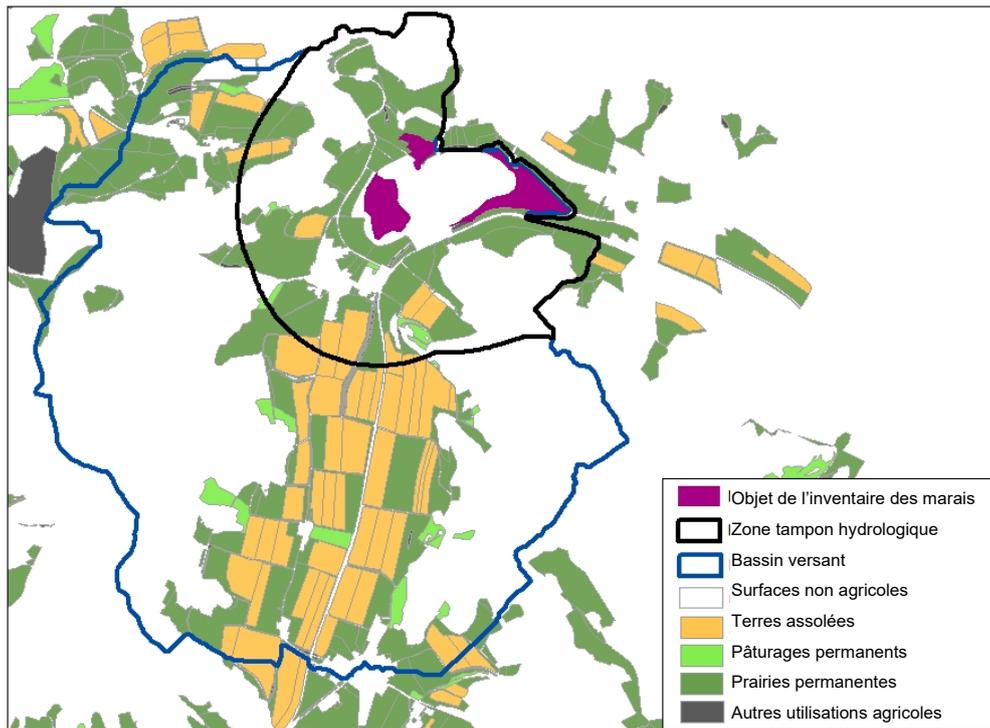


Figure 2: Exemple d'un marais avec une zone tampon hydrologique définie par le canton et les utilisations actuelles agricoles et non agricoles.

D'autres termes tels que "périmètre hydrologique indicatif" peuvent être utilisés à la place de la "zone tampon hydrologique" utilisée ici. Cela s'explique par le fait que le périmètre d'indication hydrologique des marais a été calculé pour tous les objets nationaux dans le projet. Le périmètre d'indication hydrologique des marais est une étape préliminaire de la zone tampon hydrologique. Dans le cadre du projet, les bases dont le canton a besoin pour délimiter le tampon hydrologique sont élaborées pour un marais par canton. Dans les faits, il n'existe actuellement pas encore de zones tampons hydrologiques en Suisse.

## 2.1 Projet pilote A2.1 du plan d'action Stratégie Biodiversité Suisse «Atténuation des changements climatiques: une utilisation durable est bonne pour les marais suisses»

Le projet pilote A2.1 du plan d'action Stratégie Biodiversité Suisse (PA SBS) vise à améliorer l'approvisionnement en eau des marais et à mettre en évidence les possibilités d'utilisation, afin de garantir leur existence à long terme et leur rôle essentiel dans la protection de la biodiversité et du climat. Il s'appuie sur les outils développés entre 2014 et 2018 par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), avec le soutien de 16 cantons, dans le cadre du concept «[espace marais](#)». L'objectif de celui-ci était d'élaborer un modèle conciliant la protection et l'utilisation des bassins versants des zones marécageuses d'importance nationale. Sur la base des connaissances les plus récentes, il s'agira de définir des méthodes appropriées de revalorisation, de renaturation et d'utilisation et d'en vérifier l'applicabilité à l'aide d'exemples concrets. La mise en œuvre se fera en collaboration avec plusieurs cantons ainsi qu'avec des représentants de l'agriculture et doit intégrer plusieurs régions biogéographiques.

L'un des principaux objectifs de ce projet pilote est de montrer comment assurer la protection des biotopes marécageux grâce à un approvisionnement suffisant en eau de bonne qualité. Pour cela, il est essentiel de concevoir des routes à fondation perméable et de renoncer aux structures trop drainantes, telles que drains à ciel ouvert, drainages souterrains ou captages d'eau. Une exploitation agricole adaptée à proximité des marais peut y contribuer. On peut partir du principe que, selon le type de marais et les perturbations existantes, des solutions très différentes permettront d'atteindre l'objectif. Pour certains marais, des mesures dans les marais protégés pourraient conduire à des améliorations significatives. Dans d'autres marais, des efforts accrus sont nécessaires dans les environs. Par exemple, en ralentissant l'eau accélérée par des drainages sur une surface réhumidifiée. Les projets d'amélioration foncière offrent la possibilité de prendre en compte des mesures d'amélioration de l'hydrologie sur les sols

organiques. Pour ce faire, Agroscope a analysé les bases existantes, issues d'expériences acquises en Europe en termes d'utilisation adaptée au site autour des biotopes marécageux, et a élaboré des propositions pour la Suisse sous la forme de fiches techniques. Le projet vise également à définir, au travers de zones pilotes, quelles formes d'utilisation pourraient être mises en œuvre localement ou à l'échelle suisse, et dans quelles conditions.

### 3 Utilisation agricole actuelle et défis

Actuellement, les surfaces entourant les marais d'importance nationale utilisées par l'agriculture se composent principalement de pâturages et de prairies permanentes. Les surfaces à litière et – surtout sur le Plateau – les prairies artificielles et les terres assolées, notamment pour la culture maraîchère, sont également répandues (figure 3). On sait peu de choses sur la répartition exacte des types de sols. Les biotopes marécageux protégés sont pour la plupart entourés d'anciens sols tourbeux ou de sols de transition (sols dont les horizons organiques sont peu profonds ou sols minéraux riches en carbone)<sup>12,13</sup>, auxquels font suite des sols minéraux. Les sols tourbeux drainés s'affaissent et se tassent. Cet affaissement intervient directement après le drainage: l'eau étant évacuée des pores, la terre n'est plus stable et le sol s'effondre sur lui-même. L'apport d'oxygène permet alors à la décomposition microbienne de reprendre. Ce processus de minéralisation conduit à une dégradation durable de la matière organique et, par conséquent, à des émissions de CO<sub>2</sub> (volatilisation des sols). De fait, l'épaisseur des sols ne cesse de diminuer, jusqu'à ce qu'elle atteigne le niveau des drains. L'eau stagne donc davantage et la productivité agricole diminue<sup>9</sup>. Indépendamment de leur utilisation actuelle, de nombreuses surfaces réclament un drainage continu afin d'abaisser le niveau d'eau et de maintenir une utilisation intensive<sup>11</sup>. Une enquête menée auprès des cantons en 2008 a révélé que pour près d'un tiers des systèmes de drainage en Suisse, soit on ignorait dans quel état ils se trouvaient, soit on avait connaissance de leur mauvais état<sup>15</sup>. Des rénovations semblaient donc nécessaires pour maintenir le niveau de production. Les coûts totaux ont été estimés entre 4 et 5 milliards de francs suisses et, selon le rapport, les sommes investies jusqu'ici pour l'exploitation et l'entretien des installations de drainage sont loin de suffire pour un renouvellement complet<sup>15</sup>.

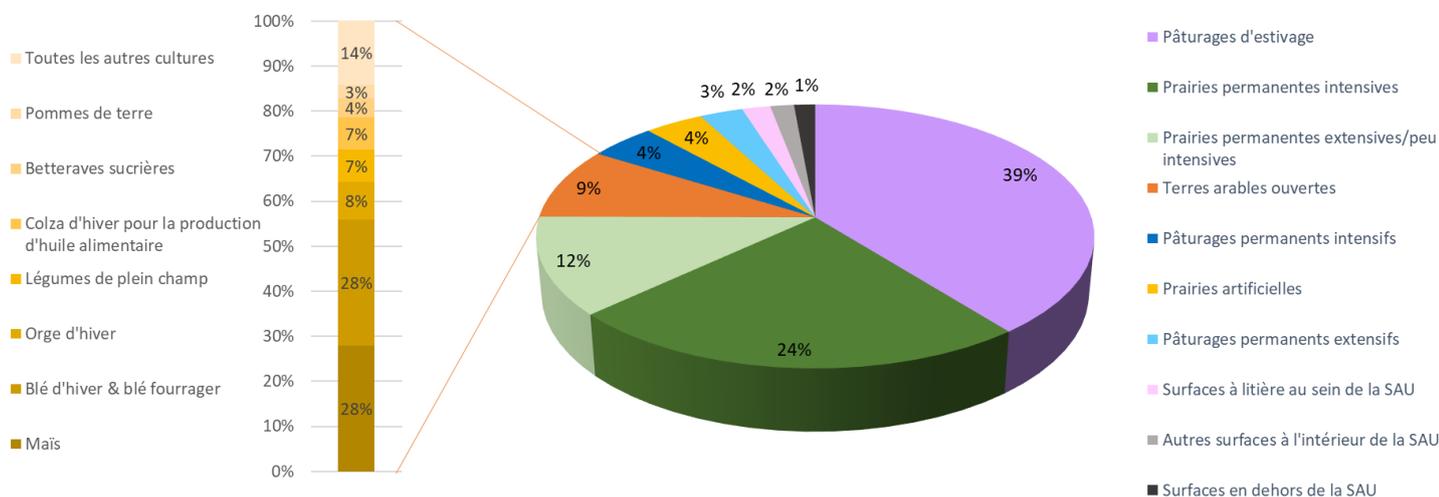


Figure 3: Parts des différentes utilisations dans les surfaces entourant les marais en Suisse (jusqu'à 500 m au-dessus des biotopes marécageux protégés et jusqu'à 25 m au-dessous). Source: calculs basés sur les banques de données suivantes: swisstopo (2020): swissALTI3D Office fédéral de topographie; OFEV (2017): Inventaire fédéral des hauts-marais et des marais de transition d'importance nationale; OFAG (2021): Surfaces agricoles cultivées

#### 3.1 Problématique

De nombreuses formes d'utilisation actuelles contribuent à l'assèchement et à l'eutrophisation des biotopes marécageux protégés. Dégradés, les marais ne peuvent plus fournir à la société les mêmes services écosystémiques que lorsqu'ils sont intacts : stockage du carbone, rétention des polluants, régulation du régime hydrique et du climat local notamment<sup>1,2</sup>. Les sols organiques drainés utilisés par l'agriculture sont également à l'origine d'émissions variables,

mais considérables : Selon l'intensité d'utilisation et de drainage, elles sont estimées entre 23 et 41 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub>/ha par an. Au total, ces émissions sont équivalents à responsables environ 12 % des émissions totales du secteur agricole<sup>16</sup>. Les connaissances sur les émissions provenant des sols de transition utilisés par l'agriculture (sols minéraux avec un horizon organique peu profond ou sols minéraux riches en C) et des sols minéraux drainés sont insuffisantes. Des études menées en Allemagne montrent que les émissions provenant des sols de transition sont annuellement aussi élevées que celles des sols organiques très riches en C<sup>12, 58, 59</sup>. Plus la tourbe est épaisse, plus les émissions de CO<sub>2</sub> sont longues, c'est pourquoi les sols riches en C et les sols tourbeux profonds devraient être remis en état en priorité. Les sols minéraux riches en C drainés sont également susceptibles de perdre du carbone organique, mais il n'existe que peu de données à ce sujet<sup>13</sup> et les émissions de CO<sub>2</sub> à long terme devraient être plus faibles.

## 4 Utilisation du sol pour les sites humides à détremvés

Les utilisations adaptées au site offrent des solutions aux problèmes mentionnés ci-dessus. Des utilisations alternatives promeuvent les objectifs suivants :

- assurer à long terme l'exploitation agricole en préservant la base de production
- renforcer à long terme la valeur ajoutée régionale
- réduire les influences négatives, en termes de régime hydrique et d'éléments nutritifs, sur les biotopes marécageux protégés
- réduire les émissions de gaz à effet de serre des sols marécageux
- promouvoir la biodiversité et l'établissement de milieux de substitution pour les espèces animales et végétales rares
- promouvoir un cadre paysager typique du site

Afin d'atteindre ces objectifs, Agroscope a élaboré une série de fiches techniques présentant des utilisations agricoles alternatives, dans le cadre du projet pilote A2.1 du PA SBS. Toutes sont des formes d'exploitation plus extensives ou adaptées aux sites humides à détremvés. Parmi elles figurent les paludicultures: des utilisations productives des sols organiques humides ou réhumidifiés qui préservent la matière organique et minimisent les émissions de CO<sub>2</sub> (figure 4) et l'affaissement<sup>17</sup>. Les utilisations décrites sont des formes connues d'exploitation des zones humides en Suisse et en Europe ou, pour certaines, dans d'autres régions du monde. Quelques-unes sont déjà mises en œuvre dans notre pays (à l'exemple de la riziculture humide, figure 5). Mais ces formes alternatives ne sont que peu développées en Suisse, car le drainage à grande échelle des zones humides a permis d'exploiter avec succès des cultures mésophiles destinées à la production de vivres. Dans d'autres pays comme la France, les utilisations adaptées au site sont beaucoup plus répandues: ainsi, aujourd'hui encore, 68 % des agricultrices et agriculteurs de la Loire exploitent de cette manière les zones marginales des biotopes marécageux<sup>18</sup>. Le pays dispose d'un programme national qui soutient, notamment dans les réserves naturelles, non seulement l'utilisation agricole des prairies et pâturages humides, mais également le pacage – appelé aussi «écopastoralisme» – des marais et tourbières<sup>19,20</sup>. Dans ces régions, le bétail, généralement détenu toute l'année en plein air et souvent à l'état semi-sauvage, remplace les grands herbivores aujourd'hui disparus (bisons, aurochs, etc.) qui ont contribué à façonner ces paysages<sup>21,22</sup>. Dans la pratique, on cherche souvent à créer une synergie entre la production de moyens de subsistance et l'entretien du paysage. En Suisse également, la pâture de surfaces marécageuses protégées est possible d'entente avec les services cantonaux. C'est par exemple le cas dans le Neeracherried ou au Lobsigensee<sup>23,24</sup>. Dans la région d'estivage, de nombreux bas-marais sont traditionnellement pâturés.

Diverses utilisations adaptées au site sont développées ici pour les surfaces hydromorphes et les surfaces situées dans des zones tampons hydrologiques de marais. Elles couvrent un large éventail de propositions convenant à des sites et à des objectifs de production différents. Il convient d'évaluer au cas par cas si une utilisation du sol adaptée au site est souhaitable pour une surface donnée et quelles options entreraient en ligne de compte. Huit fiches techniques informent sur l'adéquation au site, la culture, la récolte, la gestion, les paiements directs possibles, les

débouchés commerciaux et les effets sur les marais, en termes de régime hydrique, des éléments nutritifs et des émissions de gaz à effet de serre :

- **Pâture** avec des races extensives et robustes, adaptées aux surfaces humides (fiche technique Agroscope n° 170)
  - Bovins (p. ex. aurochs de Heck, figure 6)
  - Buffles d'Asie
  - Oies
  - Moutons
  - Cervidés
  - Chevaux
- **Herbages** (fiche technique Agroscope n° 171)
  - Prairies humides et fraîches diverses
  - Surface à litière
  - Peuplement d'alpistes roseaux
  - Magnocariçaie
- **Massettes et roseau** (fiches techniques Agroscope n°s 172, 173 et 174)
- **Saules** (*Salix* sp.) (fiche technique Agroscope n° 175)
- **Sphaignes** (fiche technique Agroscope n° 176)
- **Techniques adaptées aux surfaces humides** (fiche technique Agroscope n° 177)

Outre ces utilisations du sol, il existe d'autres alternatives prometteuses, telles que la culture de canneberges communes, de canneberges à gros fruits, de myrtilles et d'airelles rouges ou encore d'aulnes<sup>25</sup>. Toutefois, des clarifications sont encore nécessaires quant à leur aptitude à la mise en œuvre dans les zones tampons hydrologiques. Pour de plus amples informations sur le sujet, voir: [www.mowi.botanik.uni-greifswald.de](http://www.mowi.botanik.uni-greifswald.de)

Une combinaison de différentes utilisations du sol est possible, par exemple la pâture par diverses espèces et/ou races animales ou la culture associée de sphaignes et de rossolis. L'agroforesterie est également une possibilité : culture de saules (*Salix* sp.) dans la zone de transition avec l'utilisation agricole existante ou saules en combinaison avec une prairie humide ou la pâture (p. ex. par des oies ou des poules).

Presque toutes les utilisations du sol sont adaptées aux sols hydromorphes organiques, tant dans les zones tampons hydrologiques que dans les zones tampons trophiques. Les fertilisants sont toutefois interdits dans ces dernières. Le riz humide, tributaire d'apports en engrais, ne convient donc pas à leur mise en culture. La riziculture humide pourrait cependant se prêter à une utilisation en dehors de la zone tampon trophique (voir [fiche Culture de riz humide d'Agridea et Agroscope](#)).

Les massettes et le roseau sont en revanche des filtres optimaux pour les éléments nutritifs et sont parfois utilisés pour l'épuration des eaux usées<sup>25</sup>. La pâture extensive est en principe admise dans la zone tampon trophique, pour autant qu'elle ne nuise pas à l'effet tampon et ne compromette pas l'objectif de protection du marais<sup>10</sup>. Il faut par conséquent s'assurer, dans le cas de sols humides ou réhumidifiés, que les dégâts de piétinement restent acceptables. Vu leur faible poids, les espèces et races proposées sont adaptées aux surfaces plus humides et le risque de dégâts importants est faible. Ce sont les oies qui affichent le meilleur bilan de ce point de vue. Cependant, le piétinement peut également s'avérer bénéfique pour la biodiversité, car les zones de sol nu favorisent les plantes qui ont besoin de lumière pour germer et constituent en même temps des « solariums » pour les espèces thermophiles.

Les éventuels cahiers des charges et contrats de protection de la nature demeurent applicables pour les surfaces autour des marais. L'utilisation de produits phytosanitaires et de fertilisants est notamment interdite dans les marais et les roselières, de même que dans la zone de protection des eaux souterraines S1<sup>26-28</sup>. Les marais doivent être entourés de zones tampons pour les nutriments, qui sont déterminées en fonction de la topographie, de l'utilisation environnante et d'autres facteurs<sup>10</sup>. Les prescriptions d'utilisation des produits phytosanitaires doivent toutefois être respectées. Les cantons et les communes peuvent imposer des conditions plus strictes<sup>29,30</sup>.

Il arrive que ces utilisations alternatives contrastent fortement avec l'utilisation agricole actuelle des surfaces situées dans les zones tampons hydrologiques. Les alternatives qui entrent effectivement en ligne de compte dépendent non seulement des conditions locales, mais également de la stratégie économique des exploitations concernées et de la rentabilité des formes d'utilisation alternatives. La rentabilité relève elle-même de la balance coûts/recettes, ainsi que des indemnités et paiements directs (futurs) destinés à compenser une éventuelle perte de rendement, à assurer la reconversion des exploitations, à donner un coup de pouce au développement de nouveaux marchés ou encore à dédommager financièrement les diverses prestations de l'exploitation agricole en faveur de la société (réduction du CO<sub>2</sub>, promotion de la biodiversité, etc.). Au produit de la vente pourraient s'ajouter des gains résultant par exemple de certificats carbone ou de mesures de remplacement et de compensation. A Bavière (DE), il y a un programme spécial "Moorbauernprogramm" depuis 2024, qui encourage explicitement les prairies humides et mouillées et les cultures paludéennes<sup>31</sup>. Le soutien financier d'un pâturage à buffles d'Asie, comme mesure de remplacement pour l'extension d'une autoroute, ou encore les certificats MoorFutures<sup>32</sup> en sont d'autres exemples.

Il convient de rechercher une solution globale en particulier à proximité de marais de faible taille ou réparties entre différentes exploitations. Cela peut prendre la forme d'un échange de surfaces ou alors la gestion de l'utilisation peut être déléguée à une exploitation, prestataire de services, pour toutes les surfaces marécageuses au niveau local ou régional.

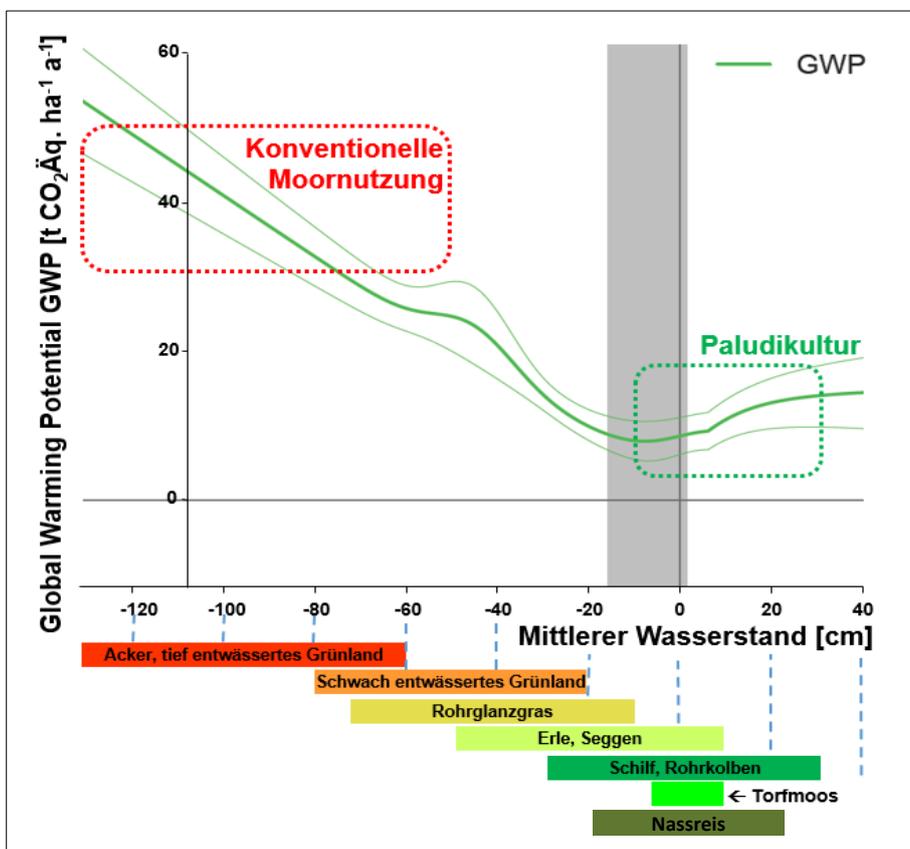


Figure 4: Relation idéaliste entre les émissions de gaz à effet de serre (GES), exprimées en termes de potentiel de réchauffement global (PRG), et le niveau d'eau moyen dans les sols marécageux d'Europe centrale. Dans le bas du schéma sont représentés les niveaux d'eau moyens des différentes utilisations du sol. Des indications plus précises de ces niveaux d'eau figurent dans les fiches techniques correspondantes. La zone grise indique le niveau d'eau annuel optimal pour réduire le plus possible les émissions de GES des sols marécageux. Les données relatives aux émissions reposent sur des mesures et estimations effectuées dans le nord de l'Allemagne et, pour la riziculture humide, en Californie (USA). Les émissions effectives de GES dépendent non seulement de la culture et du niveau d'eau requis, mais également du site (notamment de l'état actuel du sol et de sa teneur en carbone et en éléments nutritifs, du niveau d'eau actuel, du climat local, des utilisations actuelles et historiques du sol, par exemple de l'extraction de tourbe). Elles ne peuvent donc pas être transposées directement à la Suisse. Exception faite de la riziculture humide, on ne dispose pas pour la Suisse d'informations, ni d'expériences sur les différentes formes d'utilisation adaptées au site. Le graphique est repris et adapté de Birr et al., 2021<sup>22</sup>. Les données sur les émissions proviennent de Couwenberg et al., 2011<sup>33</sup>, Wichtmann et al., 2011<sup>14</sup>, Hatala et al., 2012<sup>34</sup> et Knox et al., 2015<sup>35</sup>, Freeman et al. 2022<sup>37</sup>. Konventionelle Nutzung = Utilisation conventionnelle du marais, Acker, tief entwässertes Grünland = Terres assolées, herbages drainés en profondeur, Schwach entwässertes Grünland = Herbages faiblement drainés, Rohrglanzgras = Peuplements d'alpistes roseaux, Erlen, Seggen = Aulnes, laiches, Schilf, Rohrkolben = Roseaux, massettes, Torfmoos = Sphaignes, Nassreis = Riziculture humide, Global Warming Potential GWP = Potentiel de réchauffement global PRG, Mittlerer Wasserstanbd = Niveau d'eau moyen [cm], Paludikultur = Paludiculture



Figure 5: Riziculture humide à Mühlau, 2021. Photo: Yvonne Fabian, Agroscope



Figure 6: Aurochs de Heck («aurochs reconstitué»). Photo: Barry Batchelor / Press Association Images

## 4.1 Remise en eau et exploitation des surfaces humides

Il convient d'évaluer soigneusement la situation avant de décider si une surface agricole actuellement drainée, p. ex. dans l'environnement d'un marais, doit ou non être remise en eau. Il s'agit pour cela d'analyser les bases légales, d'évaluer le potentiel de promotion de la biodiversité sur le site, le régime hydrique, la qualité du sol ainsi que le potentiel de production agricole et de rentabilité<sup>37</sup>. Si l'on opte pour une remise en eau, celle-ci peut être assez facilement réalisée à petite échelle, en créant des retenues d'eau dans certains drains ou fossés existants (figure 7)<sup>37</sup>. Elle peut également être réalisée à plus grande échelle, en supprimant ou en bouchant les tuyaux de drainage, et aboutit ainsi à une renaturation du marais<sup>38</sup>.

Si une remise en eau s'avère nécessaire pour assurer un approvisionnement en eau suffisant dans un marais d'importance nationale adjacent, il convient de prendre en compte les aspects suivants : niveau d'eau actuel et variations saisonnières, système de drainage existant, topographie, propriétés du sol (par exemple portance) et répercussions possibles sur les surfaces et infrastructures limitrophes. Selon l'utilisation, les niveaux d'eau moyens recommandés vont de 45 cm au-dessous de la surface jusqu'à maximum 40 cm au-dessus<sup>39</sup>. Le niveau d'eau moyen annuel optimal pour réduire au maximum les émissions de gaz à effets de serre des sols tourbeux dépend du site et se situe près de la surface du sol (figure 6). Les niveaux d'eau peuvent également varier ou être régulés de manière saisonnière, en fonction du site et de l'utilisation. Ils peuvent par exemple être abaissés temporairement pour la récolte ou pour des travaux d'entretien, afin de ménager le sol ou la couche herbeuse – dans le cas de prairies – lors du passage des machines<sup>41</sup>. Ce n'est qu'après un examen approfondi sur le terrain que les options de gestion, incluant la rentabilité, peuvent être comparées et que le choix de la forme d'exploitation peut être arrêté<sup>42</sup>.

Des expériences de remise en eau ont été faites en Suisse, en lien avec la régénération de marais, mais également avec la riziculture humide ou la culture de massettes. Dans d'autres pays européens, notamment en Allemagne, les

utilisations proposées pour les surfaces entourant les biotopes marécageux ont déjà été mises en œuvre à de multiples reprises. On dispose ainsi de nombreuses expériences en matière de remise en eau et de gestion. La Bavière, par exemple, teste diverses options de remise en eau sur des terres drainées en vue d'une exploitation ultérieure en prairies humides<sup>31,32</sup>. Lorsque l'eau de drainage est collectée dans un fossé ou un ruisseau à ciel ouvert, on peut y positionner un tuyau et réguler le niveau d'eau en amont selon l'angle donné<sup>26</sup>. Les procédés consistant à ouvrir les tuyaux de drainage aux points de jonction afin de retenir l'eau au moyen de puits et de tuyaux sont plus complexes<sup>32</sup>.

Lors de l'exploitation, il est important de recourir à des techniques adaptées aux surfaces humides (voir fiche technique Agroscope n° 177).



Figure 7: Barrage à clapet pour la remise en eau. La hauteur de l'eau dans les fossés peut ainsi être régulée au centimètre près. Photo: Uwe Fuellhaas / DBU Naturerbe GmbH

## 4.2 Valorisation et commercialisation

Les produits issus de formes d'utilisation alternatives sont diverses : tels que la viande, ou des marchés plus récents, dont celui des panneaux isolants à base de massettes, utilisés dans le secteur de la construction. Les possibilités de valorisation comme matériaux de construction et d'isolation, matériaux d'emballage, substitut de la tourbe, produits phytopharmaceutiques ou denrées alimentaires, sont présentées dans les fiches respectives. La valorisation énergétique étant un débouché pour nombre de ces utilisations du sol, nous la présentons plus en détail ci-après, de même que la commercialisation sous certificat ou label.

### 4.2.1 Valorisation énergétique

La stratégie énergétique 2050 s'est fixé pour objectif de doubler l'utilisation annuelle de bioénergie pour atteindre 27 800 gigawattheures en 2050<sup>42</sup>. En 2020, 20 % de l'énergie renouvelable provenait de la biomasse<sup>43</sup>, le bois représentant à lui seul 85 % du total.

Récolter en hiver permet de produire des pellets à partir de divers **herbages** (fiche technique Agroscope n° 171) ainsi que de **massettes** et de **roseaux** (fiches techniques Agroscope n°s 172, 173 et 174) – peuplements qui produisent tous de la biomasse de chaume. Bioburn AG produit par exemple des pellets à partir de massettes et les commercialise<sup>44</sup>. Les pellets issus de la biomasse de chaume peuvent être brûlés, bien que leurs propriétés de combustion diffèrent nettement de celles du bois (tableau 1). Si le pouvoir calorifique des roseaux et massettes, en particulier, n'est que légèrement inférieur à celui du bois et similaire à celui de la paille de céréales, la teneur en cendres de nombre de ces combustibles végétaux est toutefois relativement élevée<sup>25</sup>, ce qui peut entraîner des problèmes de combustion. Pour les massettes, par exemple, il existe des procédures pilotes qui permettent de récupérer 88 % du phosphore total des cendres et de le réutiliser comme engrais<sup>25,45</sup>. Le **saule** (*Salix* sp.; fiche technique Agroscope n° 175) peut également être valorisé énergétiquement, sous forme de briquettes, de pellets, mais plus généralement de plaquettes<sup>25</sup>.

D'un point de vue juridique, la biomasse de chaume n'est pas considérée comme un combustible – contrairement au bois – mais comme un déchet biogène. Les exigences auxquelles doivent satisfaire les installations d'incinération des «déchets biogènes et des produits issus de l'agriculture» sont fixées à l'annexe 2, chiffre 74 de l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair): la biomasse ne doit pas être incinérée dans de petites installations d'une puissance calorifique inférieure à 70 kW et les valeurs limites d'émission s'appliquent en fonction de la puissance calorifique de l'installation (OPair, annexe 2, chiffre 74; 742). Pour respecter la valeur limite de 20 mg/m<sup>3</sup> de poussières, un système de captage des poussières est généralement nécessaire<sup>51</sup>. Comme le montre le tableau 1, la biomasse présente une teneur en cendres plus élevée que le bois. Une technique d'évacuation automatique des cendres est par conséquent nécessaire dans les installations. Les pellets et les briquettes issus d'autres produits que le bois présentent

en outre souvent des teneurs en chlore, en azote ou en soufre plus élevées<sup>25,52</sup>. Si la technique n'est pas adaptée, il existe donc un risque d'augmentation des émissions de polluants atmosphériques (poussières, oxyde d'azote, oxyde de soufre, dioxine/furane, entre autres). Cela pose également des problèmes pour les installations elles-mêmes, car les effluents gazeux acides peuvent entraîner une corrosion. En outre, le point de fusion des cendres, généralement plus bas, peut générer des scories<sup>53,54</sup>. C'est pourquoi, il convient d'utiliser des techniques adaptées au type de matériaux, par exemple la combustion en lit fluidisé ou la combustion auto-entretenue «en cigare» pour la biomasse compactée en balles<sup>25,55</sup>. Le risque de scories n'existe pas pour les roseaux en raison des températures de déformation des cendres élevées<sup>25,56</sup>.

Tableau 1: Comparaison des propriétés de combustion de différentes biomasses<sup>25</sup>. MS = matière sèche, MJ/kg = mégajoule / kilogramme

	Teneur en cendres [part de MS en %]	Puissance calorifique [MJ/kg]
Bois d'épicéa avec écorce	0,6	20,2
Paille de seigle	4,8	18,5
Roseau	4,3	18,5
Massettes	3,7–6,7	18,2
Grandes laiches	5,0	17,9
Alpiste roseau	2–6	16,8

Si la récolte a lieu en été, la biomasse de chaume peut être valorisée en installation de biogaz, mais en ce qui concerne les massettes et l'alpiste roseau, uniquement comme co-substrat. La biomasse de chaume récoltée en été peut facilement être broyée et utilisée en faibles quantités dans des installations de fermentation humide (biomasse fraîche ou ensilage). Des résultats de recherche<sup>50</sup> montrent que les installations de fermentation humide existantes qui utilisent déjà de l'herbe comme substrat peuvent passer à la biomasse de chaume sans enregistrer de pertes<sup>25</sup>. La fermentation solide (procédure de fermentation sèche) est un bon moyen de produire de l'énergie à partir de fumier et de biomasse de chaume dans de petites installations<sup>25,47,48</sup>. La biomasse des prairies humides offre des rendements en biogaz relativement élevés, de 300–530 l<sub>n</sub>/kg M<sub>so</sub>, soit 50–90 % des rendements de l'herbe d'ensilage<sup>25,49</sup>.

#### 4.2.2 Certificats/labels

Les certificats et labels de production régionale et durable sont répandus et mettent en avant certains aspects de la production ou du produit. Il pourrait être judicieux de proposer un «**label marais**» national ou un label «sols humides» pour les produits à partir de sols organiques réhumidifiés, des objets marécageux proprement dits ou des sols réhumidifiés. Cela permettrait d'élargir la part de marché, de développer des niches, de fixer des prix plus élevés ou d'accéder à certains marchés, et par conséquent de compenser les coûts de certification<sup>25</sup>.

Les systèmes de certification natureplus et Cradle2Cradle pourraient être utilisés pour la valorisation matière en tant que matériaux de construction (en Suisse, la certification passe par: [www.epeaswitzerland.com](http://www.epeaswitzerland.com)). Pour la valorisation énergétique de la biomasse, le label suisse Naturemade ([www.naturemade.ch/fr/certification-du-biogaz.html](http://www.naturemade.ch/fr/certification-du-biogaz.html)) se prête assez bien, mais en tenant compte toutefois – pour la biomasse de chaume – des réserves mentionnées au sujet de la combustion. Le cas échéant, des labels internationaux tels que ok Power, Grünes Strom Label ou Renewable Energy Certificate System (RECS) pourraient également être utilisés. Par ailleurs, des labels de provenance tels que Swiss Label (au moins 70 % des coûts de production doivent être générés en Suisse) ou des marques régionales comme Echt Entlebuch sont également appropriés. Il existe une multitude de certificats et de labels, notamment pour les produits d'origine animale. La fondation Pusch met à disposition sur le site internet [www.labelinfo.ch](http://www.labelinfo.ch) un aperçu complet et neutre des labels utilisés en Suisse et de leurs spécifications.

## 5 Informations complémentaires

Informations sur le projet pilote A 2.1 du plan d'action Stratégie Biodiversité Suisse:

[www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/biodiversite/info-specialistes/biodiversitaetspolitik/strategie-et-plan-daction-pour-la-biodiversite/aktuelle\\_projekte/nachhaltige\\_nutzungen\\_mooren.html](http://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/biodiversite/info-specialistes/biodiversitaetspolitik/strategie-et-plan-daction-pour-la-biodiversite/aktuelle_projekte/nachhaltige_nutzungen_mooren.html)

Informations sur la protection et l'utilisation des marais du Greifswald Moor Centrum: <https://mowi.botanik.uni-greifswald.de/>

## 6 Remerciements

Toutes les fiches d'information de la série «Utilisation du sol adaptée aux surfaces agricoles hydromorphes» ont été élaborées sur mandat et avec le soutien de l'Office fédéral de l'environnement. Nous remercions tout particulièrement Patricia Gerber-Steinmann pour le contrôle de qualité de ce rapport.

## 7 Sources

- <sup>1</sup> OFEV (2022): Biotopes d'importance nationale – Marais. [https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/biodiversite/info-specialistes/infrastructure-ecologique/biotopes-d\\_importance-nationale/marais.html](https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/biodiversite/info-specialistes/infrastructure-ecologique/biotopes-d_importance-nationale/marais.html)
- <sup>2</sup> Bonn, A., Allott, T., Evans, M., Joosten, H. & Stoneman, R. (2016): *Peatland restoration and ecosystem services: science, practice, policy*. Cambridge University Press. 493 p.
- <sup>3</sup> Gubler, L. (2017): Klimaschutz durch Hochmoorrenaturierung. La restauration des hauts-marais, un facteur de protection du climat. *Nature + Paysage. Natur + Landschaft: Inside*, p. 24-27.
- <sup>4</sup> Früh, J. et Schröter, C. (1904): *Die Moore der Schweiz: mit Berücksichtigung der gesamten Moorfrage*.
- <sup>5</sup> Klaus, G. (Réd.) (2007): *État et évolution des marais en Suisse. Résultats du suivi de la protection des marais. État de l'environnement n° 0730*. Office fédéral de l'environnement, Berne. 97 p.
- <sup>6</sup> Küchler, M., Küchler, H., Bergamini, A., Bedolla, A., Ecker, K., Feldmeyer-Christe, E., Graf, U., Holderegger, R. (2018): *Moore der Schweiz: Zustand, Entwicklung, Regeneration*. Haupt Verlag.
- <sup>7</sup> Bergamini, A., Ginzler, C., Schmidt, B.R., Bedolla, A., Boch, S., Ecker, K., Graf, U., Küchler, H., Küchler, M., Dosch, O., and Holderegger, R. (2019): *Zustand und Entwicklung der Biotope von nationaler Bedeutung: Resultate 2011–2017 der Wirkungskontrolle Biotopschutz Schweiz*. WSL Ber. 85. 104 p.
- <sup>8</sup> OFEV (2022): Une utilisation durable est bonne pour les marais suisses. [https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/biodiversite/info-specialistes/biodiversitaetspolitik/strategie-et-plan-daction-pour-la-biodiversite/aktuelle\\_projekte/nachhaltige\\_nutzungen\\_mooren.html](https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/biodiversite/info-specialistes/biodiversitaetspolitik/strategie-et-plan-daction-pour-la-biodiversite/aktuelle_projekte/nachhaltige_nutzungen_mooren.html)
- <sup>9</sup> OFEV (Éd.) (2021): *Effets des changements climatiques sur les eaux suisses. Hydrologie, écologie et gestion des eaux*. Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne. *Connaissance de l'environnement n° 2101*. 134 p.
- <sup>10</sup> Marti, K., Kürsi, B.O., Heeb, J. et Theis, E. (1997): *Clé de détermination des zones-tampon. Guide pour déterminer des zones-tampon suffisantes du point de vue écologique pour les marais*. 2<sup>ème</sup> édition. Série L'environnement pratique. Berne, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage. 52 p.
- <sup>11</sup> Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP) (2002): *Manuel Conservation des marais en Suisse*. Berne.
- <sup>12</sup> Tiemeyer, B., Albiac Borraz, E., Augustin, J., Bechtold, M., Beetz, S., Beyer, C., Drösler, M., Ebli, M., Eickenscheidt, T., Fiedler, S., Förster, C., Freibauer, A., Giebels, M., Glatzel, S., Heinichen, J., Hoffmann, M., Höper, H., Jurasinski, G., Leiber-Sauheitl, K., Peichl-Brak, M., Roßkopf, N., Sommer, M., Zeitz, J. (2016): *High*

- emissions of greenhouse gases from grasslands on peat and other organic soils. *Global Change Biology*, 22 (12), p. 4134-4149.
- <sup>13</sup> Leifeld, J., Vogel, D., Bretscher, D. (2019): Treibhausgasemissionen entwässerter Böden. *Agroscope Science* 74. 27 p.
- <sup>14</sup> Wichtmann, W., Schröder, C., Joosten, H. (Éd.) (2016): Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore: Klimaschutz, Biodiversität, regionale Wertschöpfung. Stuttgart: Schweizerbart.
- <sup>15</sup> Béguin, J., Smola, S. (2010): État des drainages en Suisse - Bilan de l'enquête 2008. Office fédéral de l'agriculture. Berne. <https://www.suissemelio.ch/media/files/publikationen/fr/EtatdesdrainagesenSuisse.pdf>
- <sup>16</sup> OFEV (2024): Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990–2021. Berne.
- <sup>17</sup> EU Peatlands et CAP Network (2021): Policy Briefing Paper «Definition of paludiculture in the CAP». <https://greifswaldmoor.de/aktuelles/was-eigentlich-ist-paludikultur.html>; dernière consultation: 04/2023
- <sup>18</sup> Département de la Loire et CEN Rhône-Alpes (2015): Charte des bonnes pratiques agricoles en zones humides. <https://www.cen-rhonealpes.fr/wp-content/uploads/2020/06/Chart-Bonnes-pratiques-agricoles.pdf>; dernière consultation: 02/2023
- <sup>19</sup> Aubert, M., Guerber, F., Brugière-Garde, Y., Dereix, C. (2017): Préservation de l'élevage extensif, gestionnaire des milieux humides; Rapport CGEDD n° 010813-01, CGAAER n° 16100.
- <sup>20</sup> Groupe Zones humides (2012): L'élevage en zone humide; Zones Humides Infos; n° 75-76.
- <sup>21</sup> Duncan, P. (2013): L'herbivorie et la dynamique des milieux naturels; cahier rnf1, avril 2013.
- <sup>22</sup> Lecomte, T., Nicaise, L., Le Nevau, C., Valot, E. (1995): Gestion écologique par le pâturage: l'expérience des réserves naturelles. <https://www.genieecologique.fr/reference-biblio/gestion-ecologique-par-le-paturage-lexperience-des-reserves-naturelles>; dernière consultation: 02/2023
- <sup>23</sup> Kanton Zürich (2023): Biotopförderung: Flachmoore. <https://www.zh.ch/de/umwelt-tiere/naturschutz/biotopfoerderung.html#-419574845>; dernière consultation: 02/2023
- <sup>24</sup> Birdlife (2023): Le marais de Neerach. <https://www.birdlife.ch/fr/content/neeracherried-das-ried>; dernière consultation: 03/2023
- <sup>25</sup> Birr, F., Abel, S., Kaiser, M., Närmann, F., Oppermann, R., Pfister, S., Tanneberger, F., Zeitz, J. et Luthardt, V. (2021): Zukunftsfähige Land- und Forstwirtschaft auf Niedermooren - Steckbriefe für klimaschonende, biodiversitätsfördernde Bewirtschaftungsverfahren. 148 p. Auszug aus den BfN-Skripten 616, bearb. Fassung. Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde und Greifswald Moor Centrum (Hrsg.). Eberswalde, Greifswald.
- <sup>26</sup> Chancellerie fédérale (Éd.) (1998): Ordonnance sur la protection des eaux (OEaux) (état au 1<sup>er</sup> avril 2020); URL: [https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1998/2863\\_2863\\_2863/fr](https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1998/2863_2863_2863/fr) dernière consultation: 02/2023
- <sup>27</sup> Chancellerie fédérale (Éd.) (2005): Ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques (ORRChim) (état au 1<sup>er</sup> décembre 2022); URL: <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2005/478/fr>; dernière consultation: 02/2023
- <sup>28</sup> OFEV (Éd.) (2016): Eaux: lois et ordonnances; URL: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/eaux/droit/lois-ordonnances.html>; dernière consultation: 02/2023
- <sup>29</sup> KIP/PIOCH et AGRIDEA (Éd.) (2017): Bordures tampon, comment les mesurer, comment les exploiter; URL: [www.agridea.ch](http://www.agridea.ch); dernière consultation: 02/2023
- <sup>30</sup> Chancellerie fédérale (Éd.) (2013): Ordonnance sur les paiements directs versés dans l'agriculture (état au 1<sup>er</sup> janvier 2021); URL: <https://fedlex.data.admin.ch/filestore/fedlex.data.admin.ch/eli/cc/2013/765/20210101/de/pdf-a/fedlex-data-admin-ch-eli-cc-2013-765-20210101-de-pdf-a.pdf>; dernière consultation: 02/2023

- <sup>31</sup> Hubert Bittlmayer (Amtschef StMELF). Klimaschutz durch Moorbodenschutz in Bayern mit der Landwirtschaft. in «Moorschutz praktisch - Moorschutz, Klimaschutz, Artenschutz und Landwirtschaft» Juli 2023. Leipzig
- <sup>32</sup> Prof. Dr. Hans Joosten (Greifswald MoorCentrum): Erfolgreicher Klimaschutz ohne Moore – undenkbar! in «Moorschutz praktisch - Moorschutz, Klimaschutz, Artenschutz und Landwirtschaft» Juli 2023. Leipzig
- <sup>33</sup> Couwenberg, J., Thiele, A., Tanneberger, F., Augustin, J., Bärish, S., Dubovik, D., Liashchynskaya, N., Michaelis, D., Minke, M., Skuratovich, A. et Joosten, H. (2011): Assessing greenhouse gas emissions from peatlands using vegetation as a proxy. *Hydrobiologia* 674(1), p. 67–89.
- <sup>34</sup> Hatala, J.A., Detto, M., Sonnentag, O., Deverel, S.J., Verfaillie, J., Baldocchi, D.D. (2012): Greenhouse gas (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O) fluxes from drained and flooded agricultural peatlands in the Sacramento-San Joaquin Delta. *Agr. Ecosyst. Environ.* 150, p. 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.01.009>
- <sup>35</sup> Knox, S.H., Sturtevant, C., Matthes, J.H., Koteen, L., Verfaillie, J., Baldocchi, D. (2015): Agricultural peatland restoration: effects of land-use change on greenhouse gas (CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub>) fluxes in the Sacramento-San Joaquin Delta. *Glob. Chang. Biol.* 21, p. 750-765. <https://doi.org/c10.1111/gcb.12745>
- <sup>36</sup> Roberti, G., Gramlich, A., Benz, R., Szerencsits, E., Churko, G., Prasuhn, V., Leifeld, J., Zorn A., Jacot-Ammann, K., Herzog, F., Fabian, Y. (2022): Aide à la décision pour les terres assolées humides: Aide à l'identification des surfaces pour lesquelles des alternatives au drainage peuvent être envisagées. *Agroscope Transfer*, 449, 2022, p. 1-68. <https://ira.agroscope.ch/fr-CH/Page/Publikation/Index/50961>
- <sup>37</sup> Zwack, B., Weiß, D., Schmidt, E., Kraut, M., Diepolder, M., Hartmann, S., Gosch, L., Brehier, C., Drösler, M., Freibauer, A. (2023): Etablierung von Nassgrünland auf wiedervernässten Niedermoorstandorten zur Raufutterproduktion. <https://www.lfl.bayern.de/iab/kulturlandschaft/262620/index.php>; dernière consultation: 02/2023
- <sup>38</sup> OFEV (Éd.) (2009): Régénération des hauts-marais – Bases et mesures techniques; Office fédéral de l'environnement OFEV.
- <sup>39</sup> Le Blévec, M. et al. (2018): Guide technique d'aménagement et de gestion des zones humides du Finistère; Conseil départemental du Finistère, Service des espaces naturels et des paysages. 254 p.
- <sup>40</sup> Bayerische Staatsgüter (2023): Versuchsstation Karolinenfeld- Moorwiedervernässung mit einfachen Mitteln. <https://www.baysg.bayern.de/zentren/freising/246564/index.php>; dernière consultation: 03/2023
- <sup>41</sup> Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2023): Moor-KULAP. <https://www.lfl.bayern.de/iab/kulturlandschaft/240564/index.php>; dernière consultation: 03/2023
- <sup>42</sup> Trutnevyte, E. (2019): Points chauds de la bioénergie en Suisse; Magazine energieaplus OFEN| Magazine de l'énergie de l'Office fédéral de l'énergie. <https://energieaplus.com/2019/06/11/schweizer-hotspots-der-bioenergie/?translateto=fr>; dernière consultation: 02/2023
- <sup>43</sup> Suisseénergie (2023): Biomasse: l'énergie aux multiples talents; SuisseÉnergie, Office fédéral de l'énergie (OFEN), Ittigen. <https://www.suisseenergie.ch/energies-renouvelables/biomasse/>; dernière consultation: 02/2023
- <sup>44</sup> Communication personnelle S. Heeb, Seecon.
- <sup>45</sup> Grosshans, R. (2016): Kanada – Nutzung von Rohrkolben (*Typha* ssp.) zur Nährstoffreduktion und Bio-Ökonomie am Winnipegsee. In: *Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore* (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder et H. Joosten), p. 226-228. Stuttgart: Schweizerbart.
- <sup>46</sup> CNG-Mobility (2023): Le portail pour une mobilité plus respectueuse du climat. <https://www.cng-mobility.ch/fr/guide-routier-gnc/>; dernière consultation: 02/2023
- <sup>47</sup> Wichtmann, W. (2016): Box 3.2: Nutzungszeiträume. In: *Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore* (Éd. W. Wichtmann, C. Schröder et H. Joosten). 22 p. Stuttgart: Schweizerbart.
- <sup>48</sup> Wiedow, D., Müller, J., Burgstaler, J. (2016): Vergärung zu Biogas. In: *Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore* (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder et H. Joosten), p. 55-56. Stuttgart: Schweizerbart.

- <sup>49</sup> DVL - Deutscher Verband für Landschaftspflege e.V. (Éd.) (2014): Vom Landschaftspflegematerial zum Biogas – ein Beratungsordner. DVL-Schriftenreihe «Landschaft als Lebensraum», Nr. 22. 94 p. Ansbach: DVL e.V.
- <sup>50</sup> El Bassam, N. (2010): Handbook of bioenergy crops. A complete reference to species, development and applications. 516 p. London, Washington D.C.: Earthscan.
- <sup>51</sup> Ordonnance sur la protection de l'air (OPair) du 16 décembre 1985 (état au 1<sup>er</sup> janvier 2023)
- <sup>52</sup> Cicek, N., Lambert, S., Venema, H.D., Snelgrove, K.R., Bibeau, E.L. et Grosshans, R. (2006): Nutrient removal and bio-energy production from Netley-Libau Marsh at Lake Winnipeg through annual biomass harvesting. *Biomass and Bioenergy* 30, p. 529-536.
- <sup>53</sup> Wüest, J., Lohberger, N., Wildhaber, E., Liebau, M. (2017): Energiegewinnung aus Biomassepellets. Bericht zuhanden des Bundesamt für Energie BFE.  
<https://www.aramis.admin.ch/Default?DocumentID=35079&Load=true>; dernière consultation: 02/2023
- <sup>54</sup> Association suisse de normalisation SNV (2021): SN EN ISO 17225-6:2021 Biocombustibles solides – Classes et spécifications – Partie 6: Classe de granulés d'origine agricole (ISO 17225-6:2021).  
<https://connect.snv.ch/fr/sn-en-iso-17225-6-2021>; dernière consultation: 02/2023
- <sup>55</sup> Ahlhaus, M. et Jantzen, C. (2016): Verfeuerungstechniken. In: Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder et H. Joosten), p. 51-55. Stuttgart: Schweizerbart.
- <sup>56</sup> Universität Greifswald (2013): Endbericht VIP – Vorpommern Initiative Paludikultur.  
<https://www.moorwissen.de/doc/paludikultur/projekte/vip/endbericht/Endbericht%20%20BMBF%20Verbundprojekt%20VIP%20-%20Vorpommern%20Initiative%20Paludikultur.pdf>; dernière consultation: 01/2020
- <sup>57</sup> Freeman, B. W. J., Evans, C. D., Musarika, S., Morrison, R., Newman, T. R., Page, S. E., Wiggs, G. F. S., Bell, N. G. A., Styles, D., Wen, Y., Chadwick, D. R., & Jones, D. L. (2022): Responsible agriculture must adapt to the wetland character of mid-latitude peatlands. *Global Change Biology*, 28, 3795–3811.  
<https://doi.org/10.1111/gcb.16152>.
- <sup>58</sup> Eickenscheidt, T., Heinichen, J., & Drösler, M. (2015): The greenhouse gas balance of a drained fen peatland is mainly controlled by land-use rather than soil organic carbon content. *Biogeosciences*, 12(17), 5161-5184.
- <sup>59</sup> Leiber-Sauheitl, K., Fuß, R., Voigt, C., and Freibauer, A. (2014): High CO<sub>2</sub> fluxes from grassland on histic Gleysol along soil carbon and drainage gradients, *Biogeosciences*, 11, 749–761, <https://doi.org/10.5194/bg-11-749>.