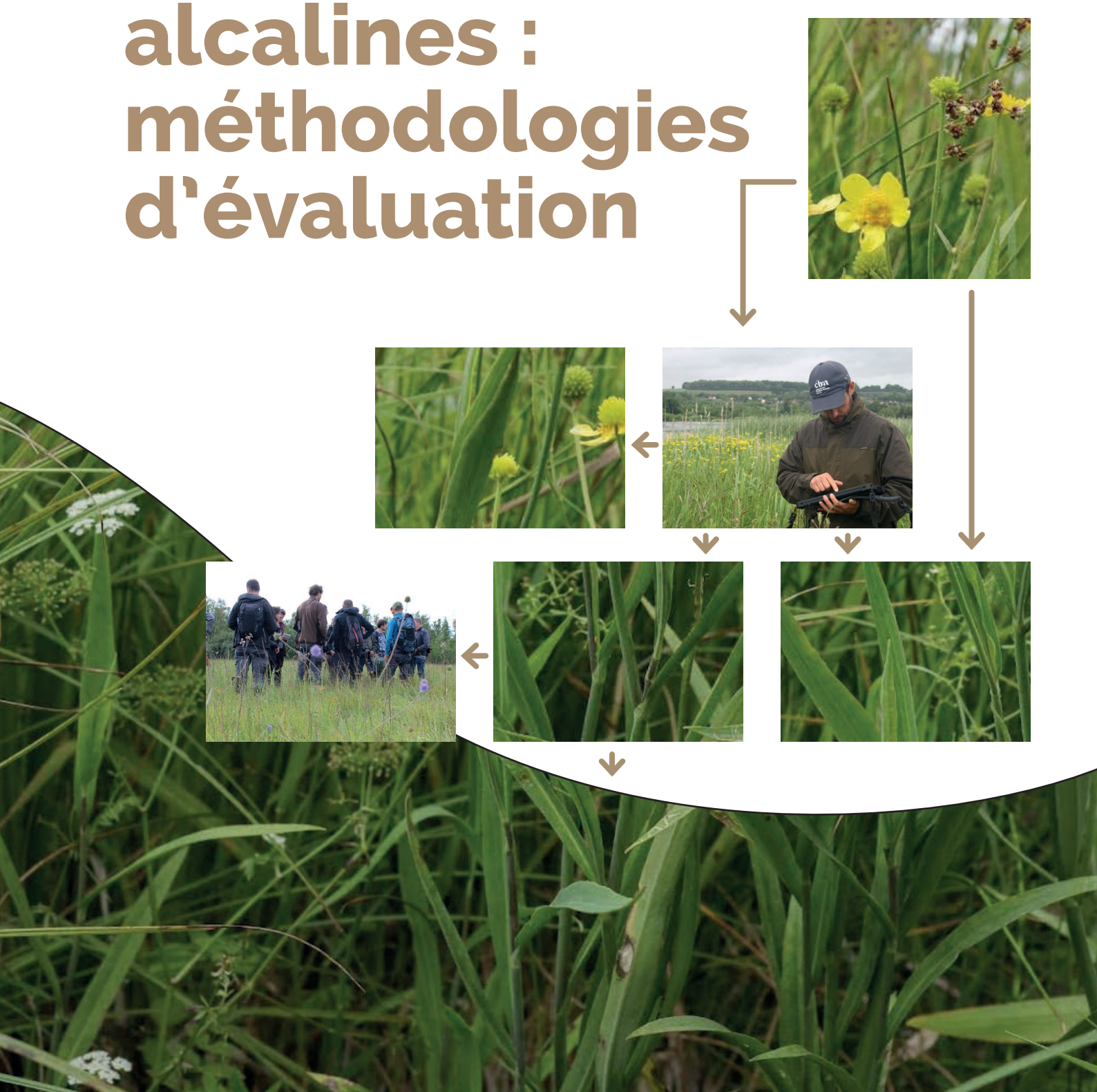
LIFE ANTHROPOFENS
Coordonné par le Conservatoire d'espaces naturels des Hauts-de-France

LIFE 18 NAT/FR/000906

État de conservation des tourbières alcalines : méthodologies d'évaluation



Préface

Les tourbières alcalines sont sans aucun doute parmi les écosystèmes de zone humide les plus connectés à l'ensemble de leur bassin versant, et donc les plus sensibles à toute variation hydrologique, d'ordre quantitatif ou qualitatif. Formés sur le temps long des millénaires par cette permanence d'alimentation en eau, les atteintes cumulées qui les affectent ont considérablement modifié ces écosystèmes. C'est d'autant plus avéré au cours des deux derniers siècles, marqués par l'anthropisation des territoires et l'usage de la tourbe, comme combustible notamment.

Les Hauts-de-France, particulièrement riches en tourbières alcalines, présentent un patrimoine tourbeux de très haute valeur, labellisé site international de la Convention de Ramsar sur 4 territoires, et englobant 13 sites européens Natura 2000.

C'est aussi une des régions les plus densément habitées de France, l'anthropisation des bassins versants et l'usage des tourbières y a donc été plus impactante encore qu'ailleurs en France : drainage, exploitation de tourbe, creusement d'étangs, agriculture intensive…

Les enjeux de préservation de ces écosystèmes pour la régulation hydrologique, les stocks de carbone et la conservation du patrimoine naturel n'ont pas échappé aux gestionnaires locaux qui se sont engagés dans un ambitieux programme européen LIFE.

Cet outil majeur de la politique environnementale européenne a permis à la fois de s'engager sur la durée de 7 ans du LIFE et sur un grand nombre de sites, pour croiser les regards et expertises sur le fonctionnement de nombreux bas-marais alcalins. Comme nul autre outil financier, le LIFE a permis de partager son expérience avec d'autres gestionnaires, notamment avec les experts du Groupe d'étude des tourbières en 2024, et d'aboutir à cette méthodologie d'évaluation qui s'appuie sur un solide socle de sites expertisés.

Les enjeux qui pèsent aujourd'hui sur la conservation et la restauration des tourbières en France renforcent l'intérêt de cette publication dont les perspectives d'utilisation sont nombreuses : la mise en place du Plan National de Restauration de la Nature, le label bas-carbone, et tous les autres programmes locaux de gestion et restauration de bas-marais alcalins déjà engagés.

Nulle modalité de restauration ou de gestion d'une tourbière alcaline ne s'improvise, tant leur fonctionnement est complexe et relève de l'interdisciplinarité, comme le montre ce guide. J'encourage ainsi les gestionnaires à s'approprier cet outil méthodologique et formule avec force le vœu d'une démultiplication sans délai des opérations de restauration de tourbières que ce genre d'outil permet de rendre plus intelligible, tant les urgences climatiques, hydrologiques et de conservation du vivant s'imposent à nous.

Geneviève Magnon
Présidente du
Groupe d'Etude des Tourbières
Vice-Présidente de Ramsar France



Les tourbières alcalines, véritables joyaux de notre patrimoine naturel, jouent un rôle indispensable pour la biodiversité et la régulation des cycles du carbone ; leur présence importante dans le nord de la France et la Wallonie constitue un enjeu majeur de préservation. Voilà pourquoi le Conservatoire d'espaces naturels des Hauts-de-France s'investit depuis des décennies dans leur protection. C'est donc logiquement que notre association s'est lancée le défi de monter, avec de nombreux partenaires que je remercie, un vaste projet européen : le LIFE Anthropofens. Celui-ci aura permis un travail partagé sur ces milieux exceptionnels.

Cinq guides, fruits d'un travail collaboratif et d'une expertise pointue, - dont vous avez l'un des numéros entre les mains - vous invitent à découvrir ces écosystèmes fragiles, leur gestion et les actions de restauration menées dans le cadre du LIFE Anthropofens.

Ensemble, grâce à l'engagement collectif, nous pouvons préserver ces milieux essentiels pour les générations futures.

Christophe Lépine
Président du Conservatoire d'espaces
naturels des Hauts-de-France
Président de la Fédération des
Conservatoires d'espaces naturels

Conservatoire d'espaces naturels Hauts-de-France

Conservatoires d'espaces naturels



Publication :
Conservatoire d'espaces naturels des Hauts-de-France

Directeur de publication : Christophe Lépine

Réalisation :
Conservatoire Botanique National des Hauts-de-France, Conservatoire d'espaces naturels des Hauts-de-France, Fédération des Conservatoires d'espaces naturels

Rédaction :
Q. Dumont, R. Coulombel, A. Berquer, M. James

Conception graphique et mise en page :
H. Galipot, M. Héraude.

Coordination :
C. Chombart, P. Duran

Contributions:
D. Adam, F. Alderweireld, B. Blondel, N. Caron, A.L. Demarthe, Y. Dulondel, A. Duranel, A. Janczak, W. Opdekamp, G. Rey, A. Thurette, C. Van Appelghem (Conservatoire d'espaces naturels des Hauts-de-France, Syndicat Mixte Baie de Somme – Grand Littoral Picard, Chambre régionale d'agriculture Hauts-de-France, Parc Naturel Régional Scarpe-Escaut, Ecotelm, Natagora, Conseil départemental de l'Oise)

Illustrations de couverture : ©R. Coulombel, CBN HDF
Illustration quatrième de couverture : Marais de Long, ©R. Coulombel, CBN HDF

Financement du LIFE Anthropofens :
LIFE18NAT/FR/000906



Imprimé par : Imprimerie Carré - 800ex.

Date de publication : juillet 2026

Citation recommandée :
Dumont Q., Coulombel R., Berquer A., James M., Chombart C., Duran P., 2026. État de conservation des tourbières alcalines : méthodologies d'évaluation. LIFE Anthropofens, Conservatoire d'espaces naturels des Hauts-de-France, Boves. 40p
Pour citer un article, merci de citer le titre de l'article concerné et ses auteurs et autrices.
Exemple :
Berquer A., 2026. Piézomètres et limnimètres : quoi choisir, où les poser, quoi en tirer ? In: Dumont et al., 2026. État de conservation des tourbières alcalines : méthodologies d'évaluation. LIFE Anthropofens, Conservatoire d'espaces naturels des Hauts-de-France, Boves, Chapitre 2.3.2 : 33

Sommaire

Présentation générale du contexte des tourbières alcalines 4
Présentation du LIFE Anthropofens 5
Carte 6

1. Détermination des cellules paysagères et capacité patrimoniale des unités de gestion en tourbières alcalines 8
- 1.1 Introduction 8
- 1.2 Définitions 9
- 1.3 Méthode 14
  - 1.3.1 Hiérarchisation de la capacité patrimoniale des habitats de tourbière alcaline 14
  - 1.3.2 Les différents types de cellules paysagères de tourbières alcalines : leur composition phytocénotique, leur capacité patrimoniale et les correspondances Natura 2000 15
- 1.4 Relevés de terrain 16
  - 1.4.1 Relevés phytosociologiques et symphytosociologiques 16
  - 1.4.2 Proposition d'une clé de détermination simplifiée des cellules paysagères de tourbières alcalines 17
- 1.5 Attribution de la capacite patrimoniale d'une unité de gestion 22

2. L'étude écohydrologique d'un site : un outil pour connaître et comprendre avant de restaurer 25
- 2.1 Un site à restaurer dans son environnement : sur quoi repose le site à restaurer ? 25
- 2.2 Observer le passé : comment la tourbière s'est-elle développée ? 27
- 2.3 Comprendre le présent : quelles sont les altérations du site par rapport à sa situation naturelle ? 29
  - 2.3.1 La qualité d'eau, quoi et comment mesurer ? 30
  - 2.3.2 Piézomètres et limnimètres : quoi choisir, où les poser, quoi en tirer ? 33
  - 2.3.3 La végétation observée sur le site : des indications du fonctionnement de la tourbière 34
- 2.4 Vers le futur : quelle restauration pour quel objectif ? 35

Bibliographie 38



Présentation générale du contexte des tourbières alcalines

Auteur : Matthieu JAMES (Conservatoire d'espaces naturels des Hauts-de-France)

Ci-dessus : Marais d'Eclusier-Vaux ©F. HELIN

Parmi les différents types de milieux humides qui existent, les tourbières se différencient des autres et se caractérisent soit comme milieu humide, soit comme milieu humide où de la tourbe est présente en surface sur 10 cm d'épaisseur ou plus (approche pédologique) (IUSS Working Group WRB, 2015). Dans tous les cas, pour préserver la tourbe, il est nécessaire d'y avoir un engorgement quasi-permanent du sol, par une eau pauvre en oxygène et en nutriments. Ce sont des écosystèmes fragiles, en particulier dans un contexte de changement climatique et dépendant du partage de la ressource en eau avec les autres usages.

Les tourbières peuvent être notamment définies selon leur pH, soit acide (pH entre 3 et 5,5), soit alcalin (pH entre 5,5 et 8). Cette caractéristique est fortement influencée par la composition chimique de l'eau qui alimente la tourbière et son origine. Pour les tourbières des Hauts-de-France et de Wallonie, la plupart d'entre elles sont principalement alimentées par des eaux issues des nappes d'eau souterraines, eaux souvent issues du socle crayeux du Bassin parisien, qui les enrichit en calcium et donne ce caractère alcalin aux tourbières.

Lorsqu'ils ne sont pas perturbés, ces milieux naturels assurent plusieurs fonctions essentielles : accueil d'une biodiversité inféodée à ces écosystèmes, régulation des cycles de l'eau (tamponnage des crues et des sécheresses), stockage de carbone, patrimoine archéologique, etc. (Décultot *et al.*, 2024).

Les Hauts-de-France et la Wallonie abritent de vastes zones tourbeuses comme les Marais de Sacy (FR-60), la vallée de la Somme et ses affluents (FR-80), le Marais Audomarois (FR-59/62), les Marais de la Souche (FR-02), la Plaine de la Scarpe et de l'Escaut (FR-59), ou encore la Vallée de la Semois (BE). Parmi ces dernières, certaines sont même reconnues internationalement, en particulier comme zones humides d'importance internationale par la Convention de Ramsar ou comme site Natura 2000. Plusieurs dizaines de milliers d'hectares de milieux tourbeux sont présents dans ces deux régions.

Malheureusement, ces tourbières sont majoritairement perturbées. En effet, elles ont été occupées et aménagées pour les activités humaines depuis l'Antiquité : changement d'utilisation (culture agricole et populiculture, urbanisation), exploitation de la tourbe (par le tourbage), déprise agricole, canalisation des cours d'eau, création de systèmes de drainage, etc.
Ces actions ont pour effet de bouleverser complètement le fonctionnement du site ou de le détruire directement. La principale conséquence est la minéralisation des tourbes, dégradation irréversible, qui entraîne notamment une modification de la composition chimique des sols, des phénomènes de subsidence, du relargage massif de gaz à effet de serre et une perte de biodiversité.

En France, 87% des zones humides présentes au XVIII^{e} siècle avaient été perdues en 2000, dont 50% rien qu'au XX^{e} siècle. La disparition des milieux humides et 3 fois plus rapide que la déforestation (Global assessment on biodiversity and ecosystem services, IPBES, 2019).

Des initiatives existent pour restaurer et préserver ces milieux naturels, dont à titre d'exemple : le Plan Régional d'Action en faveur des Tourbières, la labellisation Ramsar, les politiques foncières en faveur des milieux naturels ou encore le LIFE Anthropofens.



Vallée de la Maye ©F. HELIN

Présentation du LIFE Anthropofens

Le LIFE Anthropofens a pour objectif principal de restaurer les conditions qui permettront l'amélioration de l'état de conservation de **480 ha de milieux tourbeux alcalins sur 13 sites Natura 2000 des Hauts-de-France et de Wallonie.**

Il est décliné en 3 sous-objectifs :

- assurer la conservation des habitats tourbeux alcalins ;
- préserver les différents stades d'évolution des milieux tourbeux et développer des modes de gestion visant l'amélioration de l'état de conservation de l'ensemble des habitats des tourbières alcalines ;
- mettre en réseau les gestionnaires de tourbières des Hauts-de-France et de Wallonie.

Plus précisément, il vise à restaurer **6 habitats d'intérêt communautaire** au titre de la Directive européenne Habitats-Faune-Flore : les Prairies humides calcaires à Molinie bleue (6410), les Tourbières de transition (7140), les Marais calcaires à Marisque (7210* - HIC prioritaire), les Tourbières basses alcalines (7230), les Tourbières boisées (91D0* - HIC prioritaire) et les Aulnaies-frênaies alluviales à hautes herbes (91E0* - HIC prioritaire).

Depuis 2019 jusqu'en 2026, **9 structures des Hauts-de-France et de Wallonie** mettent en œuvre un programme d'actions pour atteindre cet objectif, mettant à profit leurs expertises et leur complémentarité.

Il s'agit du Conservatoire botanique national des Hauts-de-France, du Conservatoire du littoral, du Conservatoire d'espaces naturels des Hauts-de-France, du Département de l'Oise, de la Fédération des conservatoires d'espaces naturels, de Natagora, du Parc Naturel Régional Scarpe-Escaut, du Syndicat Mixte Baie de Somme Grand Littoral Picard et du Syndicat mixte Oise-Aronde.

Le programme est soutenu par **6 partenaires financiers** : l'Union européenne (programme LIFE), l'Agence de l'Eau Artois-Picardie, l'Agence de l'eau Seine Normandie, l'Office Français de la Biodiversité, le Département de l'Oise et la Fondation Coca-Cola. Il bénéficie également de l'accompagnement de **5 partenaires institutionnels et techniques** : l'EPTB Somme-AMEVA, la DREAL Hauts-de-France, la Région Hauts-de-France, le Département de la Somme et le Département de l'Aisne.

Le LIFE Anthropofens bénéficie d'un budget total de de 18,7 millions d'euros afin de mettre en œuvre des actions réparties dans trois grands domaines :

- **l'étude scientifique et le suivi** de différents paramètres pour améliorer la connaissance des milieux, de leur fonctionnement et évaluer l'impact des travaux (état de conservation des habitats naturels, fonctionnement écohydrologique, état des tourbes, etc.)
- **la réalisation d'importants travaux pour restaurer le bon état écologique** des milieux tourbeux et leur fonctionnement et préparer une gestion à long terme de ces espaces (étrépage/décapage sur 24 ha, pose de 8 équipements de gestion des niveaux d'eau, neutralisation de 4,8 km de fossés de drainage, fascinage de 600 m de berges avec implantations d'espèces ingénieures pour reconstituer des tremblants, déboisement de 141 ha avec rognage de souches ou essouchage, fauche avec exportation de 89 ha, pose de clôture et d'équipement pour le pâturage pour 86 ha pâturable, aménagement de 2 sites pour l'ouverture au public, etc.)
- **la communication et valorisation des connaissances** afin de les partager avec les acteurs des tourbières, de diffuser auprès d'un large public les résultats des actions et de sensibiliser un maximum de personnes aux enjeux de préservation des tourbières.

Le LIFE Anthropofens contribue directement aux atteintes des objectifs des différents Documents d'Objectifs Natura 2000, des Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux et de leur déclinaison en SAGEs, ainsi qu'aux autres politiques publiques en faveur de la Biodiversité et du Climat.

La collection de guides du LIFE Anthropofens vise à valoriser le travail et l'expérience acquise tout au long du projet. Elle se compose des ouvrages traitant la gestion, le pâturage, l'hydrologie, les habitats...

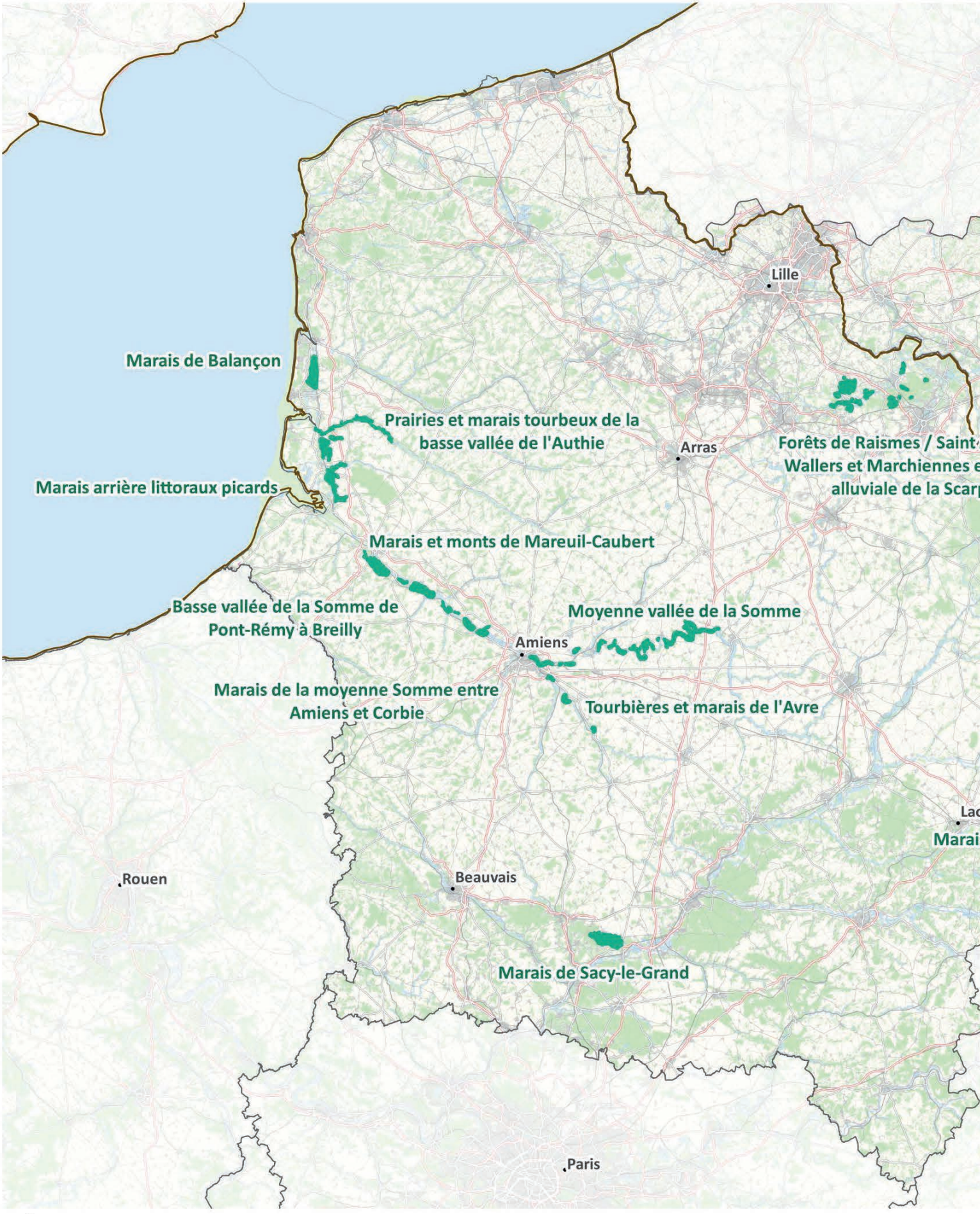
Ces guides sont consultables et téléchargeables en suivant ce QR code, via l'onglet «documents de communication»

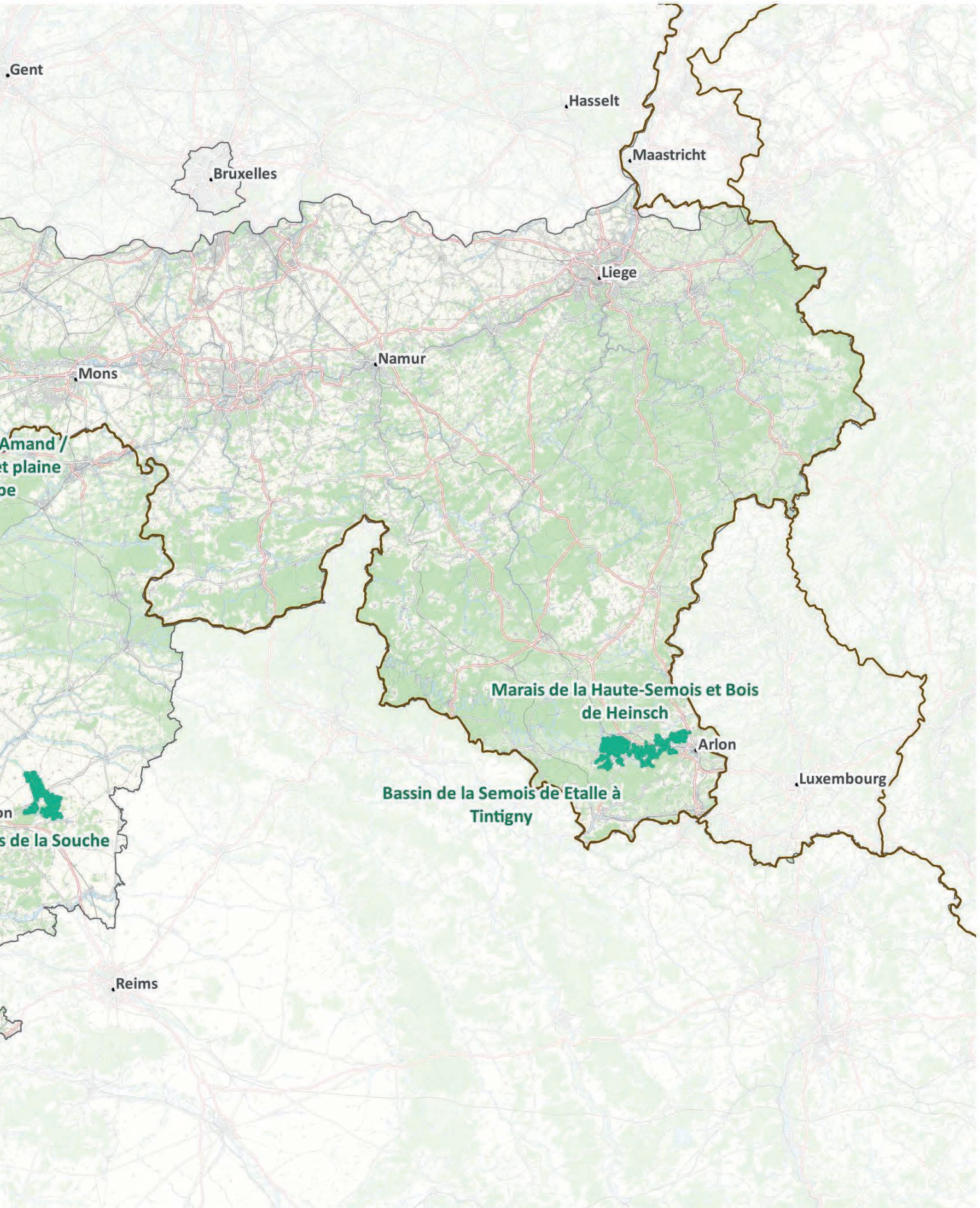
ou via le site du Pôle-Relais Tourbières en suivant l'adresse : https://www.poletourbieres.org/action/guides-techniques-LIFE-Anthropofens/

Marais d'Eclusier-Vaux
©F. HELIN



Les sites Natura 2000 concernés par le LIFE Anthropofens





Admin Express © IGN - Paris, ESRI, GADM, Géo2France, © les contributeurs d'OpenStreetMap

Réalisation : Conservatoire d'espaces naturels des Hauts-de-France - Marie HERAUDE - 07/01/2025



Prairie mésohygrophile de fauche du Molinion caeruleae
©Q. DUMONT, CBN HDF

1 Détermination des cellules paysagères et capacité patrimoniale des unités de gestion en tourbières alcalines

Auteurs : Quentin DUMONT, Raphaël COULOMBEL
(Conservatoire botanique national des Hauts-de-France)

1 Introduction

Depuis 2017, le CBN des Hauts-de-France développe des outils de suivi et d'évaluation des zones humides à partir de l'analyse des phytocénoses. Ainsi un Indice de Qualité Phytocénotique des Zones Humides (IQPZH) a vu le jour en 2017 pour le département de la Somme (François *et al.* 2017). Dès l'automne 2020, les travaux de restauration écologiques, engagés dans le cadre du projet LIFE Anthropofens (LIFE18NAT/FR000906) débutaient. Ce projet vise la restauration de 480 ha d'habitats d'intérêt communautaire (HIC) en Hauts-de-France et en Lorraine Belge. Le travail méthodologique, ici présenté, est inspiré des travaux préalables du CBN des Hauts-de-France et adapté aux attentes du LIFE Anthropofens. En effet, il s'inscrit dans le cadre des actions D1 : « Evaluation de l'impact global des actions sur l'état de conservation des habitats », plus précisément pour répondre à la sous-action D1.2 : « Suivi des habitats à l'échelle des complexes de végétation », parmi les zones de travaux du projet LIFE Anthropofens. L'objectif étant de réaliser un état des lieux avant et après travaux de restauration écologique, en se basant sur les mêmes entités (l'emprise des zones de travaux).

Ce document propose une méthode novatrice d'évaluation des habitats de tourbières alcalines, basée sur la phytosociologie paysagère, en attribuant une capacité patrimoniale (Catteau *et al.* 2025) à une unité de gestion. Cette notion de « capacité patrimoniale » a été proposée dans le programme CarHab SAP (Catteau *et al.* 2025) et vise à exprimer la potentialité d'une unité de gestion à héberger des communautés végétales d'intérêt patrimonial. Ce concept prend en compte les communautés végétales observées à l'instant « t » dans une unité de gestion, mais aussi les potentialités phytocénotiques de celle-ci, d'après la dynamique végétale (changements de stades dynamiques).

L'intérêt de cette démarche est d'évaluer les potentialités de restauration d'une parcelle ou d'une unité de gestion. Elle est donc complémentaire aux outils traitant de l'état de conservation des habitats observées ou en place sur les sites.

Cette méthode s'appuie sur des travaux en cours à l'échelle nationale (Millet *et al.*, 2017) et régionale, notamment sur l'actualisation des connaissances à travers la réalisation des catalogues des séries de végétations (Villejoubert *et al.*, 2021 ; Dumont *et al.*, 2021) en région Hauts-de-France, mais aussi à travers la hiérarchisation des habitats naturels proposant un diagnostic des habitats à fort intérêt patrimonial dans le cadre de la stratégie nationale des aires protégées, permise par la modélisation CarHab (Catteau *et al.*, 2025).



Magnocariçaie tourbeuse du Lathyro palustris - Lysimachietum vulgaris
©Q. DUMONT, CBN HDF

1 Détermination des cellules paysagères et capacité patrimoniale des unités de gestion en tourbières alcalines

2 Définitions

Définition de la phytosociologie

La phytosociologie est la branche de l'écologie dont l'objet est l'étude des communautés végétales. Elle repose sur des inventaires floristiques à partir desquels peuvent être mis en évidence des ensembles d'espèces (notions de groupements végétaux, de formations végétales ou de végétations) en relation avec les conditions du milieu (sol, climat, etc). On décrit et cherche à comprendre les liens fonctionnels entre les communautés d'espèces et le milieu naturel. Par exemple, l'inventaire des espèces, le relevé des différentes strates et celui des conditions du milieu d'une pelouse sèche calcicole relèvent de la phytosociologie.

Les relevés de végétation sont attribués à des syntaxons qui sont ordonnés dans un système hiérarchique (le synsystème), dans lequel l'association constitue l'unité fondamentale (tab.1). Le synsystème est organisé en associations végétales, alliances, ordres et classes. Il est construit depuis le niveau de l'association végétale vers la classe. L'association correspond à un type de communauté végétale défini sur ses caractéristiques physionomiques (composition floristique, architecture, traits biologiques et fonctionnels…) et possédant des qualités particulières de nature écologique, dynamique, chorologique et historique (Braun-Blanquet 1932, Guinochet 1973).

Définition des niveaux d'intégration en phytosociologie paysagère

« Cette science récente (ndlr : Phytosociologie paysagère)*, datant de 1973, transpose les méthodes et concepts de la phytosociologie classique à l'étude des complexes de communautés végétales. Ces complexes analysés au sein d'unités spatiales homogènes constituent les éléments du paysage.* » (Géhu, 1988)

La végétation peut être abordée à plusieurs échelles d'analyse (qu'on appelle niveaux d'intégration). La phytosociologie des associations végétales en est le niveau le plus classique et un des niveaux élémentaires (avec celui des synusies). Mais les associations peuvent être regroupées en entités plus larges dont la combinaison est tout aussi répétitive que l'est la combinaison des espèces dans les associations végétales. Et ces entités peuvent elles-mêmes être regroupées en entités plus larges…
Par conséquent, la phytosociologie paysagère, ou symphytosociologie, est la « science issue de la transposition des méthodes et concepts de la phytosociologie sigmatiste à l'analyse du paysage végétal ». Son objectif est d'étudier les complexes de groupements végétaux au sein d'unités spatiales homogènes qui constituent les éléments du paysage. Elle se développe par « paliers successifs » (Géhu, 2006).

Différents niveaux d'intégration utilisés dans le cadre du programme CarHab, d'après Lazare 2009, modifié [in Millet *et al.*, 2017]

Unité de végétation (UV) : ensemble végétal possédant une composition floristique, une écologie, une phénologie… propres, nettement discernables au sein du reste de la végétation (Géhu, 2006). Dans le cadre de CarHab, il est proposé d'étendre cette définition aux complexes de végétation et de la restreindre à une unité concrète, un individu de végétation sans précision de son niveau hiérarchique ou de représentation spatiale. Son pendant catégoriel est l'unité typologique de végétation (UTV).

Unité typologique de végétation (UTV) (Figure 1) : équivalent catégoriel de l'unité de végétation. L'unité typologique est définie à différents niveaux en fonction des échelles de représentation cartographique. Elles sont décrites dans les catalogues des groupements et les catalogues des séries et géoséries. Afin d'éviter toute confusion, on parlera dans le cadre du programme CarHab :

- d'UTV de niveau 1 (UTV1) correspondant aux groupements végétaux de rang association ;
- d'UTV de niveau 2 (UTV2) correspondant aux cellules paysagères ;
- d'UTV de niveau 3 (UTV3) correspondant aux petites géoséries et séries ;
- d'UTV de niveau 4 (UTV4) correspondant aux grandes unités de paysage, grandes géoséries ;
- d'UTV de niveau 5 (UTV5) correspondant aux très grandes unités de paysage.

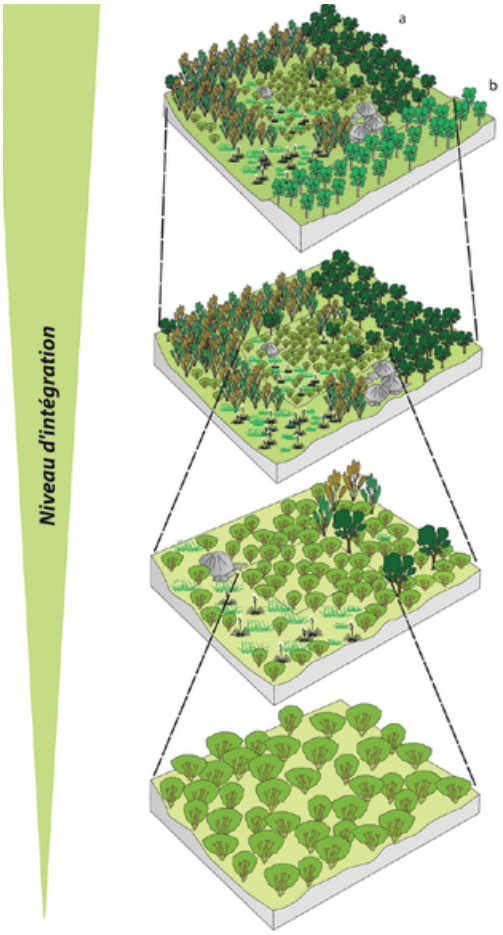
Communauté végétale (UTV 1) : unité concrète de végétation, de composition floristique et de structure homogènes, exprimée dans une station d'écologie hautement homogène pour les différents paramètres du milieu. La communauté végétale est l'objet d'étude de la phytosociologie sigmatiste, qui décrit les associations végétales.

Cellule paysagère (UTV2) : unité de la phytosociologie paysagère définie par une composition phytocénotique parmi laquelle un ou plusieurs éléments (syntaxons) dominants structurent la physionomie. La cellule paysagère correspond le plus souvent à une entité de gestion. Au sein d'une même série, les différentes cellules paysagères s'organisent le long d'un gradient dynamique. Les cellules paysagères peuvent être complètes (saturées) ou incomplètes (fragmentaires pour des raisons de surface, ou basales quand elles sont mal exprimées). La notion de cellule paysagère est reprise dans le programme CarHab avec le terme d'habitat (croisement entre biotope et physionomie).
En résumé, le terme cellule paysagère est utilisé en phytosociologie, le terme unité de gestion est utilisé par les gestionnaires et le terme habitat est utilisé dans le programme CarHab.

Série (UTV3) : unité de la phytosociologie paysagère regroupant des éléments de paysage susceptibles de se trouver dans des biotopes dont les caractéristiques globales (en particulier géologie et climat) sont similaires. Les éléments de paysage d'une même série s'inscrivent dans une succession végétale incluant les communautés primaires et de substitution.

On distingue deux cas particuliers de séries :
- **permasérie** : série limitée à un seul stade dynamique; il n'y a donc pas de succession. Ce type de série se rencontre dans les milieux très contraignants (milieux aquatiques, très oligotrophes, pollués aux métaux lourds, salés, etc.) ;
- **série dérivée** : série s'exprimant dans des biotopes modifiés à tel point que l'essentiel des stades de la série est différent de ceux liés au biotope initial (Catteau, 2021).

Géosérie (UTV4) : unité de la phytosociologie paysagère regroupant une ou plusieurs séries, généralement organisées le long de gradients écologiques ou topographiques.



Géosérie de végétation *UTV4*

ex : Géosérie corse des versants cristallins de l'étage mésoméditerranéen - *Galio scabri-Quercogeosigmetum ilicis* (non typifié)
(a) Série corse climatophile à *Quercus ilex* subsp. *ilex* et *Galium scabrum* de l'étage mésoméditerranéen
(b) Serie corse climatophile à *Quercus ilex* subsp. *ilex* et *Galium scabrum* de l'étage mésoméditerranéen, variante à *Quercus pubescens* sur terrasses agricoles.

Série de végétation *UTV3*

ex : Série corse climatophile à *Quercus Nex* subsp. *Nex* et *Galium scabrum* de l'étage mésoméditerranéen (*Galio scabri-Quercosigmetum ilicis*)
La série peut contenir des éléments sériaux ponctuels, comme ici les permaséries associées des blocs rocheux.

Cellule paysagère *UTV2*

ex : Complexe de végétation dominé par un stade arbustif bas représenté par une cistaie, associé à une pelouse thérophytique, un maquis à *Erica arborea* et *Arbutus unedo*, et une chênaie verte fragmentaire.

Communauté végétale *UTVI*

ex : Cistaie (*Helichryso italici-Cistetum cretici*).

Figure 1 : Représentation emboîtée des différents niveaux d'intégration utilisés dans le cadre du programme CarHab, d'après Lazare 2009, modifié [in Millet et al., 2017]

Définition des niveaux d'humidité

Végétations mésohygrophiles (légèrement humides)	Végétations des sols bien alimentés en eau, avec un engorgement temporaire de surface en début de saison de végétation. L'apport de nutriment par les eaux d'ennoiement et l'absence de contrainte forte liée à l'engorgement favorisent les espèces compétitrices : des espèces comme *Urtica dioica*, *Cirsium arvense* ou *Sambucus nigra* sont d'écologie primitive mésohygrophile. Cortège floristique associant des espèces mésohydriques et des espèces hygrophiles ainsi que des espèces mésohygrophiles à morphologie et stratégie intermédiaires.
Végétations hygrophiles (humides)	Végétations des sols présentant un engorgement à proximité de la surface durant une partie de la période de végétation. En conséquence, la disponibilité en eau est totale et apporte des nutriments, mais l'engorgement représente une contrainte pour le développement végétal. Le cortège floristique de ces végétations est essentiellement constitué d'espèces à grande surface foliaire et à cuticule peu épaisse, mais l'engorgement limite la productivité et a tendance – en dehors des sites très enrichis en nutriments – à favoriser les espèces frugales (peu exigeantes en nutriments).
Végétations hydrophiles (détrempées)	Végétations des sols présentant un engorgement à proximité de la surface durant l'essentiel de la saison de végétation. Cet engorgement crée une asphyxie qui représente une contrainte importante à laquelle les plantes doivent s'adapter. Le cortège floristique de ces végétations comporte une proportion significative d'espèces amphibies (cf. 9) parmi une majorité d'espèces terrestres.
Végétations amphibies saisonnières	Végétations des sols saturés d'eau toute l'année et inondés pendant la majeure partie de l'année. Toutefois, l'existence de périodes d'assèchement représente à la fois une opportunité de colonisation pour les plantes terrestres et une perturbation pour les plantes amphibies, de sorte que le cortège floristique associe souvent des plantes des deux niveaux dotées pour une partie d'entre elles de capacités de colonisation opportunistes. Le cortège floristique de ces végétations comporte une proportion significative d'espèces terrestres, parmi une majorité d'espèces amphibies qui sont des plantes adaptées à l'engorgement du substrat et à l'asphyxie qui en résulte (aérenchymes, tiges creuses, etc.).
Végétations amphibies permanentes	Végétations des sols saturés d'eau et inondés pendant toute l'année, sauf épisode climatique exceptionnel. Néanmoins, la profondeur d'eau assez faible permet la présence des espèces amphibies et génère des perturbations fréquentes pour les plantes aquatiques. Le cortège floristique de ces végétations comporte une proportion d'espèces aquatiques (cf. 10), parmi une majorité d'espèces amphibies.

Végétations aquatiques superficielles	Végétations des sols saturés d'eau et inondés pendant toute l'année, sauf épisode climatique exceptionnel. La profondeur d'eau est suffisante pour que les plantes aquatiques prennent le pas sur les plantes amphibies mais les épisodes de basses eaux permettent l'installation de quelques plantes amphibies qui adopteront une morphologie aquatique en période de hautes eaux. Ils représentent également une perturbation à laquelle les plantes doivent être adaptées grâce à une stratégie rudérale. Le cortège floristique de ces végétations comporte une proportion d'espèces amphibies, parmi une majorité d'espèces amphibies d'espèces aquatiques, qui sont des espèces faisant l'économie des tissus de soutien et des tissus vasculaires, du fait de leur vie dans l'eau. Les espèces aquatiques de ce niveau présentent fréquemment des feuilles ou des thalles flottant à la surface de l'eau et présentant par conséquent une face supérieure cuticulée analogue aux feuilles des plantes terrestres et une face inférieure non cuticulée comparable aux feuilles des plantes intra-aquatiques.
Végétations aquatiques profondes	Végétations des milieux aquatiques profonds. La profondeur de l'eau empêche la pénétration d'espèces amphibies et conditionne un milieu assez stable du point de vue des plantes aquatiques. Toutefois, elle défavorise les plantes aquatiques à feuilles flottantes dont les feuilles peinent à atteindre la surface. Ce sont donc les plantes aquatiques à feuilles immergées qui sont majoritaires. Le cortège floristique de ces végétations est exclusivement constitué d'espèces aquatiques. La distinction du niveau 12 vis-à-vis du niveau 11, maintenue pour l'heure, mériterait de nouvelles réflexions.

Tableau 1 : Gradient d'humidité selon Catteau 2018

Définition des différentes catégories de trophie

Qualification du biotope	Qualification de la végétation	Définition
Oligotrophe	Oligotrophile	Végétations des sols très oligotrophes. La rareté des nutriments est une contrainte majeure pour les plantes qui sont forcées d'adopter des stratégies adaptatives de type S dans le modèle de Grime (1974). Ces espèces sont globalement économes en ressources au sens où les organes produits (branches, feuilles, racines…) sont assez pérennes (branches lignifiées, feuilles sclérifiées), grâce à la production de molécules complexes toxiques pour les consommateurs primaires (tanins et autres composés phénoliques). Or la production de composés complexes est un processus biochimique coûteux en énergie. Les plantes à stratégie S sont donc contraintes d'allouer une grande partie de leurs ressources à l'adaptation au stress et ont donc une productivité médiocre. Dans ces milieux, la dynamique est très ralentie et plus ou moins bloquée à un stade unique (permasérie). Les végétations sont composées exclusivement de plantes oligotrophiles. Végétations guides : *Corynephorion canescentis, Ulicion minoris, Oxycocco palustris - Ericion tetralicis, Ericion tetralicis, Rhynchosporion albae, Utricularietea intermedio - minoris*
Oligo-mésotrophe	Oligo-mésotrophile	Végétations des sols oligotrophes. La rareté des nutriments est une contrainte forte pour le développement des plantes, qui favorise les espèces à stratégie de type S, bien que certaines plantes moins bien adaptées aux sols oligotrophes (stratégies CS) soient également présentes. Il peut exister une dynamique végétale complète (à condition qu'il n'y ait pas d'autre contrainte), aboutissant à un stade forestier, mais celle-ci est extrêmement ralentie. Végétations guides : *Sphagno - Alnion glutinosae, Quercion roboris, Sarothamnion scoparii, Violion caninae*
Mésotrophe	Mésotrophile	Végétations des sols mésotrophes. La teneur moyenne en nutriment ne favorise nettement ni les espèces à stratégie S, ni les espèces à stratégie C, ni les espèces intermédiaires (stratégie CS). Cette cohabitation des différents cortèges explique la diversité spécifique particulièrement élevée des végétations mésotrophiles. Cortège floristique souvent particulièrement diversifié, associant espèces à stratégie S, espèces à stratégie C et espèces intermédiaires. Végétations guides : *Mesobromion erecti, Molinion caeruleae, Trifolion medii, Magnocaricion elatae*
Méso-eutrophe	Méso-eutrophile	Végétations des sols suffisamment riches en nutriments pour favoriser les espèces compétitrices (stratégie C). Ces espèces font l'économie des adaptations aux sols pauvres (sclérophyllie, lignosité, production de molécules complexes), ce qui leur permet d'allouer l'essentiel de leurs ressources à la productivité. De plus, la disponibilité en nutriments autorise de produire de plus grandes feuilles, ce qui permet des gains supplémentaires de productivité. Ces gains de productivité rendent ces espèces plus compétitrices, au sens où elles ont la capacité d'éliminer, par compétition, les espèces à stratégie S. Le cortège floristique est dominé par les espèces à stratégie C, mais les espèces à stratégie S ou CS sont encore présentes. Végétations guides : *Bromion racemosi, Colchico autumnalis - Arrhenatherenion elatioris, Trifolio montani - Arrhenatherenion elatioris, Galio veri - Cynosurenion cristati, Danthonio decumbentis - Cynosurenion cristati, Impatienti noli-tangere - Stachyion sylvaticae, Fraxino excelsioris - Quercion roboris*
Eutrophe	Eutrophile	Végétations des sols tellement riches en nutriments qu'ils favorisent très fortement la compétition ente les espèces végétales. Les végétations sont composées presque exclusivement d'espèces à stratégie C. Végétations guides : *Rumici obtusifolii - Arrhenatherenion elatioris, Lolio perennis - Cynosurenion cristati, Aegopodion podagrariae, Arction lappae, Chenopodietalia albi*

Tableau 2 : Catégories de trophie selon Catteau 2020

	Niveau d'humidité	Pelouse	Prairie pâturée
Variante sur tourbe méso-oligotrophe			
Junco obtusiflori - Schoeno nigricantis Permasigmetum	**hygrophile**	*Junco obtusiflori - Schoenetum nigricantis / Anagallido tenellae - Eleocharitetum quinqueflorae* ou *Cyperetum flavescentis*	NA
***Junco subnodulosi - Carici lasiocarpae Permasigmetum* var typique**	**hydrophile**	*Junco subnodulosi - Caricetum lasiocarpae typique / Anagallido tenellae - Eleocharitetum quinqueflorae*	NA
***Junco subnodulosi - Carici lasiocarpae Permasigmetum* var. amphibie**	**amphibie saisonnier**	*Junco subnodulosi - Caricetum lasiocarpae* var. amphibie	NA
Scorpidio scorpioidis - Utriculario minoris Permasigmetum	**amphibie permanent**	*Scorpidio scorpioidis - Utricularietum minoris*	NA
Potamo colorati Permasigmetum	**aquatique superficiel**	*Nitelletum syncarpae + Charetum polyacanthae*	NA
Variante sur tourbe mésotrophe à méso-eutrophe			
?	**hygrophile**	*Hydrocotylo vulgaris - Juncetum subnodulosi / Caricetum viridulo - lepidocarpae*	*Pulicario dysentericae - Juncetum inflexi / Junco compressi - Blysmetum compressi*
Groupement à *Alnus glutinosa* et *Thelypteris palustris Sigmetum*	**hydrophile**	*Potentillo palustris - Caricetum rostratae*	*Hydrocotylo vulgaris - Eleocharitetum palustris / Nasturtio microphylli - Alopecuretum geniculati* ?
Carico ripario - acutiformis Permasigmetum	**amphibie saisonnier**	*Caricion lasiocarpae* ?	NA
Scirpeto lacustris Permasigmetum	**amphibie permanent**		NA
Groenlandio densae Permasigmetum	**aquatique superficiel**	*Lemno trisulcae - Utricularietum vulgaris*	NA
Nymphaeo albae - Nupharo luteae Permasigmetum	**aquatique profond**	*Potamo natantis - Polygonetum amphibii*	NA
Tourbe minéralisée eutrophe à hypereutrophe			
Groupement à *Humulus lupulus* et *Fraxinus excelsior Sigmetum*	**hygrophile**	NA	Groupement à *Rumex conglomeratus* et *Juncus inflexus / Lolio perennis - Potentilletum anserinae*
Cirsio oleracei - Alno glutinosae Sigmetum	**hydrophile**	NA	*Ranunculo repentis - Alopecuretum geniculati / Potentillo anserinae - Alopecuretum geniculati*
Solano dulcamarae - Phragmito australis Permasigmetum	**amphibie saisonnier**	NA	NA
Groupement à *Typha latifolia Permasigmetum*	**amphibie permanent**	*Helosciadietum nodiflori*	NA
Elodeo canadensis - Potamo crispi Permasigmetum	**aquatique superficiel**	*Elodeo canadensis - Potametum crispi*	NA

Tableau 3 : Synsystème



Prairie fauchée	Vég. herb. Haute	Friche	Fourré	Forêt pionnière
NA	?	?	?	?
NA	*Cladietum marisci*	?	?	?
NA	?	?	NA	NA
NA	?	?	NA	NA
NA	*Potametum colorati*	?	NA	NA
Senecioni aquatici - Oenanthetum mediae atypique	*Valeriano repentis - Cirsietum oleracei*	?	*Crataego monogynae - Franguletum alni*	forêt hygrophile calcicole à nappe stagnante à définir
Hydrocotylo vulgaris - Eleocharitetum palustris	*Lathyro palustris - Lysimachietum vulgaris / Caricetum acutiformi-paniculatae* (bord de berge)	?	*Alno glutinosae - Salicetum cinereae* / Groupement à *Dryopteris cristata* et *Carex pniculatae* (synusie herbacée ou coupe forestière)	Groupement à *Alnus glutinosa* et *Thelypteris palustris*
NA	*Caricetum ripario - acutiformis / Caricetum acutiformi-paniculatae* var. *Cladium mariscus*	*Berulo erectae - Ranunculetum linguae*	NA	NA
NA	*Scirpetum lacustris*	*Cicuto virosae - Caricetum pseudocyperi*	NA	NA
NA	*Groenlandietum densae*	*Potamo - Ceratophylletum submersi*	NA	NA
NA	*Nymphaeetum albo - luteae*	*Potametum lucentis*	NA	NA
Hordeo secalini - Lolietum perennis	*Epilobio hirsuti - Convolvuletum sepium*	?	*Humulo lupuli - Sambucetum nigrae*	forêt hygrophile calcicole à nappe stagnante à définir
Eleocharito palustris - Oenanthetum fistulosae	Groupement à *Lythrum salicaria* et *Carex pseudocyperus*	?	*Rubo caesii - Salicetum cinereae*	*Cirsio oleracei - Alnetum glutinosae*
NA	*Solano dulcamarae - Phragmitetum australis*	?	NA	NA
NA	Groupement à *Typha latifolia*	?	NA	NA
NA	?	?	NA	NA

des tourbières alcalines



Marais tourbeux alcalin
©Q. DUMONT, CBN HDF

1 Détermination des cellules paysagères et capacité patrimoniale des unités de gestion en tourbières alcalines

3 Méthode

1. Hiérarchisation de la capacité patrimoniale des habitats de tourbière alcaline

Cette hiérarchisation de la capacité patrimoniale est issue du diagnostic des habitats à forts intérêts patrimoniaux, grâce à la modélisation CarHab (Catteau *et al.* 2025).

Une approche à l'échelle de la cellule paysagère (UTV2), correspond au niveau d'intégration le plus facilement mobilisable et utilisable pour caractériser les types d'habitats et prioriser les interventions au sein d'une entité de gestion.
En effet, ce niveau d'intégration présente les caractéristiques suivantes, qui correspondent aux approches et besoins d'un gestionnaire :

- Une cellule paysagère correspond à un objet facilement identifiable dans le paysage (même contexte physique, hydrique, pédologique, mêmes modalités de gestion, composition des végétations répétitive et facilement identifiable à partir des tableaux de synthèse réalisés dans le cadre d'une typologie).
- Une cellule paysagère comprend potentiellement un certain nombre de végétations qui la compose ou de cellules proches. Il est ainsi possible d'utiliser les niveaux de menaces des végétations pour caractériser la capacité patrimoniale d'un type de cellule paysagère.

La réalisation de la typologie symphytosociologique des Hauts-de-France a permis d'analyser les systèmes écologiques de manière plus fonctionnelle et surtout plus intégrée. Ce qui est tout l'intérêt de la phytosociologie paysagère.

De ce fait, nous avons repris les concepts développés dans le cadre du programme CarHab (Millet *et al.*, 2017), notamment du point de vue des niveaux d'intégration présentés au chapitre précédent. La construction de la hiérarchisation de la capacité patrimoniale se base directement sur le diagnostic des habitats à fort intérêt patrimonial dans le cadre de la stratégie nationale des aires protégées grâce à la modélisation CarHab.
Les habitats naturels et semi-naturels des tourbières alcalines sont hiérarchisés en fonction de leur capacité à héberger des végétations d'intérêt patrimonial. Le niveau de menace régionale des associations est issu du Catalogue de la végétation des Hauts-de-France (Camart et Catteau, 2023).

La correspondance entre le niveau de menace et la capacité patrimoniale d'une cellule paysagère est hiérarchisé par les catégories suivantes :

- **Catégorie V** : habitats naturels et semi-naturels hébergeant systématiquement une végétation gravement menacée (CR) ;
- **Catégorie IV** : habitats naturels et semi-naturels hébergeant systématiquement une végétation en danger (EN) ;
- **Catégorie III** : habitats naturels et semi-naturels hébergeant systématiquement une végétation vulnérable (VU) ;
- **Catégorie II** : habitats naturels et semi-naturels hébergeant systématiquement une végétation quasi-menacée (NT) ;
- **Catégorie I** : habitats naturels et semi-naturels n'hébergeant pas de végétation menacée ou quasi-menacée ;

Les cellules paysagères à **forte capacité patrimoniale** ont été définies comme celles dont **le coefficient de hiérarchisation était supérieur ou égal à III**. Elles correspondent aux priorités régionales de préservation.

La méthode a été validée par le Groupe de travail « connaissance » du Conseil scientifique régional du patrimoine naturel (CSRPN) des Hauts-de-France.

Cette typologie peut être utilisée :

- Pour caractériser les types d'habitats présents au sein des tourbières alcalines ;
- Pour prioriser les interventions en matière de gestion ;
- Pour suivre l'évolution des sites par le biais d'indicateurs propres à ces types d'habitats : saturation en végétations, présence/absence des végétations les plus caractéristiques et/ou patrimoniales, état de conservation de ces végétations, dégradation de ces grands types d'habitats par apparition de végétations de séries dérivées (dégradation trophique ou hydrique)…

Pelouse hydrophile du Junco subnodulosi - Caricetum lasiocarpae
©Q. DUMONT, CBN HDF



Tableau 4 : capacité patrimoniale et correspondances existantes pour les différents types de cellules paysagères



Nom	Capacité patrimoniale	N2000	Composition
Cellule amphibie à aquatique oligo-mésotrophe	IV	3140-1 7140-1 3160-1	Nitelletum syncarpae - VU / 3140-1 Charetum polyacanthae – VU / 3140-1 Potametum colorati – VU Junco subnodulosi - Caricetum lasiocarpae var. amphibie – EN / 7140-1 Scorpidio scorpioidis - Utricularietum minoris – EN / 3160-1
Cellule amphibie à aquatique mésotrophe à méso-eutrophe	V	3150 7230-1 7140-1	Lemno trisulcae - Utricularietum vulgaris - DD / 3150-2 Groenlandietum densae - VU / 3150-1 Potamo - Ceratophylletum submersi - EN / 3150-2 Potamo natantis - Polygonetum amphibii - LC / 3150 Nymphaeetum albo – luteae - LC / 3150 Potametum lucentis - VU / 3150-1 Caricetum ripario - acutiformis - CR / NI Caricetum acutiformi - paniculatae var. Cladium mariscus - VU / 7230-1 Berulo erectae - Ranunculetum linguae - VU / 7140-1 Scirpetum lacustris - VU / NI Cicuto virosae - Caricetum pseudocyperi - CR / NI
Cellule amphibie à aquatique eutrophe à hypereutrophe	I	3150-1	Elodeo canadensis - Potametum crispi - LC / 3150-1 Solano dulcamarae - Phragmitetum australis - LC / NI Helosciadietum nodiflori - LC / NI Groupement à Typha latifolia - LC / NI
Cellule pelousaire légèrement humide	IV	6410-1	Selino carvifoliae - Juncetum subnodulosi - EN / 6410-1
Cellule pelousaire humide	V	7230-1 3130-5	Anagallido tenellae - Eleocharitetum quinqueflorae – EN / 7230-1 Cyperetum flavescentis – CR / 3130-5 Junco obtusiflori - Schoenetum nigricantis – EN / 7230-1
Cellule pelousaire détrempée	IV	7230-1 7210-1	Anagallido tenellae - Eleocharitetum quinqueflorae – EN / 7230-1 Junco subnodulosi - Caricetum lasiocarpae typique – EN / 7140-1 Cladietum marisci - VU / 7210-1
Cellule prairiale humide fauchée méso-eutrophe	III	7230-1 6430-1	Caricetum viridulo - lepidocarpae - VU / 7230-1 Hydrocotylo vulgaris - Juncetum subnodulosi - VU / 7230-1 Senecioni aquatici - Oenantheturn mediae - VU / NI Valeriano repentis - Cirsietum oleracei - NT / 6430-1
Cellule prairiale humide pâturée méso-eutrophe	IV	7230-1 6430-1	Caricetum viridulo - lepidocarpae - VU / 7230-1 Hydrocotylo vulgaris - Juncetum subnodulosi - VU / 7230-1 Junco compressi - Blysmetum compressi - EN / NI Pulicario dysentericae - Juncetum inflexi - VU / NI Valeriano repentis - Cirsietum oleracei - NT / 6430-1
Cellule prairiale humide pâturée eutrophe	I	6430-4	Groupement à Rumex conglomeratus et Juncus inflexus - LC / NI Lolio perennis - Potentilletum anserinae - LC / NI Epilobio hirsuti - Convolvuletum sepium - LC / 6430-4
Cellule prairiale humide fauchée eutrophe	I	6430-4	Hordeo secalini - Lolietum perennis - NT / NI Epilobio hirsuti - Convolvuletum sepium - LC / 6430-4
Cellule prairiale détrempée fauchée méso-eutrophe	III	7230-1	Hydrocotylo vulgaris - Eleocharitetum palustris - DD / NI Lathyro palustris - Lysimachietum vulgaris - VU / 7230-1
Cellule prairiale détrempée pâturée méso-eutrophe	IV	7230-1 7140-1	Potentillo palustris - Caricetum rostratae - EN / 7140-1 Hydrocotylo vulgaris - Eleocharitetum palustris - DD / NI Nasturtio microphylli - Alopecuretum geniculati - DD / NI Lathyro palustris - Lysimachietum vulgaris - VU / 7230-1
Cellule prairiale détrempée fauchée eutrophe	II	NI	Eleocharito palustris - Oenanthetum fistulosae - NT / NI Groupement à Lythrum salicaria et Carex pseudocyperus - LC / NI
Cellule prairiale détrempée pâturée eutrophe	II	NI	Potentillo anserinae - Alopecuretum geniculati - LC / NI Ranunculo repentis - Alopecuretum geniculati - NT / NI Groupement à Lythrum salicaria et Carex pseudocyperus - LC / NI
Cellule de recolonisation humide mésotrophe à méso-eutrophe	II	6430-1	Valeriano repentis - Cirsietum oleracei - NT / 6430-1 Frangulo alni - Crataegetum monogynae - LC / NI
Cellule de recolonisation humide eutrophe	I	6430-4	Epilobio hirsuti - Convolvuletum sepium - LC / 6430-4 Humulo lupuli - Sambucetum nigrae - LC / NI
Cellule de recolonisation détrempée mésotrophe à méso-eutrophe	III	7230-1	Lathyro palustris - Lysimachietum vulgaris - VU / 7230-1 Caricetum acutiformi - paniculatae - NT / NI Alno glutinosae - Salicetum cinereae - NT / NI
Cellule de recolonisation détrempée eutrophe	I	NI	Groupement à Lythrum salicaria et Carex pseudocyperus - LC / NI Rubo caesii - Salicetum cinereae - LC / NI
Cellule forestière pionnière humide mésotrophe à méso-eutrophe	II	6430-1	Valeriano repentis - Cirsietum oleracei - VU / 6430-1 Crataego monogynae - Franguletum alni - NT / NI forêt hygrophile calcicole à nappe stagnante à définir - ? / ?
Cellule forestière pionnière humide eutrophe	I	6430-4	Epilobio hirsuti - Convolvuletum sepium - LC / 6430-4 Humulo lupuli - Sambucetum nigrae - LC / NI forêt hygrophile calcicole à nappe stagnante à définir - ? / ?
Cellule forestière pionnière détrempée mésotrophe à méso-eutrophe	III	7230-1	Lathyro palustris - Lysimachietum vulgaris - VU / 7230-1 Caricetum acutiformi - paniculatae - NT / NI Alno glutinosae - Salicetum cinereae - NT / NI Groupement à Dryopteris cristata et Carex pniculatae - ? / ? Groupement à Alnus glutinosa et Thelypteris palustris - VU / NI
Cellule forestière pionnière détrempée eutrophe	II	NI	Groupement à Lythrum salicaria et Carex pseudocyperus - LC / NI Rubo caesii - Salicetum cinereae - LC / NI Cirsio oleracei - Alnetum glutinosae - NT / NI

1 Détermination des cellules paysagères et capacité patrimoniale des unités de gestion en tourbières alcalines

4 Relevés de terrain

1. Relevés phytosociologiques et symphytosociologiques

Deux méthodes existent pour déterminer une cellule paysagère, il s'agit soit de la réalisation de relevés phytosociologiques et symphytosociologiques ou de la détermination à l'aide d'une clé simplifiée des cellules paysagères.

Les relevés phytosociologiques et symphytosociologiques sont aujourd'hui réalisés couramment pour analyser une végétation ou un habitat. L'avantage de cette méthode est de permettre une meilleure analyse des composants de la cellule, mais cela nécessite un apprentissage et une certaine maîtrise de la phytosociologie paysagère. De plus, la détermination des syntaxons est de plus en plus aisée avec la parution de plusieurs ouvrages produits par le CBN des Hauts-de-France, notamment les guides des végétations des zones humides du Nord-Pas de Calais et de Picardie, mais surtout le Guide de détermination de la Végétation du Nord de la France. La méthode utilisée est tirée du mémento pour la pratique du relevé symphytosocioloque (Catteau et Villejoubert, 2023).

Les conditions et étapes à respecter pour réaliser un relevé symphytosociologique, sont les trois suivantes :

Surface et homogénéité de l'aire-échantillon

La cellule paysagère est une unité définie par une composition phytocénotique parmi laquelle une ou plusieurs communautés végétales dominantes structurent la physionomie. La cellule paysagère correspond le plus souvent à une entité de gestion. Au sein d'une même série, les différentes cellules paysagères s'organisent le long d'un gradient dynamique. Elle a une homogénéité de structure végétale dominante et de stade dynamique, conditionnés par un paramètre écologique unificateur (Catteau, 2021).

Le relevé de cellule paysagère doit donc être réalisé sur une surface homogène à la fois du point de vue de la gestion, du stade dynamique et de par les conditions générales de biotope (humidité, géologie, climat).

Le relevé de cellule paysagère doit être réalisé sur une surface suffisante pour inclure les différentes végétations susceptibles de s'exprimer : à la fois la communauté dominante, mais également les communautés secondaires de surface moindre. Le seuil fixé dans le cadre du programme CarHab est de 5000 m². Même si ce chiffre ne doit pas être pris au pied de la lettre, il donne un ordre d'idée de la surface nécessaire, de l'ordre de l'hectare. Dans le cas des forêts, compte tenu de l'aire minimale des communautés dominantes, il sera sans doute nécessaire de relever une surface plus importante, de l'ordre de la dizaine d'hectares. Comme pour les relevés phytosociologiques, l'aire-échantillon devra être agrandie si les communautés secondaires sont clairsemées.

La question se pose donc de définir une aire-échantillon couvrant plusieurs parcelles (en prairie par exemple). Si cette pratique est rendue nécessaire par la rareté des communautés secondaires et si les parcelles sont suffisamment semblables, cette pratique paraît envisageable.

Une parcelle qui contiendrait plusieurs biotopes différents doit être subdivisée en cellules paysagères distinctes, à la condition que ces surfaces soient suffisamment grandes pour constituer des cellules paysagères autonomes, c'est-à-dire pour que ces surfaces puissent faire l'objet de processus dynamiques distincts, être gérés distinctement, avoir des paramètres écologiques unificateurs différents. Les hétérogénéités inférieures à 5000 m² environ sont donc incluses dans la cellule paysagère : une mare de petite surface ou un réseau de drains seront inclus dans la cellule prairiale par exemple.

Liste exhaustive des végétations

La liste des végétations présentes dans l'aire-échantillon doit être réalisée avec la plus grande rigueur.

Toutes les végétations présentes dans l'aire-échantillon doivent être inventoriées, à la condition qu'elles couvrent au moins une surface correspondant à l'aire minimale adaptée de relevé phytosociologique (Catteau, 2019) : un arbre isolé ne fonctionne pas comme une communauté forestière, même fragmentaire.

Même si elles ne correspondent pas à la même potentialité sériale, les végétations doivent être inventoriées dans le relevé symphytosociologique, à partir du moment où elles sont incluses dans l'aire-échantillon.

Les communautés fragmentaires sont identifiées comme telles, de même que les communautés basales.

Affectation des coefficients

Un coefficient d'abondance-dominance et une indication sur la forme spatiale au sein de la cellule paysagère doivent être attribués à chaque végétation.

Coefficient d'abondance-dominance

Chaque végétation est affectée d'un coefficient quantifiant à la fois les individus de cette végétation présents dans l'aire-échantillon et leur recouvrement.

5 : Recouvrement supérieur à 75 % de l'aire-échantillon, abondance quelconque

4 : Recouvrement de 50 % à 75 % de l'aire-échantillon, abondance quelconque

3 : Recouvrement de 25 % à 50 % de l'aire-échantillon, abondance quelconque

2 : Très abondant ou recouvrement de 5 % à 25 % de l'aire-échantillon

1 : Abondant mais avec un recouvrement inférieur à 1 % ou assez peu abondant avec un recouvrement de 1 à 5 % de l'aire-échantillon

+ : Peu ou très peu abondant, recouvrement très faible (<1 %).

Forme spatiale (Tüxen, 1979 ; Géhu, 2004 ; Catteau & Choisnet, 2017)

- forme « grand spatial »
- forme « petit spatial »
- forme « linéaire »
- forme « spatio-linéaire »
- forme « linéaire disjointe »
- forme « en mosaïque » ou pluri-ponctuelle
- forme « ponctuelle ».

1 Détermination des cellules paysagères et capacité patrimoniale des unités de gestion en tourbières alcalines

4 Relevés de terrain

2. Proposition d'une clé de détermination simplifiée des cellules paysagères de tourbières alcalines

La phytosociologie et encore plus la symphytosociologie peuvent être assez complexes pour des non-initiés, même avec les guides mentionnés précédemment. Dans ce contexte et afin de permettre au plus grand nombre d'utiliser cette méthode de hiérarchisation, une clé des cellules paysagères des tourbières alcalines régionales a été réalisée. Cette clé a l'avantage d'être relativement simple à appréhender mais présente l'inconvénient d'être moins précise (dans l'analyse des composants de la cellule paysagère) que la méthode des relevés symphytosociologiques. La clé indique les végétations guides au niveau de l'alliance, c'est-à-dire, des syntaxons susceptibles d'être présents dans la cellule paysagère.

Compte tenu de la position marginale de séries légèrement humides dans les marais tourbeux, il a été choisi de ne pas reprendre ce niveau d'humidité dans la clé. De plus, et même si la pelouse du *Molinion caeruleae* possède un intérêt patrimoniale majeur, la cellule pelousaire n'atteint jamais les 5000 m² dans ces marais. Ces entités de pelouses du *Molinion caeruleae* se retrouvent généralement au sein d'autres cellules et notamment parmi des cellules prairiales ou de broussaille humides méso-eutrophes.

De même, les forêts matures peuvent théoriquement exister dans les séries humides, sauf qu'actuellement, ces forêts ne sont pas identifiées en Hauts-de-France. Notamment en raison des nombreux défrichements depuis le moyen-âge, jusqu'au XIXe siècle, qui ont bloqué cette dynamique éventuelle en zone humide, ne permettant pas la constitution d'un sol forestier sur ces niveaux d'engorgement. C'est pourquoi ces cellules n'apparaissent pas dans la clé de détermination des cellules paysagères.

Clé des cellules paysagères des tourbières alcalines du nord-ouest de la France

1 Surface constituée d'un sol nu non ou très faiblement végétalisé composé essentiellement par des espèces annuelles. → Minéral

1' Physionomie liée à la présence d'une lame d'eau libre plus ou moins colonisée par des plantes aquatiques. Ces végétations aquatiques sont souvent associées à des végétations amphibies, généralement établies en ceinture de la pièce d'eau (ou parfois en îlots) et largement dépendantes de celle-ci. Végétation amphibie et aquatique → 6

1'' Physionomie non liée à la présence d'une lame d'eau libre. Les plantes aquatiques peuvent être présentes mais sont dans ce cas minoritaires, parfois dans des trouées au sein d'une autre végétation. → 2

2 Physionomie attachée à la présence de végétations herbacées, éventuellement associées ou dominées par des végétations arbustives mais alors celles-ci n'excèdent pas 3-5 m de haut ou bien elles sont ponctuelles ou linéaires (haies, arbres isolés). → 3

2' Physionomie liée à la présence de végétations uniquement ligneuses hautes (plus de 7 m). Les végétations herbacées n'occupent pas des surfaces significatives (clairières, chemins forestiers). → 5

3 Physionomie essentiellement herbacée, malgré la présence éventuelle de haies, d'arbres isolés ou de ligneux juvéniles ponctuels. → 4

3' Physionomie imprimée par les végétations herbacées hautes (mégaphorbiaies, roselières, cariçaies) et/ou par des végétations arbustives. D'autres végétations peuvent être présentes, de manière ponctuelle (souvent des végétations de pelouses ou de prairies, des chaméphytaies, des éléments ponctuels de forêt pionnière...). Ce type de physionomie est lié à une dynamique active, non contrainte par la gestion : herbages à l'abandon, coupes forestières en cours de recolonisation, etc. Néanmoins, cette dynamique peut être assez lente, voire très lente, selon les contraintes des milieux (trophie, engorgement). Broussaille (végétation de recolonisation) → 9

4 Physionomie attachée à la présence de végétations de prairies vivaces couvrant plus de 50 % de la surface, à forte productivité. Végétation gérée à des fins de production de foin ou pâturée plus ou moins intensivement, généralement dominée par des graminées ; développée sur des surfaces gérées régulièrement comme unités de production des systèmes agropastoraux. Les contraintes plus limitées pesant sur la productivité des plantes permet aux plantes de se passer de sclérification et de limiter la production de tanins dans les parties végétatives, ce qui peut donner aux plantes prairiales une allure vert franc et assez "molle". Prairie → 7

4' Physionomie imprimée par une végétation herbacée vivace basse à faible productivité due à des conditions édaphiques contraignantes : oligotrophie, engorgement, etc. Souvent sur des sols à horizons supérieurs très riches en matière organique voire tourbeux, mais parfois sur sols minéraux. Pour s'adapter à ces conditions écologiques difficiles, les plantes ont tendance à être plus petites et à avoir

des feuilles plus petites ou plus étroites, cuticulées, sclérifiées. L'abondance des teintes rougeâtres ou grisâtres dans les parties végétatives des plantes révèle la présence de tanins qui peuvent avoir pour fonction de limiter la consommation primaire. **Pelouse** → 8

5 Physionomie non issue de plantation attachée à la présence de végétations dont la strate arborescente est moyennement haute et peu dense, de telle manière que la flore herbacée du sous-bois et des milieux associés est peu différente de la flore des milieux ouverts parce que les conditions microclimatiques sont encore peu contraignantes. La flore herbacée du sous-bois est donc souvent composée de hautes herbes des ourlets, mégaphorbiaies, cariçaies, roselières. Les espèces de la strate arborescente sont des espèces ligneuses pionnières aux bonnes capacités de dispersion et à la croissance rapide (*Betula, Salix, Populus, Pinus*, etc.). Comme la colonisation est récente et synchrone, la strate arborescente est équienne et peu structurée. Forêt pionnière → 10

5' Physionomie attachée à la présence de ligneux plantés assez denses, de plus de cinq mètres de haut. La strate herbacée n'étant plus entretenue, elle a très souvent un faciès herbacé haut, sauf en fin de cycle où la végétation commence à présenter des affinités avec les formations forestières. Des petites clairières occupées par une végétation herbacée haute, des voies de communication, des fossés et des petits plans d'eau peuvent être présents. Plantation → 11

Végétation amphibie et aquatique

6 Végétation des eaux souvent peu profondes (gouille) en mélange avec des espèces annuelles (*Characées, Utricularia gr. minor*) et des hydrophytes vivaces (*Potamogeton coloratus, Sparganium natans*). Ces végétations aquatiques sont associées à des végétations amphibies intégrant des espèces telles que *Carex lasiocarpa, Eleocharis div. sp. Scorpidium div. sp.*, etc., généralement établies en ceinture de la pièce d'eau (ou parfois en îlots). L'eau est transparente avec éventuellement une teinte brune à cause de la présence d'acides organiques. Végétations guide : *Potamion polygonifolii, Scorpidio scorpioidis-Utricularion minoris, Charion fragilis, Caricion lasiocarpae.* → **cellule amphibie et aquatique oligo-mésotrophe**
Remarque : Cette cellule s'exprime rarement sur des surfaces suffisantes (5 000 m²). Elle apparaît le plus souvent au sein de la cellule pelousaire détrampée.

6' Végétation aquatique accueillant des espèces vivaces flottantes et immergées pouvant être diversifiées (*Myriophyllum verticillatum, Hippuris vulgaris, Potamogeton lucens, Groenlandia densa, Hottonia palustris*). Les espèces annuelles lorsqu'elles sont présentes sont de grande taille, généralement supérieure à 3 cm (*Utricularia gr. vulgaris, Hydrocharis, Ceratophyllum*) avec quelques espèces plus petites (*Lemna trisulca, Riccia fluitans, Ricciocarpos*) sans jamais recouvrir la totalité de la surface en eau. Ces végétations aquatiques peuvent être associées à des végétations amphibies intégrant des espèces turficoles telles que *Ranunculus lingua, Thelypteris palustris, Cladium mariscus, Typha angustifolia*, etc., généralement établies en ceinture de la pièce d'eau (ou parfois en îlots). L'eau est généralement transparente. Végétations guide : *Nymphaeion albae, Potamion pusilli, Charion fragilis, Hydrocharition morsus-ranae, Lemno trisulcae-Riccienion fluitantis, Phragmition communis, Oenanthion aquaticae.* → **cellule amphibie et aquatique mésotrophe à méso-eutrophe**

6'' Végétation aquatique accueillant souvent un petit nombre d'espèces vivaces le plus souvent immergées (*Najas marina, Zannichellia palustris, Potamogeton crispus, Elodea canadensis, Callitriche obtusangula, C. platycarpa*). Les espèces annuelles lorsqu'elles sont présentes sont de petite taille (*Lemna gibba, L. turionifera, L. minuta, Azolla, Wolffia*) et peuvent recouvrir la totalité de la surface en eau. Ces végétations aquatiques peuvent être associées à des végétations amphibies intégrant des espèces telles que *Carex pseudocyperus, Rumex hydrolapathum, Rorippa amphibia, Sparganium div. sp., Typha div. sp., Schoenoplectus div. sp., Equisetum fluviatile*, etc., généralement établies en ceinture de la pièce d'eau (ou parfois en îlots). L'eau est souvent peu transparente, à cause de la prolifération de phytoplancton et de l'abondance de la vase en suspension. Végétation guide : *Nymphaeion albae, Potamion pusilli, Lemnion minoris, Phragmition communis, Oenanthion aquaticae.* → **cellule amphibie et aquatique eutrophe à hypereutrophe**

7 Prairie

71 Prairie moyennement inondable (1 à 3 mois par an), présentant un horizon rédoxique de surface, dominée par des hémicryptophytes prairiales hygrophiles à mésohygrophiles. Les hélophytes sont rares. Les espèces prairiales mésophiles et les espèces prairiales à large amplitude (*Agrostis stolonifera, Ranunculus repens*, etc.) sont plus ou moins abondantes. Les espèces suivantes sont différentielles : *Poa pratensis, Ranunculus acris, Trifolium pratense, Rumex acetosa, Prunella vulgaris, Anthoxanthum odoratum, Schedonorus arundinaceus, Bellis perennis, Lolium perenne, Cerastium fontanum subsp. vulgare, Festuca rubra.* → 72

71' Prairie longuement inondable (3 à 6 mois par an), à engorgement superficiel pendant presque toute l'année, intégrant des hélophytes plus ou moins nombreux des cariçaies et roselières (*Myosotis scorpioides, Glyceria fluitans, Galium gr. palustre, Carex acutiformis*, etc.) en abondance équivalente avec les hémicryptophytes prairiales à large amplitude. Ces prairies longuement inondables peuvent être difficilement praticables de fait certaines années pluvieuses la fauche ou le pâturage peuvent être

limités pouvant donner une physionomie assez haute intégrant davantage de végétations d'ourlet. Les espèces suivantes sont différentielles : *Oenanthe fistulosa, Eleocharis palustris, E. uniglumis, C. disticha, Veronica scutellata, Myosotis laxa subsp. cespitosa, Rorippa sylvestris.* → 75

72 Prairie fauchée et/ou pâturée tardivement couvrant plus de 50 % de la surface, généralement dominée par une strate dense de graminées hautes de 40 à 60 cm (*Schedonorus pratensis, Alopecurus pratensis*) ; parfois transgressant depuis les prairies mésophiles, avec de grandes dicotylédones dressées (*Leucanthemum ircutianum, Silaum silaus*) et des espèces plus basses mais ne supportant pas le piétinement. Les fabacées volubiles (*Vicia, Lathyrus*) et les espèces des mégaphorbiaies, lorsqu'elles sont présentes, sont différentielles. → 73

72' Prairie pâturée couvrant plus de 50 % de la surface, produisant des paysages hétérogènes à l'échelle parcellaire, avec des entrées de pâture hébergeant des végétations piétinées, des reposoirs à bestiaux dont la végétation est celle d'une friche nitrophile, des abreuvoirs aux végétations aquatiques et amphibies, des fourrés ponctuels... Quelques parcelles peuvent héberger une végétation de prairie fauchée. Les espèces différentielles sont *Juncus inflexus, Pulicaria dysenterica, Epilobium parviflorum, Mentha suaveolens, Cynosurus cristatus, Phleum pratense, Plantago major.* → 74

73 Prairie diversifiée avec un cortège d'espèces prairiales bien représentées, mais intégrant des espèces turficoles des pelouses (*Dactylorhiza incarnata, Galium uliginosum, Juncus subnodulosus*). Végétation guide : *Hydrocotylo vulgaris-Schoenion nigricantis, Bromion racemosi, Thalictro flavi-Filipendulion ulmariae.* → **cellule prairiale fauchée humide méso-eutrophe**

73' Prairie peu diversifiée n'intégrant pas d'espèces turficoles des pelouses (*Dactylorhiza incarnata, Galium uliginosum, Juncus subnodulosus*). Végétation guide : *Bromion racemosi, Convolvulion sepium.* → **cellule prairiale fauchée humide eutrophe**

74 Prairie diversifiée intégrant des espèces turficoles des pelouses (*Dactylorhiza div. sp, Carex distans, Galium uliginosum, Juncus subnodulosus*). Végétation guide : *Hydrocotylo vulgaris-Schoenion nigricantis, Mentho longifoliae-Juncion inflexi, Potentillion anserinae, Thalictro flavi-Filipendulion ulmariae.* → **cellule prairiale pâturée humide méso-eutrophe**

74' Prairie peu diversifiée n'intégrant pas d'espèces turficoles des pelouses (*Dactylorhiza div. sp, Carex distans, Galium uliginosum, Juncus subnodulosus*). Végétation guide : *Mentho longifoliae-Juncion inflexi, Potentillion anserinae, Convolvulion sepium.* → **cellule prairiale pâturée humide eutrophe**

75 Prairie fauchée produisant des paysages assez homogènes du point de vue phytocénotique, avec peu de végétations associées à la végétation prairiale *sensu stricto*. La fauche peut se faire sur la totalité de la parcelle ou seulement une partie lors des années pluvieuses. Les végétations d'ourlets associées se développent davantage et elles peuvent avoir une physionomie assez haute. Les espèces suivantes sont différentielles : *Oenanthe fistulosa, Carex disticha, Carex vesicaria.* → 76

75' Prairie pâturée produisant des paysages hétérogènes à l'échelle parcellaire, avec des entrées de pâture hébergeant des végétations piétinées, des reposoirs à bestiaux dont la végétation est celle d'une friche nitrophile, des abreuvoirs aux végétations aquatiques et amphibies, des fourrés ponctuels... Quelques parcelles peuvent héberger une végétation de prairie fauchée ou une végétation herbacée haute (cariçaie, roselière) dans les zones les plus engorgées Les espèces suivantes sont différentielles : *Alopecurus geniculatus, Trifolium repens, Argentina anserina.* → 77

76 Prairie de fauche diversifiée intégrant des espèces turficoles des pelouses (*Dactylorhiza div. sp, Galium uliginosum, Juncus subnodulosus*). Végétation guide : *Oenantion fistulosae, Magnocaricion elatae.* → **cellule prairiale fauchée détrempée méso-eutrophe**

76' Prairie peu diversifiée hébergeant *Oenanthe fistulosa, Carex disticha, Caltha palustris...* mais n'intégrant pas d'espèces turficoles des pelouses (*Dactylorhiza div. sp, Galium uliginosum, Juncus subnodulosus*). Végétation guide : *Oenantion fistulosae, Caricion gracilis.* → **cellule prairiale fauchée détrempée eutrophe**

77 Prairie assez diversifiée intégrant des espèces turficoles des pelouses (*Dactylorhiza div. sp, Carex distans, Galium uliginosum, Juncus subnodulosus*). Végétation guide : *Oenantion fistulosae, Potentillion anserinae, Magnocaricion elatae.* → **cellule prairiale pâturée détrempée méso-eutrophe**

77' Prairie peu diversifiée n'intégrant pas d'espèces turficoles des pelouses (*Dactylorhiza div. sp, Carex distans, Galium uliginosum, Juncus subnodulosus*). Végétation guide : *Oenantion fistulosae, Potentillion anserinae, Caricion gracilis.* → **cellule prairiale pâturée détrempée eutrophe**

Pelouse

8 Pelouse des sols stables assez engorgés mais sans eau affleurante pendant la saison de végétation. Les espèces "terrestres" (cortège pelousaire et prairial assez humide, cortège des mégaphorbiaies) jouent souvent le rôle de différentielles et apportent en général une diversité floristique plus impor-

tante aux différentes végétations. Les associations de pelouse ont souvent 25-35 taxons / relevé. Les espèces sont pour la majorité turficoles et hygrophiles (*Schoenus nigricans, Dactylorhiza div. sp, Epipactis palustris, Liparis loeselii, Oenanthe lachenalii, Carex lepidocarpa*, etc.). Les espèces mésophiles sont absentes. Végétations guide : *Hydrocotylo vulgaris-Schoenion nigricantis, Thalictro flavi-Filipendulion ulmariae*. → **cellule pelousaire humide (hygrophile)**

8' Pelouse moins diversifiée (5-20 esp. / relevé) souvent sous forme de radeaux ou de tremblants des sols instables avec l'eau affleurante pendant au moins une partie de la saison de végétation. Les espèces structurantes sont des hélophytes rhizomateuses (*Carex lasiocarpa, C. rostrata, Comarum palustris, Menyanthes trifoliata, Carex diandra*). Certaines espèces des roselières sont de bonnes différentielles (*Equisetum fluviatile, Carex elata, Thelypteris palustris, Ranunculus lingua*). Végétations guide : *Caricion lasiocarpae, Magnocaricion elatae*. → **cellule pelousaire détrempée (hydrophile)**

Remarque : Les cellules de pelouse sont rares dans la région. Les végétations de pelouse s'expriment en général sur des surfaces insuffisantes pour fonctionner et être gérées de manière autonome. Souvent, elles prennent place au sein de cellules de broussaille ou de prairie et doivent donc être considérées comme un élément de ces cellules.

Broussaille

9 Fourré des sols humides non marécageux dominé par des arbustes à feuilles dotées d'un limbe développé. Les espèces à épines raméales (rameau modifié se terminant en pointe), sont discriminantes. Nombreuses espèces à petits fruits charnus, drupes et baies. Nombreuses espèces drageonnantes susceptibles de constituer des fourrés très denses et sombres. Les Rosacées sont très abondantes. Végétations pouvant être relativement diversifiées, de 5 à 15 espèces arbustives. Ces fourrés sont la plupart du temps en mélange avec des végétations herbacées hautes de type ourlet principalement des mégaphorbiaies et des cariçaies. Les espèces suivantes sont différentielles : *Thalictrum flavum, Cirsium oleraceum, Epilobium hirsutum, Eupatorium cannabinum*. → 91

9' Fourré des sols marécageux peu diversifiés (1-5 espèces arbustives) largement dominé par des saules, *Frangula alnus, Betula div. sp., Alnus glutinosa* ou par des *Rubus*. Ces fourrés sont la plupart du temps en mélange avec des végétations herbacées hautes de type ourlet principalement des cariçaies ou des roselières. Les espèces suivantes sont différentielles : *Thelypteris palustris, Thysselinum palustre, Ribes nigrum, Humulus lupulus*. → 92

91 Végétation intégrant des espèces de substrat mésotrophe : *Juncus subnodulosus, Thalictrum flavum, Lysimachia vulgaris, Valeriana officinalis*, etc. Les espèces eutrophiles peuvent-être présentes mais restent minoritaires. Végétation guide : *Salici cinereae-Rhamnion catharticae, Thalictro flavi-Filipendulion ulmariae*. → **cellule de recolonisation humide mésotrophe à méso-eutrophe**

91' Végétation intégrant des espèces de substrat eutrophe : *Rubus caesius, Sambucus nigra, Humulus lupulus, Glechoma hederacea, Myosoton aquaticum, Epilobium hirsutum, Eupatorium cannabinum*. Végétation guide : *Humulo lupuli-Sambucion nigrae, Convolvulion sepium*. → **cellule de recolonisation humide eutrophe**

92 Végétation herbacée haute intégrant des espèces turficoles : *Calamagrostis canescens, Lathyrus palustris, Thysselinum palustris, Thelypteris palustris*. Végétation guide : *Salicion cinereae, Magnocaricion elatae*. → **cellule de recolonisation détrempée mésotrophe à méso-eutrophe**

92' Végétation herbacée haute n'intégrant pas ou très peu d'espèces turficoles. *Rubus caesius, Solanum dulcamara, Humulus lupulus, Myosoton aquaticum, Epilobium hirsutum, Eupatorium cannabinum, Carex riparia* sont différentiels. Végétation guide : *Salicion cinereae, Caricion gracilis*. → **cellule de recolonisation détrempée eutrophe**

Forêt pionnière

10 Forêt pionnière des sols engorgés à proximité de la surface une partie de l'année, à strate arborescente généralement dominée par *Alnus glutinosa, Acer pseudoplatanus, Betula pendula, B. pubescens et Fraxinus excelsior* et à strate arbustive pouvant être assez diversifiée. La strate herbacée est caractérisée par des espèces des mégaphorbiaies. Les espèces de roselières et de cariçaies peuvent être présentes mais non dominantes. → 101

10' Forêt pionnière à engorgement prolongé (jusqu'à 6 mois) à strate arborescente dépassant rarement 15 m, à structure de haut perchis souvent assez clair, constitué de *Alnus glutinosa* ou *Betula pubescens*, avec parfois quelques arbres d'autres essences. La strate arbustive est peu diversifiée et est composée principalement de *Salix div. sp.* et *Frangula alnus*. La strate herbacée est haute (80-100 cm) et à physionomie de mégaphorbiaie, de roselière ou de cariçaie. → 102

101 Forêt pionnière à strate herbacée caractérisée par des espèces herbacées mésotrophes : *Juncus subnodulosus, Thalictrum flavum, Lysimachia vulgaris, Valeriana officinalis*, etc. Les espèces de mégaphor-

biaie plus eutrophe peuvent être présentes mais ne sont jamais largement représentées. Végétation guide : *Alnion incanae, Thalictro flavi-Filipendulion ulmariae.* → **cellule forestière pionnière humide mésotrophe à méso-eutrophe**

101' Forêt pionnière intégrant des espèces eutrophes : *Sambucus nigra, Convolvulus sepium, Humulus lupulus, Ribes rubrum*, etc. Les espèces plus mésotrophes peuvent être présentes mais restent toujours faiblement représentées. Végétation guide : *Alnion incanae, Convolvulion sepium.* → **cellule forestière pionnière humide eutrophe**

102 Forêt pionnière à herbacée intégrant des espèces mésotrophes : *Ribes nigrum, Thelypteris palustris, Calamagrostis canescens, Thysselinum palustre, Carex elata.* Végétation guide : *Alnion glutinosae, Magnocaricion elatae.* → **cellule forestière pionnière détrempée mésotrophe à méso-eutrophe**

102' Forêt pionnière à herbacée intégrant des espèces eutrophes : *Humulus lupulus, Carex acutiformis*. Les espèces herbacées plus mésotrophes peuvent être présentes ponctuellement, mais restent toujours faiblement représentées. Végétation guide : *Alnion glutinosae, Caricion gracilis.* → **cellule forestière pionnière détrempée eutrophe**


végétation amphibie et aquatique


végétation amphibie et aquatique


pelouse


broussaille


prairie pâturée


prairie fauchée


forêt pionnière

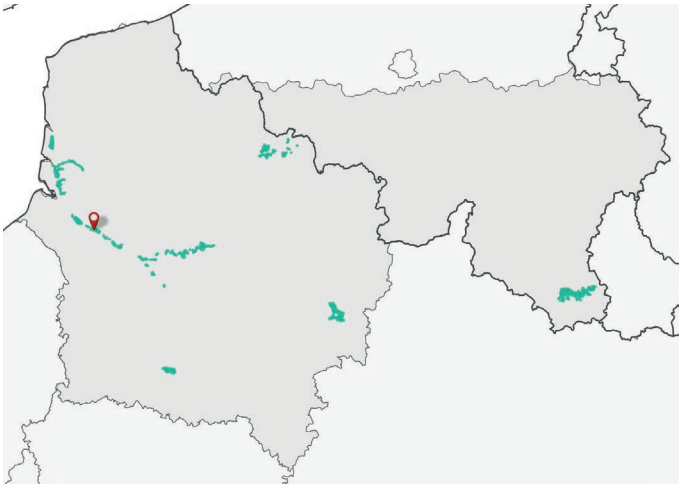

forêt mâture



Prairie mésohygrophile du Selino carvifoliae - Juncetum subnodulosi *©Q. DUMONT, CBN HDF*

1 Détermination des cellules paysagères et capacité patrimoniale des unités de gestion en tourbières alcalines

5 Attribution de la capacite patrimoniale d'une unité de gestion



Il s'agit d'une méthode qui nécessite la détermination des cellules paysagères et pouvant être utilisée dans le cadre de suivis de travaux de restauration ou d'entretien liés à la gestion de la dynamique de la végétation. Il est donc nécessaire de réaliser un relevé des cellules paysagères présentes, avant et après les opérations de gestion. L'intérêt de cette démarche est d'évaluer les potentialités de restauration, non pas d'une végétation mais d'un ensemble de végétations, liées entre elles par des liens dynamiques (cellule paysagère). D'une manière générale, la gestion des espaces naturels est le plus souvent liée à un stade dynamique que l'on souhaite maintenir ou restaurer.

La dynamique qui concerne le plus souvent les gestionnaires est la dynamique secondaire régressive (Catteau, 2021). Classiquement, le gestionnaire réalise des opérations afin de favoriser le stade dynamique précédant (depuis un fourré vers une végétation herbacée haute ou d'une végétation herbacée haute vers une prairie/pelouse) mais aussi pour maintenir un stade dynamique en place (entretien). Ces opérations sont souvent réalisées à l'échelle des cellules paysagères (unités de gestion). En effet, le biotope reste le même (sol, humidité, trophie). A l'inverse, il est beaucoup plus difficile de passer directement d'une forêt mature à une pelouse (niveau d'intégration de la série), juste en s'appuyant sur la dynamique sans prendre en compte l'évolution du sol. En effet, la pédogénèse est à prendre en compte dans cette méthode, car une évolution du sol, génère un changement de biotope, donc d'autres modalités de gestion (comme l'étrépage) seront nécessaires pour permettre la dynamique régressive souhaitée. La dynamique de végétation entraîne des modifications des processus écosystémiques notamment hydrologiques (évapotranspiration), pédologiques (pédogénétiques, érosifs...), hydrogéochimiques (enrichissement ou déplétions en nutriments, sédimentations, rétention de polluants), microclimatiques (hygrométrie, température) et bien sûr biologiques en modifiant les cortèges associés et donc les interactions entre organismes dans l'écosystème. Cependant, dans le cas des marais tourbeux oligo-mésotrophes, le déboisement d'une forêt pionnière détrempée peuvent permettre de restaurer une cellule pelousaire. Dans ce cas, les caractéristiques de ce biotope relèvent d'une dynamique primaire.

Les actions de restauration vers des stades précédents nécessitent donc une fine compréhension des processus écosystémiques interagissant avec la végétation. Les actions sur la végétation pourront alors être judicieusement complétées d'actions de restauration de la fonctionnalité de l'écosystème, comme la rétention des eaux, ou le retrait d'une couche superficielle de sol (étrépage) entre autres exemples. La détermination de ces actions est abordée par la mise en place d'études éco-hydrologiques, abordées au chapitre 2.
Il est à rappeler que cette méthode ne prend pas en compte la typicité des syntaxons présents dans les cellules paysagères, c'est-à-dire la texture des différents syntaxons, allant d'appauvrie à optimale. Pour cela, mieux vaut se rapprocher d'une méthode d'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire (HIC), comme celle utilisée dans l'action D1.1 du LIFE Anthropofens (Villejoubert *et al.* 2021 (b)).

Afin d'illustrer ces propos, il est proposé d'analyser le cas concret de restauration des habitats de tourbière alcaline de la commune de Long, au lieu-dit le « marais des communes » réalisé dans le cadre des travaux du LIFE Anthropofens, sur un pas de temps de 4 ans.

Exemple : restauration d'habitats de tourbière alcaline dans la commune de Long (80) : 2021 – 2025

La cartographie des microcénoses (Fig. 2a) permet de déterminer les cellules paysagères, délimitées sur la cartographie Figure 2b.
La cartographie des cellules paysagères (Fig. 2b) montre une dominance de forêt pionnière et de broussaille sur un sol humide méso-eutrophe à eutrophe en contexte initial à Long, soit en 2021, avant travaux de restauration de milieux ouverts, via le LIFE Anthropofens.

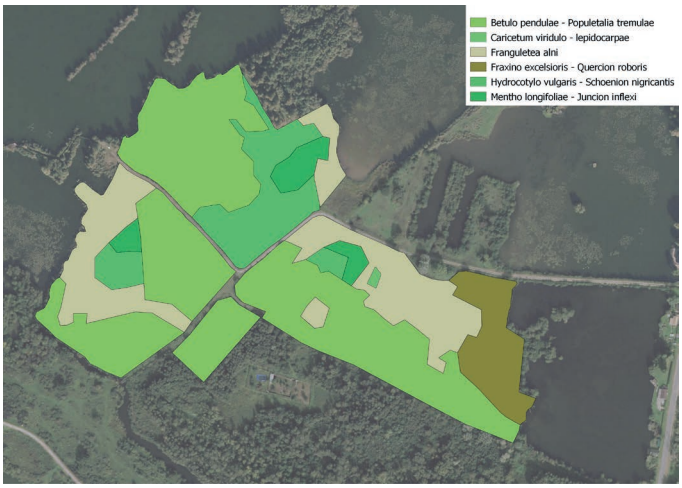


Figure 2a : cartographie des microcénoses au sein de la tourbière de Long en 2021 (avant travaux de restauration)

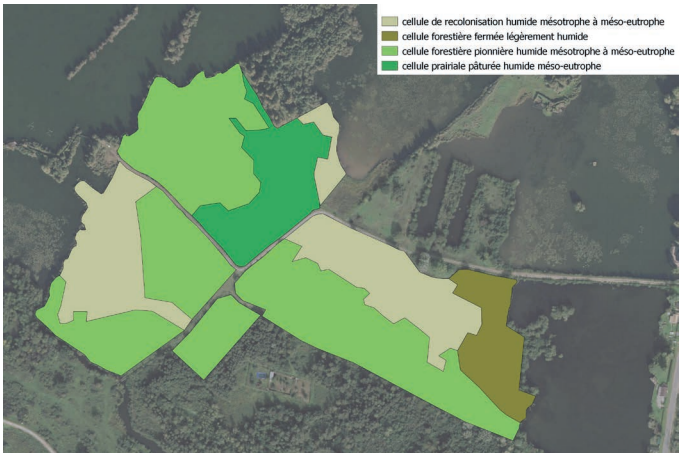


Figure 2b : cartographie des cellules paysagères au sein de la tourbière de Long en 2021 (avant travaux de restauration)

Remarque : Certaines microcénoses, trop petites en surfaces, ne sont plus individualisables à ce niveau d'intégration (échelle d'analyse). Même si la microcénose identifiée ne rentre pas dans la composition de la cellule. Par exemple, le fragment de prairie au sein d'une cellule forestière pionnière ne peut être considéré comme une cellule paysagère à part entière. On considère donc une certaine hétérogénéité de la cellule paysagère, ce qui n'a rien de surprenant, et correspond même avec les réalités de terrain.

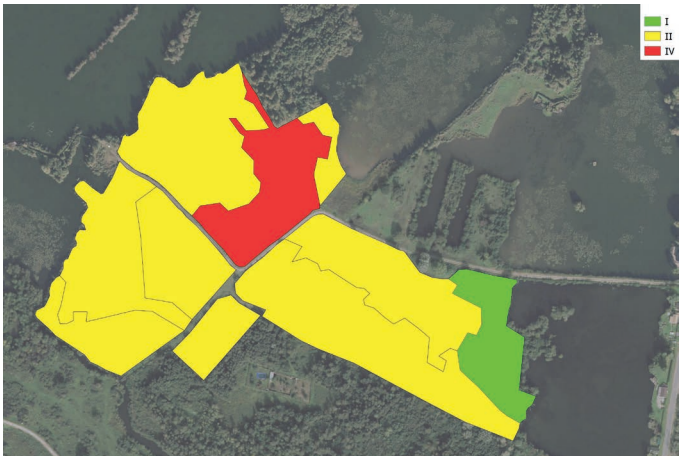


Figure 3 : cartographie du niveau de capacité patrimoniale des cellules paysagères de la tourbière alcaline de la commune de Long en 2021 (avant travaux de restauration)

A l'aide du tableau 4 (voir infra., p. 12-13), il est possible d'attribuer une capacité patrimoniale pour chaque type de cellule paysagère déterminé (Fig. 3). Cette capacité est faible hormis la cellule prairiale pâturée humide méso-eutrophe (en rouge sur la Fig. 3). Une restauration sur une grande partie de la surface pourrait alors être la seule option de restauration cohérente avec l'objectif. A l'aide du tableau 3 « Synsystème des tourbières alcalines » et du tableau 4 « Capacité patrimoniale et correspondances existantes pour les différents types de cellules paysagères », un itinéraire technique de restauration du site peut être proposé.

Par exemple, il est ici envisageable de restaurer des « cellules prairiales pâturées humides méso-eutrophes » (de capacité patrimoniale plus élevée et ainsi favoriser les microcénoses et taxons de fort enjeu patrimonial) à partir des « cellules de broussailles et forêts pionnières ». Pour cela une dynamique régressive est nécessaire. Il faut alors envisager les travaux de gestion suivants : la coupe de ligneux, le dessouchage, puis une mise en pâturage. Au niveau de la « cellule forestière fermée légèrement humide » un décapage de la couche superficielle de sol a été envisagé afin de retrouver un horizon histique mais surtout des substrats plus humides.

Les travaux de restauration écologique du site ont été réalisés en 2022 et 2023 et un suivi post-travaux a été réalisé en 2025. Les cartes ci-dessous (Fig. 4) montrent une dominance de la cellule prairiale pâturée humide méso-eutrophe (Fig. 4 bas), après travaux. Le décapage à l'est a également permis la restauration de la cellule amphibie et aquatique mésotrophe à méso-eutrophe de capacité patrimoniale de niveau V.

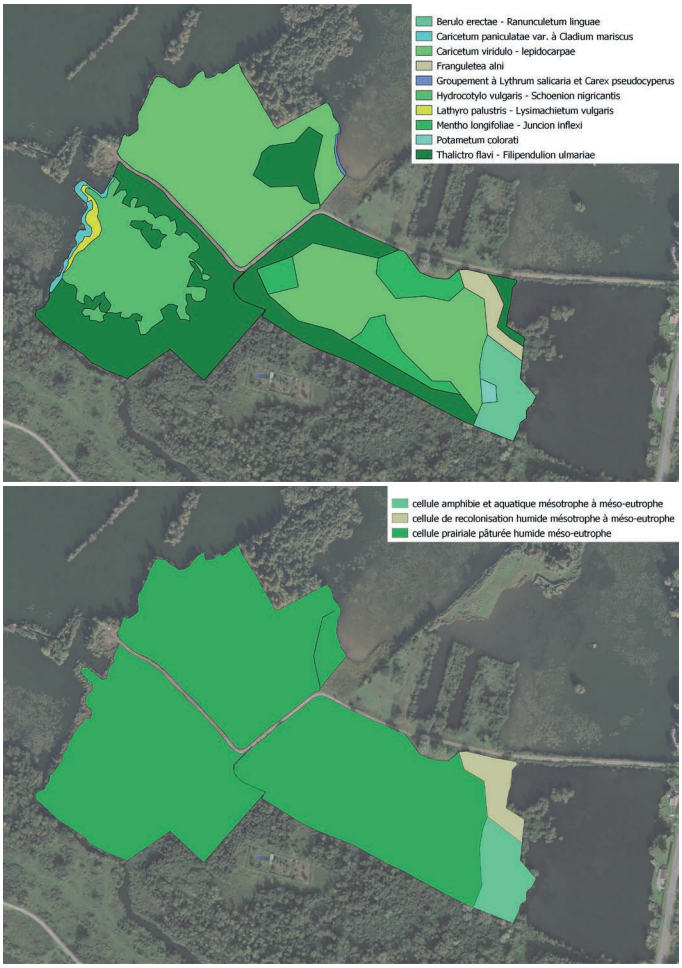


Figure 4 : cartographie des microcénoses (en haut) et cellules paysagères (en bas) au sein de la tourbière de Long en 2025 (après travaux de restauration)



Figure 5 : cartographie du niveau de capacité patrimoniale des cellules paysagères de la tourbière alcaline de la commune de Long en 2025 (après travaux de restauration)

La comparaison des cartographies de la capacité patrimoniale des cellules paysagères identifiées et suivies à Long (Fig. 3 et 5) permet d'apprécier l'évolution avant/après travaux de restauration (2021 - 2025) sur le site. Sur cet exemple, on observe notamment que le niveau de capacité patrimonial des cellules paysagères a significativement augmenté en 4 ans : la capacité patrimoniale des cellules paysagères est majoritairement de niveau II (couleur jaune) en 2021 (Fig. 3), alors qu'en 2025 (Fig. 5), la capacité patrimoniale dominante est de niveau IV et V (le rouge domine).
Ces résultats permettent l'interprétation suivante : en l'espace de 4 ans, suite à des travaux de restauration par déboisement et localement par étrépages, une évolution de la capacité patrimoniale (potentiel d'hébergement de végétations d'intérêt) des cellules paysagères est visible et effective.

En effet, les cellules paysagères observées après travaux, sont des cellules plus ouvertes passant de la forêt pionnière et de la broussaille à une prairie. La majorité des travaux n'ont pas eu d'influence sur les conditions abiotiques mais uniquement sur la dynamique végétale. Par contre, sur les zones d'étrépages à l'est (polygone rouge foncé, Fig. 5), il y a eu une modification des conditions abiotiques avec une augmentation du niveau d'humidité, passant du niveau « légèrement humide » à « amphibie et aquatique » soit d'une capacité patrimoniale de niveaux I ou II à niveau V.

Remarque : notons que l'état de conservation des cellules paysagères n'est pas abordé ici, nous parlons bien de capacité patrimoniale des cellules, ce qui représente les capacités d'expression de végétations d'intérêt dans une cellule. Ce sont deux notions tout à fait différentes, mais susceptibles d'être complémentaires. Cependant, à ce stade des réflexions méthodologiques, il est encore trop tôt pour proposer une méthode d'évaluation de l'état de conservation des cellules paysagères, cependant, les lignes directrices de ce travail, semblent avoir recours à l'analyse de trois paramètres : diversité de structure (stade dynamique), surface suffisante des communautés et espèces guides.

Pour évaluer l'état de conservation, il faudrait probablement utiliser des surfaces suffisantes par cellule paysagère. L'aire minimale de chaque cellule paysagère pourrait être utilisée (ex : 1 ha en prairie, 5 ha en forêt, etc.).

Par exemple, les broussailles humides de la plaine interdunaire de la RBD de Merlimont réunissent les trois paramètres : une grande surface avec plus de 500 m², une structure diversifiée avec pelouses, herbes hautes et fourrés en mélange et un grand nombre d'espèces guides et patrimoniales.

Magnocariçaie du Caricetum acutiformi - paniculatae
©Q. DUMONT, CBN HDF





Vallée de la Maye
©F. HELIN

2 L'étude écohydrologique d'un site : un outil pour connaître et comprendre avant de restaurer

Auteur : Adrien BERQUER (Conservatoire d'espaces naturels des Hauts-de-France)

De nombreux projets de restauration sont mis en œuvre par des gestionnaires d'espaces naturels dans le but d'atteindre des objectifs de conservation. Le LIFE Anthropofens porte sur la restauration d'habitats d'intérêt communautaire, caractérisés par la végétation présente.
Deux stratégies peuvent être envisagées pour mettre en œuvre cette restauration. La première est d'entreprendre des actions de restauration pour améliorer l'état de conservation d'une végétation déjà en place, mais dégradée ; alors que la deuxième vise à restaurer une végétation par la restauration préalable des conditions abiotiques de l'écosystème. Une réimplantation de cette végétation peut-être envisagée, afin d'accélérer et de guider la dynamique végétale spontanée.
La caractérisation des méthodes d'évaluation de l'état de conservation fait l'objet de la première partie de ce guide, le fonctionnement des sites et son adéquation avec une amélioration d'état de conservation des habitats cibles ou une réimplantation de telles végétations, nécessite une connaissance préalable des sites restaurés.

1 Un site à restaurer dans son environnement : sur quoi repose le site à restaurer ?

L'hydrogéologie est une science à l'interface de la géologie et de l'hydrologie. En effet, les couches géologiques, qui se sont organisées par strates au fil des millénaires, ont des caractéristiques physiques et chimiques influençant l'eau qu'elles contiennent ou contraignent. Étudier et comprendre les caractéristiques et dynamiques de ces compartiments hydrogéologiques, est primordial lorsqu'il s'agit de restaurer un écosystème interagissant avec ceux-ci.

Une carte géologique permet dans un premier temps d'identifier les couches géologiques sur lesquelles repose un site à restaurer. Ces données sont mises à disposition du public sur le portail Infoterre du site internet du BRGM. Une fois identifiées, il convient de déterminer la nature des formations superficielles qui se sont mises en place sur ces couches géologiques. Les tourbières ont en effet pu se développer sur différents types de substrats : de la roche mère ou des alluvions ou colluvions déposées par les phénomènes d'hydromorphologie érosifs passés (dépôts de graviers, sables, silex, limons, argiles…) ou sédimentaires (gyttja calcaires, limoneuses ou organiques de fond de pièces d'eau libre). Souvent, des lentilles de dépôts sédimentaires minéraux peuvent apparaître dans la colonne de tourbe. Tous ces éléments donnent des informations sur la circulation de l'eau entre les nappes géologiques et sur l'hydrologie du site.

Les tourbières dites basses sont mieux décrites dans la littérature sous le terme anglophone "*fens*", par opposition aux tourbières dites hautes, les "*bogs*". Les fens, contrairement aux bogs alimentés exclusivement par les précipitations et dits "ombrotrophes", sont principalement alimentés par des eaux provenant du sous-sol et sont dits "minérotrophes".

Une ou plusieurs nappes souterraines (masses d'eau hydrogéologiques) peuvent alimenter les tourbières alcalines, et il convient de distinguer les notions de couche géologique et d'aquifère. En effet, une masse d'eau peut se retrouver sur plusieurs couches géologiques lorsque celles-ci sont connectées. Pour chaque couche, il conviendra donc de déterminer des caractéristiques influençant la dynamique de l'eau à l'intérieur d'une couche, la dynamique entre couches géologiques, et la dynamique entre couches géologiques et la formation superficielle.

Les principales informations à identifier sont la porosité et la composition de la roche, la vitesse et le sens de déplacement de l'eau, le volume et la superficie de la nappe hydrogéologique. La porosité renseigne sur le mouvement et le volume de la nappe d'eau. Dans une couche géologique, l'eau occupe les interstices plus ou moins gros de la roche. Ainsi, plus les interstices sont nombreux ou gros (roche poreuse), plus le volume d'eau contenu dans la couche est important. À titre d'exemple, le granite est peu poreux (1-2% de porosité), mais les sables (plus ou moins fins) et la craie le sont beaucoup plus (25-40%). Le volume et l'agencement des interstices a une forte influence sur le déplacement de l'eau dans la couche, ce que traduit la conductivité hydraulique. Il peut exister une fraction d'eau mobile et une autre immobile permettant de distinguer la porosité totale de la porosité efficace. Des couches très hydratées car ayant beaucoup d'interstices mais très petits, auront une résistance au déplacement de l'eau très forte donc une porosité élevée, mais une conductivité hydraulique faible. C'est le cas de l'argile. Cette faible conductivité conduit à considérer les couches d'argiles comme imperméables. À l'inverse, lorsque les interstices sont plus gros, ou connectés entre eux par des fissures ou des failles dans une roche cassante, comme le granite ou la craie, la conductivité hydraulique sera beaucoup plus élevée : l'eau circule rapidement par ces conduits bien que la partie contenue dans la matrice, des interstices non reliés à des fissures, sera peu mobile. Ainsi, des couches de craie ou de sable peuvent re-

grouper des cas de porosités assez différentes en fonction des fissures et failles existantes, de la taille des grains ou des pores matriciels. Enfin, d'autres paramètres sont nécessaires pour connaître la dynamique d'alimentation et la capacité "réservoir" de la nappe souterraine. Son épaisseur, sa superficie (donc son volume) et son pendage, permettent de connaître si un volume conséquent peut agir comme un stock, interagir avec les eaux de surface ou d'autres compartiments hydrogéologiques, et permet ainsi d'identifier la capacité d'alimentation en continu d'une tourbière par cette nappe. Pour celà, il faut identifier comment la nappe est alimentée. En général, il existe des zones d'infiltration des précipitations entre la surface et la nappe. Une nappe pourra être alimentée s'il n'existe pas d'éléments imperméabilisants entre l'arrivée de l'eau à la surface et le toit de la nappe. Plusieurs facteurs peuvent limiter l'alimentation par infiltration : l'existence de couches géologiques imperméables sus-jacentes (couches d'argiles), l'imperméabilisation des sols dans la zone d'infiltration notamment par des facteurs anthropiques comme l'urbanisation par des surfaces artificielles et imperméables, ou une accumulation d'argiles d'un sol lessivé (illuviation). Par ailleurs, le volume d'eau dans une nappe peut être affecté par différentes pratiques, comme des prélèvements pour de l'irrigation agricole, pour l'alimentation des réseaux d'eau potable, ou les émergences de nappe. Ces usages concernent surtout les nappes situées dans des couches géologiques à porosité élevée (nappes de la craie, nappes des sables tertiaires) et à forte conductivité hydraulique.

De nombreuses ressources sont disponibles en ligne pour caractériser et décrire ces phénomènes (portails ADES et Infoterre du BRGM). Des sondages réalisés au cours de forages ou de creusements de puits sont ainsi disponibles sur le portail ADES. Ils permettent d'identifier la profondeur et certaines caractéristiques des couches géologiques traversées par le sondage. Dans certains cas (recherche de sables ou de graviers pour l'exploitation minière), des sondages par pénétrométrie sont effectués. Les valeurs données par le pénétromètre (une tige enfoncée) correspondent à la force appliquée à la tige pour perforer la couche. Cela donne alors des indications sur la densité et la composition des couches traversées.

L'hydrogéologie peut également renseigner sur la composition chimique de l'eau issue des nappes souterraines. Celle-ci peut être alcaline lorsque de la craie ou d'autres roches calcaires sont contenues dans ces couches géologiques, mais peut également être enrichie en certains éléments chimiques pouvant avoir parfois des effets sur la biologie des espèces une fois dans la tourbière : concentration en fer, en nitrates, en sulfates par exemple. Par ailleurs, lorsque le sol de la zone d'infiltration est occupé par de l'agriculture intensive, la concentration de l'eau en nitrates ou en pesticides peut augmenter très rapidement (Berquer, 2024).

Les caractéristiques des masses d'eau souterraines peuvent être trouvées également en libre accès sur le portail internet SIGES (https://sigessn.brgm.fr/spip.php?rubrique94), ou le portail CIGALE du Service Géologique de Wallonie (SGW) pour la Belgique (https://geoapps.wallonie.be/Cigale/Public). Pour l'étendue des masses d'eau, la BDLISA (BD CARTHAGE(R)Sandre) est une ressource utile.

En résumé, quoi observer ?
- **la carte géologique** : pour décrire les roches présentes dans et autour de mon site ;
- **les couches géologiques successives** : perméabilité, composition, conductivité hydraulique, pour connaître quelles sont leurs propriétés : aquifère, aquitard ...;
- **les nappes contenues et les relations entre nappes** : connexions entre les masses d'eau;
- **les zones d'infiltration et d'émergence** : où sont-elles alimentées et où émergent-elles, quels facteurs d'influence dans ces zones ? ;
- **les côtes piézométriques des masses d'eau souterraines** : dynamique et saisonnalité de la masse d'eau ;
- **les qualités chimiques des masses d'eau** : mon site est-il alimenté par une eau de bonne qualité ? La qualité change-t-elle avec le temps ?



Etude des niveaux d'eau à Tirancourt
©R. COULOMBEL, CBN HDF

portail SIGES

portail CIGALE

2 L'étude écohydrologique d'un site : un outil pour connaître et comprendre avant de restaurer

2 Observer le passé : comment la tourbière s'est-elle développée ?

Les tourbes sont des témoins des végétations passées des tourbières. Avec l'identification des tourbes et de ce qu'elles contiennent, une recréation des paléo-environnements peut être envisagée. Ces paléo-environnements, et les paléo-végétations des tourbières sont alors capables de nous dire quelles végétations occupaient la tourbière à l'époque où la tourbe s'est accumulée, et par extension les conditions locales qui ont fait que ces végétations ont pu se développer. Cette analyse des tourbes et des macrorestes, peut aussi nous renseigner sur l'écosystème alentour (vestiges archéologiques humains, restes d'animaux éventuellement disparus, proportion de pollens d'arbres quand l'environnement était couvert de forêts, de pollens d'espèces cultivées lorsque l'agriculture s'est intensifiée). Une datation au carbone 14 permet de savoir à quelles époques ces différents événements se sont produits (Garcia, 2024)



Végétation de bas marais alcalin (HIC : 7230) témoignant d'engorgement permanent, d'une faible charge trophique et d'une alcalinité. ©A. BERQUER, CEN HDF

Pour un gestionnaire qui souhaite envisager une restauration de tourbière alcaline, l'étude des macrorestes et de l'état des tourbes sont les principaux éléments à prendre en compte.
Les macrorestes retrouvés dans un sondage stratigraphique renseignent sur les fluctuations d'eau à l'époque de la formation de la tourbe et sur la qualité de l'eau. Ainsi, la présence de restes d'espèces indicatrices de certaines conditions environnementales constitue un indice clé de la dynamique hydrologique au moment de la formation de la tourbe. La présence de tourbe à mousses brunes est un indice que le site a pu bénéficier à une certaine époque de conditions propices à leur développement et accumulation : une faible fluctuation d'eau, une alimentation d'eau calcaire en continu et pauvre en nutriments. Des macrorestes de *Cladium mariscus* permettent de témoigner, s'ils se trouvent sur de la tourbe à mousses brunes ou petits Carex, d'une modification des conditions hydrologiques : davantage de fluctuations, davantage de nutriments, mais toujours beaucoup de calcaire ou encore d'un niveau d'eau plus élevé avec une surface inondée. La plupart des tourbes des sites du LIFE Anthropofens se sont constituées à partir de roseaux (*Phragmites australis*) sur une épaisseur importante, et souvent dès la base du dépôt tourbeux, au contact avec le substrat minéral. Ces observations laissent à penser que depuis le début de la formation des tourbes (souvent à la fin du tardiglaciaire 15 000 ans BP) les végétations étaient soumises à une certaine fluctuation hydraulique, incompatible avec la mise en place d'autres végétations, mais suffisamment engorgées pour permettre l'accumulation de tourbe. Une tourbe dégradée (tourbe saprique) de façon homogène sur toute la colonne de tourbe, témoigne de fluctuations permanentes du niveau d'eau lors de la formation de la tourbe, alors qu'un horizon superficiel de tourbe saprique, voire un horizon trop minéral pour être qualifié de tourbe (Anmoor) sur des horizons moins dégradés peuvent indiquer un processus de dégradation plus récent, consécutif à un dysfonctionnement.

Si aucun reste de tourbe à petit Carex ou de mousses brunes n'est retrouvé, cela signifie probablement que les conditions pour accueillir ces végétations sur le site étudié n'ont jamais été réunies et ce, de tout temps. Il semble alors difficilement envisageable de restaurer sur un site de telles végétations, ni même de tenter une restauration hydrologique dans ces conditions : il n'y a probablement pas d'apport d'eau souterraine en continu au niveau du site, ou il peut exister de trop intenses battements de nappes induits par l'interaction entre rivière et tourbière. À l'inverse, l'existence d'alternance entre tourbe de bas-marais en profondeur avec de la tourbe à roseaux lorsqu'on se rapproche de la surface est un indice de l'existence d'une source d'eau continue sur le site à restaurer, au moins par le passé. Il convient alors d'imaginer quels sont les facteurs ayant permis d'entraîner ce changement de bas-marais vers roselières, tels qu'une modification hydrologique sur le site, ou peut-être un enrichissement trophique. Il semble alors possible d'envisager une restauration de tels habitats par élimination de ces dysfonctionnements.

Cladium mariscus *(à gauche) et* Carex davalliana *(à droite), deux espèces de l'habitat 7210 : « Marais calcaires à* Cladium mariscus *et espèces du* Caricion davallianae » *©A. BERQUER, CEN HDF*



La pédologie et l'étude de certains restes permettent également d'expliquer la présence de certains habitats sur le site. Depuis plusieurs siècles, les tourbières ont été creusées pour fournir de la tourbe ou pour favoriser les usages par l'assèchement. Cependant, ces creusements, qui se sont remplis d'eau, peuvent être recolonisés par la végétation. Ainsi une végétation secondaire de tremblants puis de bas-marais peut s'y développer, mais un sondage pédologique permettra de retrouver les traces d'une fosse, en partie comblée par de la gyttja détritique, très organique, avec présence de coquilles de mollusques, et recouverte d'une tourbe assez récente sur la surface.

Certains sondages pédologiques sont disponibles sur le site du BRGM, mais une nouvelle base de données compile désormais tous les sondages pédologiques effectués sur le territoire français, au fur et à mesure des saisies des pédologues : Donesol (GIS Sol, INRAE). Malheureusement, ces données ne sont pas encore publiques alors qu'elles pourraient être une source d'information importante pour les gestionnaires. Nous espérons que ce partage de données soit réalisé dans un futur proche.



Sondage pédologique à Nampont (80) et prélèvement de tourbe pour une analyse de la dégradation de la tourbe en laboratoire ©A. BERQUER, CEN HDF

Échantillon de tourbes dans la tourbière de Douriez. Dans cette tourbe non dégradée, des macrorestes de bryophytes de l'espèce Scorpidium cossonii *sont identifiables et témoignent de la stabilité du niveau d'eau et de l'oligotrophie à l'époque de la formation de la tourbe ©A. BERQUER, CEN HDF*



Carotte de tourbe de la vallée du Pendé à Villers-sur-Authie (80). Des horizons tourbeux bien conservés mais composés des différentes espèces provoquent des changements de couleur le long du profil ©E. HEMERY, CEN HDF



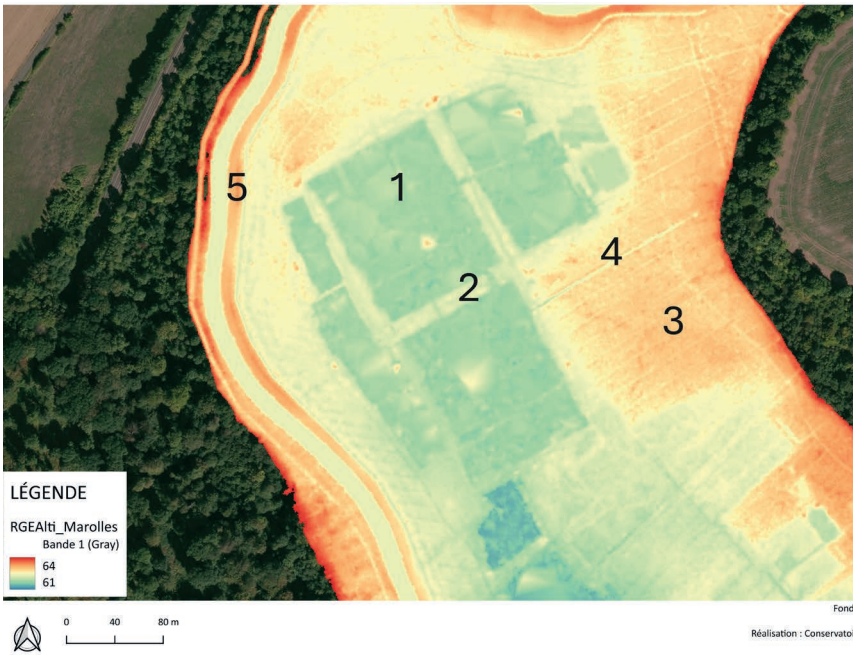
Sondage pédologique en cours de prélèvement ©F. FOURMY, CEN HDF



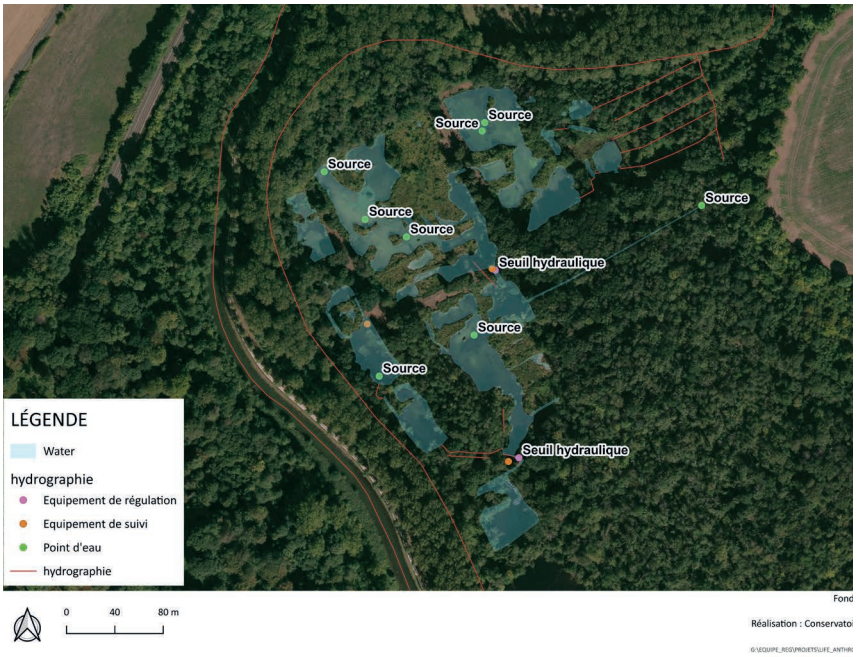
2 L'étude écohydrologique d'un site : un outil pour connaître et comprendre avant de restaurer

3 Comprendre le présent : quelles sont les altérations du site par rapport à sa situation naturelle ?

Les résurgences de la nappe de la craie sont primordiales pour conserver le caractère alcalin des habitats et des tourbes engorgées. Les suivis limnimétriques permettent de suivre dans le temps les hauteurs d'eau dans le réseau hydrographique de surface. La différence entre le niveau d'une pièce d'eau libre et le niveau de la nappe dans une zone terrestre adjacente, mesurée au moyen d'un piézomètre, renseigne sur le sens d'écoulement de l'eau. Elle permet d'identifier si la pièce d'eau étudiée a un effet de drainage de la tourbière.



Topographie d'un site déduite d'un modèle numérique de terrain par traitement d'imagerie LiDAR. On peut y distinguer des fosses de tourbage (1) et des connexions entre elles (2), une zone à topographie plus élevée (3) et drainée par un fossé visible (4). Le réseau hydrographique, consistant en un cours d'eau canalisé apparait perché par rapport au reste de la tourbière (5). ©A. BERQUER, CEN HDF



D'autres éléments hydrographiques sont à prendre en compte dans la compréhension du site : l'identification de l'emplacement des sources, le sens des écoulements, et les éléments permettant de réguler les niveaux d'eau. ©A. BERQUER, CEN HDF

Le niveau et les écoulements dépendent de la topographie. Des images LiDAR sont en cours d'acquisition et versées dans la base de données publique de l'IGN, le RGE ALTI® et dans le Géoportail de la Wallonie. Les images LiDAR permettent d'établir des modèles numériques de terrain (MNT) sur lesquels il est possible d'identifier des reliefs synonymes d'obstacles à l'écoulement des eaux. Certains réseaux de drainage sont souvent visibles dans les MNT alors qu'ils ne le sont pas à l'œil nu. Le LiDAR peut cependant avoir une certaine imprécision (de l'ordre de 30 cm, parfois de façon hétérogène sur une image), et une vérification de l'altitude du sol de points fixes doit être envisagée pour prendre en compte une éventuelle correction et les difficultés de détection du sol sous une litière végétale parfois épaisse.

Dans le LIFE Anthropofens, nous avons privilégié l'acquisition d'un GPS centimétrique qui sert à vérifier les altitudes fournies par le RGE ALTI® mais aussi à coter les dispositifs de mesure de niveaux d'eau (piézomètres et limnimètres). Ainsi, il est possible d'identifier l'altitude des végétations cibles ainsi que le niveau et la fluctuation d'eau auxquels elles sont soumises. Ces cotations précises (d'environ 15 mm) permettent de communiquer à l'entreprise réalisant les travaux, les niveaux souhaités pour les étrépages ou les poses de seuils, puis de s'assurer de leur installation correcte.

Un inventaire des éléments hydrographiques, comme des plans d'eau ou des obstacles à l'écoulement est disponible dans la BD TOPO® (IGN Paris) ou dans la BD CarTHAgE® du Sandre). Cette étude de l'hydrologie et de ses perturbations doit par ailleurs se faire à l'échelle du bassin versant du site en question (BD TOPAGE® du Sandre).

Au fil des saisons et des variations des niveaux d'eau, les tourbières "respirent". Cette "respiration" est la capacité d'une tourbière à gonfler lorsqu'elle est humide et dégonfler lorsqu'elle est plus sèche. Cela se traduit en une modification de l'altitude de la surface de la tourbière. Il est nécessaire d'adapter la prise de mesure à ce phénomène puisque les volumes estimés ou les objectifs d'atteintes d'altitude dans le cas d'étrépage peuvent varier légèrement.

2 L'étude écohydrologique d'un site : un outil pour connaître et comprendre avant de restaurer

3 Comprendre le présent : quelles sont les altérations du site par rapport à sa situation naturelle ?

1. La qualité d'eau, quoi et comment mesurer ?

La chimie de l'eau est primordiale dans les écosystèmes de tourbières alcalines. La composition de l'eau va en effet conditionner l'expression de certaines espèces et végétations (cf. guide dynamique des habitats), orienter les pratiques de gestion possibles (cf. guide pâturage), et envisager ou non des restaurations qui peuvent passer par une amélioration de la qualité de l'eau (cf. guide hydro).



Prélèvement d'eau à la Réserve Naturelle Nationale de l'Étang Saint-Ladre à Boves ©A. BERQUER, CEN HDF

Plusieurs paramètres peuvent être utiles pour renseigner un gestionnaire sur le fonctionnement et l'évolution de la tourbière.

• **pH : L'acidité de l'eau.** Les tourbières alcalines se sont développées sur des écosystèmes humides alimentés par des émergences d'eau enrichie en carbonates par le passage dans les couches de calcaire ou de sable. Le pH de cette eau est neutro-alcalin, c'est à dire le plus souvent compris entre 7 et 8.

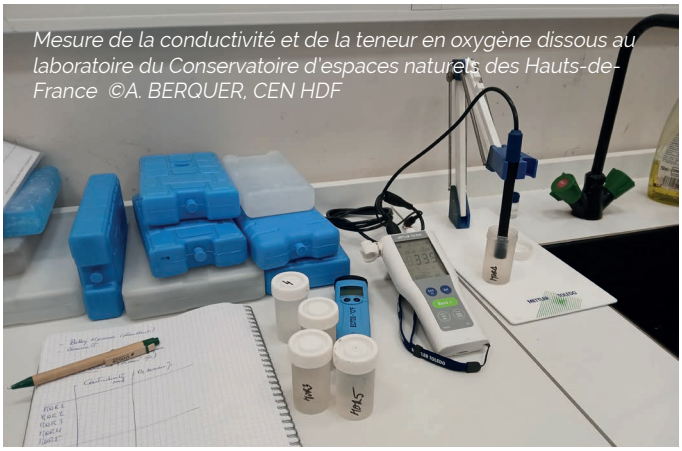
• **Température :** La température des eaux de surface et l'eau contenue dans la partie supérieure du sol et donc en contact avec l'atmosphère, subit des fortes modifications dues aux saisons mais aussi à l'ensoleillement au sein d'une journée. Dans les pièces d'eau libre de surface, la température est à l'origine d'un mouvement vertical de l'eau dû à la différence de densité conférée par les variations de température, notamment au cours des saisons. À l'inverse, les eaux qui émergent d'une nappe souterraine ne subissent pas de telles fluctuations et leur température est la température moyenne annuelle de l'air dans le secteur. Une émergence d'eau d'une nappe souterraine plus profonde, vers des eaux de surface est donc est donc à l'origine d'un changement de température. En hiver, lorsque la nappe alluviale est froide (autour de 0°C), la nappe souterraine va fournir de l'eau plus chaude (autour de 10°C). Les endroits où l'eau émerge peuvent alors se retrouver libres de glace alors que les endroits non alimentés sont gelés. En été, si les eaux de surface sont réchauffées par la température de l'atmosphère et l'ensoleillement, notamment dans les faciès lentiques, la nappe souterraine plus profonde ne l'est pas ne l'est pas et va refroidir de quelques degrés la masse d'eau au niveau du mélange d'eau des deux eaux.

• **Conductivité :** La conductivité électrique d'un liquide est dûe au déplacement d'électrons à travers celui-ci. Le transfert d'électrons est rendu possible dans une solution par la présence d'ions. La nappe souterraine de la craie est riche en ions calcium et carbonates. Ceux-ci confèrent une conductivité électrique plus forte que de l'eau constituant la nappe alluviale. Ainsi la conductivité électrique peut donner une indication sur l'origine des eaux alimentant la tourbière, et les secteurs d'émergence d'eaux souterraines profondes peuvent être identifiés par des anomalies de conductivité. Un enrichissement en ions dans l'eau peut être dû à d'autres facteurs comme une pollution, et l'interprétation quant à la présence d'émergence ne peut être confirmée que par les autres paramètres (pH, température, oxygène dissous).

Une modélisation 3D sur la Réserve Naturelle Nationale de Marchiennes !

Notre prestataire, le bureau d'études Ecotelm, a cartographié la conductivité électrique et la température du sol à différentes profondeurs, au moyen d'un conductimètre adapté sur une tige métallique à travers laquelle passent les électrodes. Il est ainsi possible d'enfoncer la tige à une profondeur précise et d'étudier les variations de conductivité électrique et de température le long d'un gradient de profondeur. Ainsi, il devient possible de cartographier ces deux paramètres, et d'en déduire la dynamique de flux hydriques, notamment en identifiant des zones d'émergence, ou à l'inverse des entraves à la circulation de l'eau. Il permet aussi d'identifier la profondeur d'influence des apports d'eau météorique dans les tourbières minérotrophes insuffisamment alimentées par les eaux souterraines (phénomènes d'ombrotrophisation), en raison d'émergences moins actives ou de sécheresses locales.

• **Oxygène dissous:** Le dioxygène (O_2) est un gaz soluble dans l'eau. La concentration en oxygène dissous augmente avec la surface et le temps de contact entre une masse d'eau et l'atmosphère. Des eaux vives, très courantes, sont riches en oxygène. À l'inverse, l'eau des couches géologiques, souterraine, n'a pas été au contact de l'atmosphère depuis son infiltration, et n'a pas été



Mesure de la conductivité et de la teneur en oxygène dissous au laboratoire du Conservatoire d'espaces naturels des Hauts-de-France ©A. BERQUER, CEN HDF

oxygénée. Les eaux souterraines sont donc pauvres en oxygène dissous, et une faible teneur en oxygène dissous, sous réserve de confirmation par d'autres paramètres, peut être indicatrice d'une émergence de nappe souterraine.

• **Azote Kjeldahl :** Il s'agit d'une méthode de dosage de l'azote organique, constitutif de molécules d'origine biologique, comme les protéines, et de l'azote ammoniacal, inorganique. Cette méthode ne permet pas de doser l'azote minéral directement. Des forts taux d'azote Kjeldahl dans une masse d'eau peuvent être le signe d'une eutrophisation, avec une forte production d'azote organique, notamment par activité biologique, décomposition de matière organique ou par une pollution de la masse d'eau.

• **Nitrates :** Le nitrate est une des formes d'azote minéral (NO_3), directement assimilable par les organismes autotrophes, pour lesquels il est la principale source d'azote. Ces organismes utilisent le nitrate notamment pour constituer les différentes molécules nécessaires à leurs fonctions physiologiques (protéines, nucléotides), sous forme d'azote organique (cf. Azote Kjeldahl). Le nitrate a plusieurs sources possibles : certaines bactéries fixatrices d'azote oxydent l'azote atmosphérique (N_2) pour pouvoir assimiler et utiliser le nitrate. Certaines symbioses entre ces bactéries nitrifiantes, telles les *Rhizobium* et d'autres plantes telles les *Fabaceae*, ou les arbres du genre *Alnus* ont lieu dans des organes spéciaux des racines (des nodosités) et permettent à ces plantes d'assimiler l'azote beaucoup plus facilement et en grande quantité, qu'elles stockent dans des organes sous forme de protéines. Le nitrate a également pour origine les engrais agricoles. En effet, pour assurer des rendements importants, de fortes doses de nitrates peuvent être appliquées sur les cultures intensivement gérées. En cas de surplus, ces nitrates peuvent être lessivés par les pluies et ruisseler vers les eaux de surface, ou s'infiltrer vers les eaux souterraines. Les oxydes d'azote peuvent contribuer à l'acidification des pluies et conduire à l'acidification des eaux de surfaces, notamment sur les tourbières alcalines déconnectées de la nappe souterraine. Enfin les nitrates contenus dans les eaux de surface peuvent provenir de la décomposition de l'azote organique stocké dans les organismes. Le nitrate est facilement métabolisable par les plantes, et peut conduire à des modifications de communautés, en favorisant les plantes nitrophiles. Si les nitrates sont particulièrement surveillés dans les eaux potables et de surface (provoquant de sévères dommages sur les écosystèmes et la santé publique), ils sont toujours, ainsi que leurs précurseurs, massivement utilisés. Le seuil maximal pour la potabilité de l'eau en France est de 50 mg/L de nitrates, mais des perturbations des végétations de tourbière alcaline oligotrophe les plus sensibles aux nitrates peuvent avoir lieu dès 5 mg/L de nitrates, et des concentrations de 20 mg/L sont déjà des seuils considérés comme élevés pour un écosystème.

• **Nitrites** : Les nitrites sont également des ions oxydés de l'azote mais à un degré d'oxydation moindre que le nitrate (NO_2). Ils sont normalement peu courants dans les eaux de surface, et proviennent principalement de sources de pollutions extérieures (dégradation de réseaux d'assainissement, rejets industriels de l'industrie agroalimentaire, de la combustion de composés organiques fossiles) ou de la présence de bactéries nitrosantes, pour lesquelles il est un intermédiaire réactionnel de l'oxydation de l'azote atmosphérique vers le nitrate, ou de la réduction des nitrates. D'autres bactéries peuvent également réduire les nitrates en nitrites grâce à l'enzyme nitrate réductase.

• **Orthophosphates** : Les ions orthophosphates sont plusieurs dérivés d'acide phosphorique caractérisés par des degrés d'ionisation dépendants de l'acidité du milieu ($H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-}, PO_4^{3-}). Ces ions peuvent se complexer avec des chaînes hydrocarbonées et entrer dans la composition de molécules biologiques telles que le squelette ose-phosphate de l'ADN, ou l'adénosine triphosphate (ATP). Le phosphate est un élément utilisé comme fertilisant dans l'agriculture. Il peut être issu de l'exploitation de roches phosphatées ou de sous-produits industriels organiques comme le fumier, les boues de station d'épuration, ou les os broyés. Parfois appliqué en excès dans les champs cultivés, il peut être lessivé et rejoindre les eaux de surface ou souterraines, entraînant des phénomènes d'eutrophisation. Le phosphore est souvent un élément limitant des écosystèmes tourbeux et l'augmentation de sa concentration peut avoir des effets importants et parfois très rapides, comme les blooms phytoplanctoniques. En contexte alcalin, les phosphates se complexifient avec les ions calcium, provoquant son blocage sous forme d'hydroxyapatite. Dans ce cas, bien que présent, le phosphore ne devient plus assimilable et n'a plus directement d'effet d'enrichissement trophique. En cas de déconnexion d'alimentation par la nappe de la craie ou en cas d'acidification du milieu, le phosphore peut redevenir assimilable et favoriser des changements dans les communautés des tourbières, notamment en favorisant la croissance des ligneux.



Prélèvements mis en flaconnage pour analyses en laboratoire
©A. BERQUER, CEN HDF

• **Phosphore total** : Le dosage du phosphore total permet de doser l'intégralité du phosphore, qu'il soit sous forme inorganique (phosphate) ou lié à des molécules biologiques organophosphorées, ou complexé sous forme de particules. Le dosage du phosphore total nécessite de rompre toutes les liaisons le liant avec divers composés par attaque acide. Des méthodes séquentielles de dosage des différentes formes de phosphore peuvent également être effectuées en laboratoire, comme la méthode phosphore Olsen.

• **Sulfates** : Le dosage des sulfates (SO_4^{2-}) permet d'identifier la concentration d'une molécule accepteur alternatif d'electrons aux microorganismes dégradant la tourbe, en condition anaérobie, comme peuvent l'être les nitrates (cf. supra). Les sulfates proviennent de l'oxydation de certaines molécules contenues dans les couches géologiques comme les pyrites de fer (FeS_2), par apport d'éléments acides ou oxydants s'infiltrant, ou encore d'engrais (sulfate d'ammonium) ou de rejets industriels.

• **Turbidité et matières en suspension** : La turbidité est une mesure de la transparence de l'eau. La turbidité augmente avec la présence de matériaux solides plus ou moins fins, des macromolécules, et des organismes vivants. Tous ces éléments forment des matières en suspension dans la colonne d'eau, et leur augmentation augmente la turbidité. La turbidité peut être mesurée visuellement par un disque de Secchi, ou avec un appareil mesurant l'absorbance de l'eau. Une forte turbidité peut empêcher les rayons lumineux de pénétrer la colonne d'eau rendant la photosynthèse impossible au-delà d'une certaine profondeur. Une photosynthèse réduite peut alors réduire la production d'oxygène dans l'eau, contribuant à une baisse de l'O_2 dissous, ce qui induit des modifications de cycles biologiques d'une part. D'autre part, les matières en suspension peuvent se déposer au fond des pièces d'eau lors d'un ralentissement de la vitesse du courant : c'est l'envasement. Les matières en suspension peuvent provenir d'éléments extérieurs aux cours d'eau (lessivage, érosion), ou intérieurs (dégradation de la matière organique du cours d'eau).

• **COD (carbone organique dissous)** : Le COD et le COT (carbone organique total) sont des paramètres mesurant la quantité de carbone organique présent dans un volume d'eau. Ce carbone organique est principalement formé de chaînes hydrocarbonées constituant la majeure partie des molécules biologiques. La dégradation des organismes, ou les rejets de carbone (par excréments, lessivage etc…) contribuent directement à la concentration de carbone organique dans les eaux de surface. Une forte concentration en COD est souvent liée à une source de pollution par une nécromasse trop importante, ou une source extérieure (station d'épuration, rejets industriels ou agricoles). Sa présence dans les eaux de surface modifie la DCO (demande chimique en oxygène) et la DBO (demande biologique en oxygène) et peut influencer les communautés d'espèces aérobies des milieux naturels. En tourbière alcaline, le COD est généralement élevé, et la DBO faible induisant une forte contrainte pour de nombreux organismes aquatiques.

• **Calcium** : Le calcium (Ca^{2+}) est un cation divalent. Il est obtenu par dissolution de la craie (carbonate de calcium) constituant la majeure partie des plateaux crayeux comme le plateau picard, les cuestas du Boulonnais, ou encore certaines strates calcaires du Tertiaire, comme au Lutétien. La présence de calcium dans les tourbes, par alimentation de la nappe de la craie, provoque un blocage du phosphore (sous forme d'hydroxyapatite $Ca_5(PO_4)_3(OH)$), et confère une capacité tampon à la tourbe permettant le maintien à moyen terme de l'alcalinité des tourbières déconnectées de la nappe de la craie.

• **Carbonates/Hydrogénocarbonates** : Ce couple d'anions (CO_3^{2-} HCO_3^-) est l'autre composé résultant de la dissolution de la craie (carbonate de calcium $CaCO_3$). Il confère un caractère alcalin à l'eau des nappes souterraines calcaires. La dissolution du calcaire de l'aquifère, puis la résurgence d'eaux carbonatées sont particulièrement importantes pour l'écosystème. La dissolution, puis la précipitation dépendent de la saturation du milieu en dioxyde de carbone. Ainsi, si dans la nappe souterraine de la craie, l'eau s'enrichit en carbonates et en calcium par dissolution de la craie, lorsqu'elle émerge au niveau des suintements, une précipitation sous forme de carbonate de calcium a lieu, ce qui forme des particules solides, notamment sous la forme de tufs ou de travertins. Le dosage des carbonates et du calcium dans l'eau est donc un indicateur de la présence d'eau issue de la nappe de la craie.

• **Titre Alcalimétrique Complet** : Il permet de mesurer l'alcalinité de l'eau en dosant les espèces dérivées des carbonates : hydroxyde, bicarbonate, carbonate. L'alcalinité est ce qui définit l'eau des tourbières alcalines, et cette qualité est conférée par un apport d'eau enrichie en ces différentes espèces, à travers son passage à travers la roche calcaire.



Echelle limnimétrique à la Réserve Naturelle Nationale de l'Étang Saint-Ladre à Boves ©A. BERQUER, CEN HDF

la qualité d'eau à Boves

https://www.life-anthropofens.fr/actualites/posts/2025/february/restaurer-les-tourbieres-alcalines-le-projet-life-anthropofens-en-action/



Des valeurs-seuils pour les concentrations des éléments indiqués, mais aussi de fluctuations des niveaux d'eau, dépendent des objectifs de végétation du site et de conservation des tourbes. Des valeurs chiffrées sont disponibles, avec leurs références dans les différentes études éco-hydrologiques livrées dans le projet LIFE Anthropofens : Duranel (2024a,b), van Diggelen *et al.*, (2023 ; *in prep*).

2 L'étude écohydrologique d'un site : un outil pour connaître et comprendre avant de restaurer

3 Comprendre le présent : quelles sont les altérations du site par rapport à sa situation naturelle ?

2. Piézomètres et limnimètres : quoi choisir, où les poser, quoi en tirer ?

Comme la qualité d'eau, la quantité d'eau dans toute zone humide nécessite d'être connue afin d'identifier les dynamiques hydrologiques, les perturbations et les possibilités de restauration hydrologiques. Ces diagnostics peuvent être effectués au moyen de piézomètres et de limnimètres, dont les caractéristiques sont développées par Berquer *et al.* (2024a).

Installation d'un piézomètre profond aux marais de Sacy (60)
©A. GAZAIX, CEN HDF



Les piézomètres sont des tubes mesurant un niveau d'eau dans un sol, et les limnimètres des tubes ou échelles placées dans les eaux de surface et permettant de mesurer les hauteurs d'eau. Les piézomètres possèdent une partie crépinée (perforée) permettant de mesurer la côte piézométrique à la profondeur souhaitée. Il existe de nombreuses façons de poser un piézomètre, en fonction des questions qu'un gestionnaire se pose sur le diagnostic d'un site. Il est ainsi possible de mesurer le niveau d'eau de la nappe de la tourbe afin d'en déduire si son niveau d'engorgement est suffisant à la conservation de la tourbe et des habitats de la tourbière. Si des transferts verticaux d'eau sont à étudier, notamment dans les tourbières minérotrophes, par apport d'eau souterraine vers la nappe de surface, il peut être judicieux d'étudier si la pression de la nappe sous-jacente est supérieure à celle de la nappe de surface, indiquant une pression, donc une remontée d'eau vers la surface. Ce piézomètre, crépiné vers la base des tourbes uniquement, peut être placé à côté du piézomètre de surface, permettant d'étudier ce phénomène. Selon le budget disponible et les possibilités de déplacement de l'observateur ou de l'observatrice, et la précision requise, il est possible d'équiper le piézomètre de sondes automatiques, éventuellement à télétransmission de données. Le positionnement des dispositifs dépend fortement des hypothèses sur le fonctionnement et des connaissances empiriques sur le fonctionnement du site et son contexte. Néanmoins, dans une étude éco-hydrologique ayant pour objectif de caractériser le fonctionnement et de préciser les travaux de restauration nécessaires, la présence d'un piézomètre à forte fréquence d'enregistrement dans la zone cible reste un minimum. Si l'objectif est un habitat cible particulier, qui requiert une alimentation continue par des eaux souterraines, il devient nécessaire de compléter ce piézomètre par un autre mesurant la pression d'eau dans la tourbe en profondeur. Pour des travaux de restauration hydraulique nécessitant un travail sur des eaux libres comme de la neutralisation de drainage, des limnimètres posés dans les pièces d'eau peuvent s'avérer nécessaires pour étudier les variations de celles-ci et les impacts éventuels d'une remontée des niveaux, mais aussi pour fournir des informations sur la bonne gestion des ouvrages de régulation lorsque ceux-ci sont posés et manoeuvrables. La neutralisation du drainage impliquant une remontée des niveaux d'eau dans les tourbes adjacentes au drain, il peut être judicieux d'étudier les fluctuations dans celles-ci en équipant les tourbes de piézomètres, notamment le long d'un transect perpendiculaire au drain.

Sur les chroniques piézométriques, des périodes cruciales sont à observer, comme les périodes de recharge et de décharge des eaux de la tourbière. L'amplitude et la fréquence des fluctuations de l'eau dans la tourbe permettent de renseigner la vulnérabilité de la tourbières, et l'étude de corrélations entre piézomètres à différentes localisations permet d'identifier les transferts d'eau au sein d'un site. Une étude de corrélation entre la piézométrie de la tourbière et celle d'une nappe souterraine peut permettre d'identifier l'existence d'apports d'eau souterraine par les sources à certaines périodes de l'année. De même, une corrélation entre un limnimètre d'un cours d'eau et celui d'un étang peut permettre d'identifier des sens d'écoulements sur un site. Un des sites du LIFE Anthropofens a ainsi fait l'objet d'une telle analyse, notamment en période d'inondations (Berquer *et al.*, 2024c).

Relevé des sondes automatiques du couple de piézomètres profond et surface du marais de Roussent (62)
©E. HEMERY, CEN HDF



2 L'étude écohydrologique d'un site : un outil pour connaître et comprendre avant de restaurer

3 Comprendre le présent : quelles sont les altérations du site par rapport à sa situation naturelle ?

3. La végétation observée sur le site : des indications du fonctionnement de la tourbière

Les conditions environnementales et la gestion du site conditionnent les processus écologiques et la biodiversité que le site accueille. La végétation est un indicateur pertinent reflétant un ensemble de conditions que le milieu peut subir. L'écologie fonctionnelle permet d'étudier les traits développés par des communautés bioindicatrices, relevées par un observateur. La comparaison entre plusieurs observations de valeurs moyennes de traits fonctionnels pondérés par l'abondance de l'espèce dans la communauté, couramment appelée *Community Weighted Mean* (CWM) dans la littérature, permet d'interpréter des différences dans les communautés pouvant être induites par l'environnement. Il est ainsi possible de vérifier, grâce à des tests statistiques, si les communautés diffèrent significativement d'un état de référence, ou s'organisent le long de gradients environnementaux. La boîte à outils de suivi des zones humides RhoMéO (Porteret, 2017), et notamment dans sa déclinaison BIMH-BAP pour le bassin Artois-Picardie, utilisée par certains gestionnaires en France, contient des indices de CWM pour des traits fonctionnels d'Ellenberg (ou sa dérivée Landolt) de trophie, ou d'engorgement, renommés dans la boîte à outils respectivement Ht (Indice floristique de trophie du sol) et He (Indice floristique d'engorgement).

Les observations par des relevés floristiques, l'évaluation de l'état de conservation, et le suivi des dynamiques paysagères, notamment par cartographie d'habitats, permettent d'interpréter correctement les dysfonctionnements du site. Cela permet aussi d'identifier des trajectoires d'évolution de la végétation à éventuellement corriger, de caractériser les actions à mener puis de procéder aux suivis après la restauration, permettant la comparaison grâce à des statistiques entre deux états : pré et post-restauration.



Paysage de tourbière à Roussent (62). Une partie herbacée au premier plan est fauchée régulièrement et quelques arbustes de Saules cendrés se trouvent au second plan. ©E. HEMERY, CEN HDF

Les méthodes appliquées dans la restauration des végétations de tourbières alcalines par le LIFE Anthropofens sont expliquées dans le premier chapitre de ce guide, mais aussi dans les guides techniques référencés précédemment.

Paysage de tourbière dans les marais de l'Abbevillois à Mareuil-Caubert (80) ©E. HEMERY, CEN HDF



2 L'étude écohydrologique d'un site : un outil pour connaître et comprendre avant de restaurer

4 Vers le futur : quelle restauration pour quel objectif ?

Les conditions environnementales à restaurer pour atteindre les objectifs de végétation dépendent des exigences écologiques de la végétation cible par rapport aux principaux facteurs de dégradation des tourbières que sont les fluctuations d'eau, l'eutrophisation, et les perturbations régulières sur le site. Plusieurs types de travaux ont été effectués dans le LIFE Anthropofens et nous allons détailler en quoi chaque action contribue à atteindre les objectifs de restauration.

Le débroussaillage et le déboisement permettent la réouverture des milieux en réduisant la compétition entre espèces ligneuses qui ont accès à la lumière, et les espèces herbacées qui se retrouvent à l'ombre d'une canopée, parfois dense. En cas d'embroussaillement avancé, la strate herbacée est profondément modifiée, notamment par concurrence pour l'accès à la lumière, mais aussi en raison d'une évolution pédogénétique qui s'opère conjointement à la fermeture du milieu, devenu forestier. La réduction de la strate herbacée, parfois amplifiée par des phénomènes de piétinement (animaux sauvages ou pâturage), peut faciliter l'érosion de la tourbe, lorsque celle-ci, à nu, subit des épisodes de gel-dégel.

L'essouchage ou le rognage des souches permet de pérenniser le débroussaillage en réduisant fortement la possibilité de repousse des ligneux. La présence de rejets risque de conduire à une refermeture rapide du milieu si d'autres paramètres propices à la croissance des ligneux ne sont pas traités, notamment la trophie du sol et un engorgement insuffisant.



Débroussaillage suivi d'un étrépage afin d'évacuer la couche de tourbe minéralisée en surface, dans le marais des Quarante à Mareuil-Caubert (80) ©A. BERQUER, CEN HDF

L'étrépage (aussi appelé décapage) peut être utile pour la restauration des tourbières, si on considère que l'horizon superficiel dégradé est un processus de pédogenèse secondaire, qui intervient à la surface d'une tourbière, à défaut d'un engorgement suffisant. Il s'agit ici d'évacuer l'horizon superficiel du sol qui a été dégradé pour limiter les conséquences de sa minéralisation sur l'écosystème, mais aussi de compléter ces travaux par l'arrêt d'usages destructeurs de la tourbe, et incompatibles avec le maintien d'une tourbière active, comme la mise en culture, le pâturage intensif ou encore le drainage. La tourbe a été minéralisée et a relargué des quantités importantes de nutriments dans cet horizon superficiel. Le pâturage intensif, souvent pratiqué grâce



Au marais de Sampont, une fauche manuelle est réalisée par des bénévoles afin de limiter l'impact au sol par de la machinerie. Mis sur brancard, les résidus de fauche sont alors treuillés avant d'être évacués au tracteur ©T. GRIDLET, Natagora



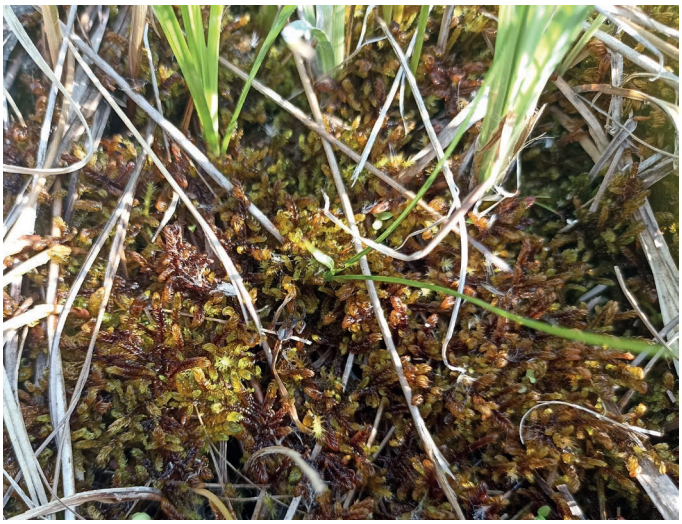
La fauche exportatrice nécessite une machinerie adaptée, comme pour l'évacuation de produits de fauche andainés puis ramassés en vallée de la Semois. Le tracteur et l'autochargeuse sont munies de roues cages additionnelles, pour augmenter la surface de contact au sol et donc assurer le passage des engins sur sol tourbeux, faiblement portant. ©JL. MAIRESSE, Natagora

à l'assèchement des tourbières, peut induire des modifications dans les premiers décimètres de profondeur avec un tassement des tourbes (KTH, Kultureller Trockenhorizont) conduisant à une perturbation de leur conductivité hydraulique, et à une remobilisation des nutriments. Si cette couche a été cultivée et potentiellement fertilisée par le passé, ou encore polluée par des rejets d'assainissement, elle contient de fortes doses de nutriments incompatibles avec les végétations de tourbières oligotrophes ou mésotrophes. Après estimation de la profondeur de l'horizon dégradé et son évacuation, le substrat redevient tourbeux en surface permettant à des cortèges de plantes plus sensibles et inféodées à la tourbe de recoloniser.

La fauche exportatrice est un autre moyen de procéder à de l'évacuation de nutriments hors des sites, tout en maintenant une gestion adaptée de la végétation (Temmink *et al.*, 2026). Elle est particulièrement efficace et recommandée sur des sites qui ont été peu embroussaillés mais sur lesquels les quantités de nutriments sont supérieures aux seuils de tolérance des végétations cibles. Ainsi, en conservant les espèces, non détruites comme lors d'un étrépage, la recolonisation n'est pas nécessaire, et la surface de la tourbière reste constamment végétalisée limitant les risques d'érosion.

Le semis ou la plantation d'espèces caractéristiques de tourbières alcalines, est judicieux après un étrépage. Ces espèces sont qualifiées d'ingénieures de l'habitat, car elles possèdent un caractère pionnier et peuvent être à l'origine de la turfigénèse. Cette démarche a pour objectif de faciliter la recolonisation après des travaux d'étrépage. Ces opérations sont particulièrement judicieuses lorsqu'ont été identifiés dans les tourbes des macrorestes de ces espèces ingénieures, ou que l'on possède des données d'observations anciennes, mais que ces espèces ne sont plus présentes sur le site. Dans ce cas, il faut veiller préalablement à la restauration du biotope et des conditions écologiques propices à leur développement (engorgement, stabilité des niveaux d'eau, trophie).

Végétation à Scorpidium au marais de Villiers (62) ©A. BERQUER, CEN HDF





Replantation d'aulnes pour maintenir le caractère boisé d'une parcelle restaurée après évacuation d'une peupleraie puis réhumidification de la tourbière à Morcourt ©A. ANDRÉ, CEN HDF



Plants de Menyanthes trifoliata *et de* Carex diandra *multipliés ex situ au Conservatoire Botanique National des Hauts-de-France pour une réimplantation après les travaux à Belloy-sur-Somme ©A. BERQUER, CEN HDF*

La neutralisation du drainage consiste en une multitude d'opérations. Il peut s'agir de reboucher complètement un fossé de drainage, de réguler les sorties d'eau par pose de seuils ou de ralentir les écoulements par redimensionnement. Toutes ces opérations visent à retrouver des niveaux d'eau optimaux pour la conservation des tourbières et des habitats, en réduisant les assecs, mais aussi en contrôlant les entrées éventuelles d'eau de moindre qualité (Berquer *et al.*, 2024a).

La qualité de l'eau peut être améliorée de différentes manières. Si la présence d'une nappe sous-jacente est attestée et que les dosages ont montré une qualité compatible avec les objectifs, une réactivation des sources, par exemple par évacuation de la vase, permet de restaurer une alimentation phréatique de la tourbière restaurée. Cependant lorsque les eaux disponibles sur le site proviennent de nappes polluées par des nutriments, la pose de dispositifs épurateurs peut être envisagée de manière à consommer, dès l'émergence, les éléments fertilisants (azotés et phosphatés) contenus dans l'eau. Ainsi, dans la Réserve naturelle nationale de Boves, nous avons choisi de placer des radeaux flottants plantés de grands hélophytes sur l'étang Saint-Ladre, alimenté par une nappe dans laquelle s'infiltrent des nitrates d'origine agricole. En effet, si une étude a mis en évidence des apports importants de fertilisants par du ruissellement d'eaux de surface, provenant de lessivages agricoles, ou de réseaux d'assainissement non conformes, la rétention d'eau dans certains fossés «épurateurs», permettra de métaboliser certains polluants avant qu'ils n'atteignent la tourbière. Ces fossés sont colonisés par de la végétation hélophyte nitrophile et bordés de haies ou de bandes enherbées permettant de consommer les fertilisants, qui pourront être exportés lors d'une fauche ou d'une coupe de ces végétaux. Une fois captés par la végétation, les nutriments contenus dans les organes végétatifs des plantes peuvent être évacués par une fauche exportatrice.



Rétention d'eau dans un fossé collecteur des eaux de ruissellement issues d'un champ, à droite, occupant la rive gauche de la vallée du Pendé (80) ©A. BERQUER, CEN HDF



Radeaux plantés d'hélophytes posés sur l'étang Saint-Ladre à Boves (80), au niveau des sources. ©A. BERQUER, CEN HDF

À la suite des travaux, il est nécessaire de poursuivre le suivi de l'amélioration de la qualité de l'eau. Les prélèvements d'eau, à différentes périodes suivant les travaux d'amélioration de la qualité de l'eau, permettront d'étudier si ces travaux et les différents dispositifs ont un effet sur la physico-chimie de l'eau. Par ailleurs, ces actions peuvent être judicieusement complétées d'un travail sur la qualité de l'eau à l'échelle d'un bassin versant, lieu de nombreuses sources de contamination des nappes d'eau pouvant se retrouver dans les tourbières.

Les derniers travaux ont pour vocation de rétablir des conditions propices à la conservation, à long terme, des végétations cibles des tourbières restaurées. Il est possible de mettre en place des parcs de pâturage si ce moyen de gestion est envisagé, bien qu'il ne soit que difficilement compatible avec la conservation de la tourbe en surface, et non judicieux sur des sites avec des dysfonctionnement trophiques (Berquer, 2024b). De même, il est également possible de s'équiper en matériel permettant d'agir à long terme sur les processus avec des engins adaptés pour réaliser des fauches exportatrices sur des sols parfois peu portants, et d'équiper le site en accès destinés à ce mode de gestion.

Avant de réaliser des travaux de restauration sur une tourbière, il est nécessaire de cerner le fonctionnement éco-hydrologique du site, qui peut-être mis en parallèle avec les communautés végétales observées à la surface de la tourbière. En effet, on peut considérer que celles-ci sont le reflet des conditions écologiques (abiotiques) du site. Une étude éco-hydrologique est alors un prérequis précieux pour le gestionnaire, afin d'envisager et de calibrer au mieux les travaux de restauration nécessaires, en fonction des communautés végétales (habitats) souhaitées, à moyen ou long terme, sur le site. Une approche à l'échelle des unités de gestion (des parcelles), inspirée de la phytosociologie paysagère, est proposée dans ce document avec l'objectif de déterminer les changements de communautés végétales envisageables sur un site, en précisant les modalités de travaux nécessaires. Cette approche a pour vocation de déterminer les potentialités phytocénotiques d'une cellule paysagère (unité de gestion) en se basant sur la dynamique des communautés végétales. Mais aussi d'aiguiller le gestionnaire sur les types de travaux nécessaires pour changer de cellule paysagère, ce qui correspond à changer le biotope (conditions écologiques) local (voir premier chapitre de ce guide).

Prélèvements effectués dans un but de mesure de l'émission des gaz à effet de serre par la tourbière du marais de Villiers à Saint-Josse (62). A gauche la chambre d'accumulation, à l'arrière plan un couple de piézomètres mesurant la pression de l'eau en surface et en profondeur dans la tourbe : ©E. HEMERY, CEN HDF



Bibliographie

Berquer A., Levrault S., Castelli M., Alderweireld F., André A., Antoine A., Brasseur B., Capoulade J., Czerniak L., Décultot C., François R., Garcia C., Hummel J., Janczak A., Meire G., Opdekamp W., Trongneux P., Vandendriessche M., Chombart C., Daubresse R., James M., Duran P., 2024a. Fonctionnement des tourbières alcalines, gestion de l'eau et restauration. LIFE Anthropofens, Conservatoire d'espaces naturels des Hauts-de-France, Boves, 52p.

Berquer A, 2024. Pâturer, pourquoi et comment ? Clef d'aide à la prise de décision. In Franquin *et al.*, Le pâturage en tourbière alcaline, Conservatoire d'espaces naturels des Hauts-de-France, 1.2 : pp. 12-14

Berquer A., Alderweireld F., Janczak A., 2024b. Tourbières et changement climatique : L'exemple des tourbières de l'Authie et du littoral du Pas-de-Calais. Conference: 24ème congrès des Conservatoires d'espaces naturels, Nancy. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20426.89285

Camart, C. & Catteau, E., 2023. – Catalogue de la végétation des Hauts-de-France : méthode. 61p. + annexes. Bailleul.

Catteau, E., 2018. - À propos du gradient d'humidité du substrat à retenir pour la description de l'écologie des végétations. Bull. Soc. Bot. N. Fr. 71 (1-4) : pp. 101-106.

Catteau, E., 2019. – Proposition de reformulation de l'aire minimale des relevés phytosociologiques. Bull. Soc. Bot. N. Fr. 72 (1-3) : pp. 137-141.

Catteau, E., 2020. - À propos du gradient de trophie du substrat à retenir pour la description de l'écologie des végétations. 4p. Bailleul

Catteau, E., 2021. – À propos de la cellule paysagère et de son rôle dans les processus systémiques – *Evaxiana* 8, pp. 210 - 219

Catteau, E. & Choisnet, G., 2017. – Fiche D3 – Relevé symphytosociologique de série de végétation. In Millet *et al.*, Guide méthodologique du programme de cartographie nationale des végétations (CarHab). 7p.

Catteau, E. & Villejoubert, G., 2023. – Mémento pour la pratique du relevé symphytosociologique (version 1). Pour l'Europe, l'État et la Région Hauts-de-France. Conservatoire botanique national de Bailleul. 10p.

Catteau E., Villejoubert G., Dumont Q. & Raevel V., 2025. - Diagnostic des habitats à forts intérêts patrimoniaux, grâce à la modélisation CarHab. Volet 2 : Analyse de la capacité patrimoniale des habitats naturels et semi-naturels des Hauts-de-France. Conservatoire botanique national de Bailleul et Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement des Hauts-de-France. Programme financé par le Fonds vert. 73p. + annexes.

Dumont, Q., Fontenelle, A., Hauguel, J.-C., François, R., Catteau, E., & Coulombel, R., 2021. - Catalogue des séries de végétations du département de l'Aisne. Pour l'Europe, l'État, la Région Hauts-de-France et le Département de l'Aisne. Version décembre 2021. Conservatoire botanique national de Bailleul, 154p. Bailleul.

Duranel A., 2024. Étude écohydrologique de la Réserve Naturelle Nationale de la tourbière de Marchiennes - Rapport final. LIFE+ Nature Anthropofens LIFE18NAT/FR/000906, Ecotelm, pour le Parc Naturel Régional Scarpe-Escaut, 186p.

Duranel A., 2024. Étude écohydrologique de la Réserve Naturelle Régionale de la Tourbière de Vred - Rapport final. LIFE+ Nature Anthropofens LIFE18NAT/FR/000906, Ecotelm, pour le Parc Naturel Régional Scarpe-Escaut, 174p.

François R., Coulombel R., Laugros H., Hauguel J.-C., 2017. - Proposition méthodologique de suivi des zones humides : l'Indice de Qualité Phytocénotique Zones Humides : IQPZ. Centre Régional de Phytosociologie agréé Conservatoire Botanique National de Bailleul. Rapport, Doc PDF, 94p.

Franquin M., Berquer A., Castelli M., Gérard K., Hummel J., Blondel B., Demarthe AL., Mairesse JL., Opdekamp W., Pencoat-Jones A., Vandendriessche M., Chombart C., Daubresse R., James M., Duran P., 2024. Faire pâturer les tourbières alcalines : entre gestion conservatoire et impacts. LIFE Anthropofens, Conservatoire d'espaces naturels des Hauts-de-France, Boves. 52p.

Géhu J.-M., 1988 - L'analyse symphytosociologique et géosymphytosociologique de l'espace. Théorie et méthodologie. Colloques phytosociologiques, Phytosociologie et Paysages, XVII : pp. 11-46.

Géhu, J.-M., 2004. – La symphytosociologie trente ans plus tard (1973-2003). Concepts, systématisation, applications. Bull. Soc. Bot. C. O., N.S., 35 : pp. 63-80.

Géhu, J.-M., 2006. - Dictionnaire de sociologie et synécologie végétales - Inter-Phyto. 899p.

Millet J., Just A. & Choisnet G. (coord.), 2017. - Guide méthodologique du programme de cartographie nationale des végétations (CarHAB). Version du 31 Mars 2017. 94p. + annexes.

Porteret J., 2017. Guide méthodologique d'utilisation des indicateurs pour le suivi des travaux de restauration. Conservatoire d'Espaces Naturels de la Savoie, Collectif RhoMéO. CPO thématique Trame bleue Espaces et Continuités, 25p. version 1 http://www.rhomeo-bao.fr/

Tüxen, R., 1979. – Sigmeten und Geosigmeten, ihre Ordnung und ihre Bedeutung für Wissenschaft. Naturschutz und Planung. *Biogeographica*, 16 : pp. 79-92.

Van Diggelen, R., Norda, L., Jacobs, S., Emsens, W. & Staes, J. 2023. Ecohydrological analysis of Marais de Heinsch in the context of LIFE+ "Anthropofens" LIFE18 NAT/FR/000906, University of Antwerp, Research group Geobiology, GEOBIOL 023-GEB008

Villejoubert G., Catteau E. & Camart C., 2021 (a). - Connaissance des séries de végétations et des cellules paysagères du nord de la france - Premier catalogue partiel du Nord et du Pas-de-Calais Conservatoire botanique national de Bailleul, 266p. + Annexe

Villejoubert, G., Coulombel, R. & Fontennelle, A., 2021 (b). - Programme LIFE Anthropofens (LIFE18 NAT/FR/000906). Etat initial (ACTION D1.1) : Suivi des habitats à l'échelle des unités de végétation - Evaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire envisagés dans les polygones de travaux du LIFE Anthropofens. Conservatoire botanique national de Bailleul. 375p.

Temmink RJM, Lång K, Vroom RJE, Leifeld J, Fritz C, Zeug W, Thrän D, Kleinspehn C, Gaudig G, Neubert J, Kreyling J, Rhymes JM, Evans CD, Kotowski W, Nordt A, Tanneberger F., 2026. Agriculture on wet peatlands: the sustainability potential of paludiculture, *Agricultural Systems*, Volume 231, 104561, https://doi.org/10.1016/j.agsy.2025.104561.



Paysage de la Haute Somme - Frise
©R. COULOMBEL, CBN HDF



Entreprendre
des travaux de restauration
de tourbières dégradées semble être une
bonne idée. Mais par où commencer ?

Les tourbières alcalines des Hauts-de-France et de Wallonie sont complexes. Alimentées en partie par des nappes souterraines, remaniées et utilisées par l'Homme depuis des siècles, altérées par de nombreux usages, de nombreuses conséquences sont aujourd'hui visibles. Les tourbières manquent régulièrement d'eau, par un drainage accru et des tensions sur la ressource en eau, s'eutrophisent par apport de fertilisants issus du bassin versant, la tourbe minéralisée de façon irréversible, et la végétation souvent altérée par un embroussaillement généralisé et une arrivée d'espèces plus ubiquistes, au détriment de la biodiversité inféodée aux tourbières.

La méthodologie proposée dans ce guide repose sur une caractérisation de la végétation à une échelle adaptée à la gestion de la végétation sur un espace naturel protégé, celle de la cellule paysagère. En effet, cette méthode propose dans un premier temps d'identifier les cellules paysagères (unités de gestions) présentes sur un site, avant d'attribuer une capacité patrimoniale à chacune des cellules paysagères déterminées. La capacité patrimoniale est une notion qui vise à exprimer la potentialité d'une unité de gestion à héberger des communautés végétales d'intérêt patrimonial, en tenant compte de ses particularités abiotiques (trophie, engorgement, type de sol). La restauration de la végétation de ces cellules paysagères, pour être pérenne, doit être complétée par une restauration du fonctionnement éco-hydrologique de la tourbière. Restaurer un fonctionnement, c'est connaître le fonctionnement initial d'un site dans son environnement, souvent le bassin versant, et des dynamiques ayant conduit à la création de la tourbière par accumulation progressive de la tourbe. C'est également connaître comment ce fonctionnement naturel a été entravé par des activités d'exploitation ayant modifié l'hydrologie, la trophie, le sol et la végétation. Nous proposons dans ce guide méthodologique différents moyens de caractériser ces dysfonctionnements et les processus qu'ils induisent, afin de déterminer quelles seront les actions à envisager pour espérer retrouver un fonctionnement tel qu'il a été avant les perturbations.

Les méthodes exposées dans ce présent guide méthodologique ont été éprouvées par les équipes du LIFE Anthropofens afin de mettre en place des mesures adéquates pour restaurer le fonctionnement de 480 hectares de tourbières alcalines dans les Hauts-de-France et en Wallonie.

Les partenaires bénéficiaires du LIFE Anthropofens :

Les partenaires financiers du LIFE Anthropofens :

Les soutiens institutionnels du LIFE Anthropofens :