



HAL
open science

Évaluation de l'état de conservation des bas-marais calcaires d'intérêt communautaire. Cahiers d'évaluation à l'échelle des sites Natura 2000. Version 1

Hugo Clément, Mathilde Reich, Margaux Mistarz, Julie Garcin

► To cite this version:

Hugo Clément, Mathilde Reich, Margaux Mistarz, Julie Garcin. Évaluation de l'état de conservation des bas-marais calcaires d'intérêt communautaire. Cahiers d'évaluation à l'échelle des sites Natura 2000. Version 1. PatriNat (OFB-CNRS-MNHN). 2020, pp.183. mnhn-04245981v1

HAL Id: mnhn-04245981

<https://mnhn.hal.science/mnhn-04245981v1>

Submitted on 17 Oct 2023 (v1), last revised 20 Oct 2023 (v2)

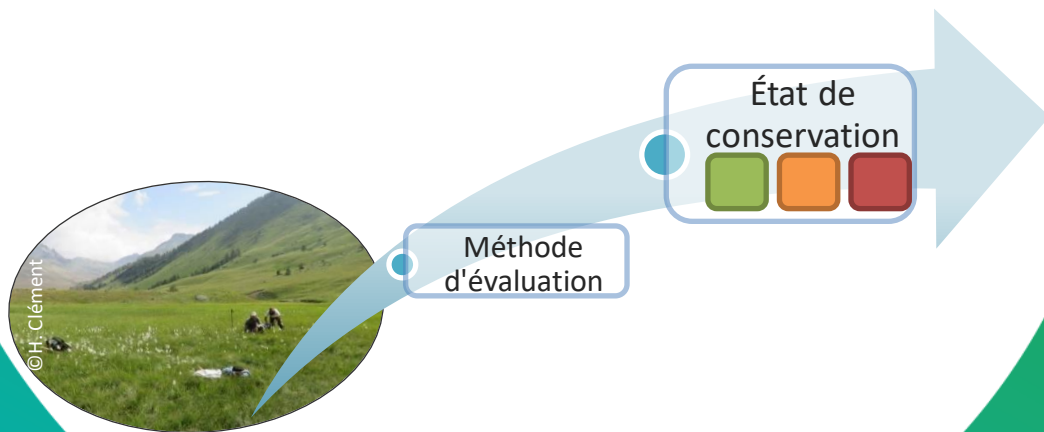
HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Évaluation de l'état de conservation des bas-marais calcaires d'intérêt communautaire

Cahiers d'évaluation à l'échelle des sites Natura
2000

Version 1



Hugo Clément, Mathilde Reich, Margaux
Mistarz et Julie Garcin
Mars 2020

UNITÉ MIXTE DE SERVICE

PATRIMOINE NATUREL



www.ofb.gouv.fr



www.cnrs.fr



www.mnhn.fr

Nom du Programme/Projet : **développement de méthodes d'évaluation d'état de conservation pour les sites Natura 2000 (terre et mer)**

Chef de projet : **Farid Bensettiti** (bensettiti@mnhn.fr)

Chargée de mission : **Margaux Mistarz** (margaux.mistarz@mnhn.fr)

Vacataires : **Hugo Clément, Julie Garcin** (julie.garcin@mnhn.fr) et Mathilde Reich

Personnes mobilisées : Sylvain Abdulhak (CBNA), Jérémie Van Es (CBNA), David Paulin (CBNA), Florent Arthaud (USMB), Guillaume Choisnet (CBNMC), Pauline D'Adamo (PNRPC), Jean-Christophe Hauguel (CBNBI), Raphaël Coulombel (CBNBI), Jérémy Lebrun (CEN Picardie), Nicolas Caron (CEN Picardie), Thomas Cheyrezy (CEN Picardie), Christophe Galet (SMOA), Rémi Collaud (CBNFC-ORI), Leslie Ferreira (CBNBP), Sébastien Filoche (CBNBP), Guillaume Billod (CBNBP), Frédéric Hendoux (CBNBP), Emilie Weber (CBNBP), David Bécu (CEN CA), Michel Billod (CEN CA), Guillaume Geneste (CEN CA), Romaric Leconte (CEN CA), Dominique Lopez-Pinot (Asters), Anthony Garcia (CEN RA), Virgine Bourgoïn (CEN Savoie), Marie-José Trivaudey-Vergon (DREAL Bourgogne-Franche-Comté), Pierre Durllet (PNR Haut-Jura), Vincent Gaudillat (UMS Patrinat), Rémy Poncet (UMS Patrinat), Jean-Christophe De Massary (UMS Patrinat), Pascal Dupont (UMS Patrinat), Isabelle Witté (UMS Patrinat), Jean-Jacques Boutteaux (ONF), Matthieu Perrez (ONF), Fabrice Darinot (Marais de Lavours), Charlotte Horon (SIGEA), Charlotte Dubreuil (SIAEBVELG), Vincent Labourel (CEN Aquitaine), Anthony Lefouler (CBNSA), Pierre Lafon (CBNSA), Marie Caillaud (CBNSA), Sébastien Lecuyer (La Roselière), François Sargos (SEPANSO), Valentine Dupont (GEREPI), Olivier Argagnon (CBNméd), Arnaud Duranel (University College London), Pierre Goubet (Cabinet Pierre Goubet), Ludovic Olicard (CBNPMP), Catherine Brau-Nogué (CBNPMP), Guillaume Doucet (CEN B), Renaud Jaunatre (IRSTEA), Nadège Popoff (IRSTEA).

Relecture : **Nicolas Lesieur-Maquin** (nicolas.lesieur-maquin@mnhn.fr), **Tiphaine Ouisse** (tiphaine.ouisse@mnhn.fr), **Vincent Gaudillat** (vincent.gaudillat@mnhn.fr), **Manon Latour** (manon.latour@mnhn.fr) et **Camille Gazay** (camille.gazay@mnhn.fr)

Référence du rapport conseillée : Clément H., Reich M., Mistarz M. & Garcin J., 2020. - Évaluation de l'état de conservation des bas-marais calcaires d'intérêt communautaire. Cahiers d'évaluation à l'échelle des sites Natura 2000. Version 1. UMS Patrinat – OFB/CNRS/MNHN. 183p.

L'UMS Patrimoine naturel - PatriNat

Centre d'expertise et de données sur la nature



Depuis janvier 2017, l'Unité Mixte de Service Patrimoine naturel assure des missions d'expertise et de gestion des connaissances pour ses trois tutelles, que sont le Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN), l'Office français pour la biodiversité (OFB) et le Centre national de la recherche scientifique (CNRS).

Son objectif est de fournir une expertise fondée sur la collecte et l'analyse de données de la biodiversité et de la géodiversité présentes sur le territoire français, et sur la maîtrise et l'apport de nouvelles connaissances en écologie, sciences de l'évolution et anthropologie. Cette expertise, établie sur une approche scientifique, doit contribuer à faire émerger les questions et à proposer les réponses permettant d'améliorer les politiques publiques portant sur la biodiversité, la géodiversité et leurs relations avec les sociétés et les humains.

En savoir plus : patrinat.fr

Co-directeurs :

Laurent PONCET, directeur en charge du centre de données

Julien TOUROULT, directeur en charge des rapportages et de la valorisation

Inventaire National du Patrimoine Naturel



Porté par l'UMS PatriNat, cet inventaire est l'aboutissement d'une démarche qui associe scientifiques, collectivités territoriales, naturalistes et associations de protection de la nature, en vue d'établir une synthèse sur le patrimoine naturel en France. Les données fournies par les partenaires sont organisées, gérées, validées et diffusées par le MNHN. Ce système est un dispositif clé du Système d'Information sur la Nature et les Paysages (SINP) et de l'Observatoire National de la Biodiversité (ONB).

Afin de gérer cette importante source d'informations, le Muséum a construit une base de données permettant d'unifier les données à l'aide de référentiels taxonomiques, géographiques et administratifs. Il est ainsi possible d'accéder à des listes d'espèces par commune, par espace protégé ou par maille de 10x10 km. Grâce à ces systèmes de référence, il est possible de produire des synthèses, quelle que soit la source d'information.

Ce système d'information permet de consolider des informations qui étaient jusqu'à présent dispersées. Il concerne la métropole et l'outre-mer, aussi bien sur la partie terrestre que marine. C'est une contribution majeure pour la connaissance naturaliste, l'expertise, la recherche en macroécologie et l'élaboration de stratégies de conservation efficaces du patrimoine naturel.

En savoir plus : inpn.mnhn.fr

Remerciements

Un grand merci à tous les experts, universitaires et gestionnaires qui ont suivi l'étude depuis 2017, en nous accompagnant sur le terrain, lors d'échanges pendant ou hors comités de pilotage et/ou en facilitant l'accès aux sites : **Sylvain Abdulhak (CBNA), Jérémie Van Es (CBNA), David Paulin (CBNA), Jean-Christophe Hauguel (CBNBI), Raphaël Coulombel (CBNBI), Jérémy Lebrun (CEN Picardie), Nicolas Caron (CEN Picardie), Thomas Cheyrezy (CEN Picardie), Rémi Collaud (CBNFC-ORI), Leslie Ferreira (CBNBP), Sébastien Filoche (CBNBP), Guillaume Billod (CBNBP), Frédéric Hendoux (CBNBP), Emilie Weber (CBNBP), David Bécu (CEN CA), Michel Billod (CEN CA), Guillaume Geneste (CEN CA), Romaric Leconte (CEN CA), Dominique Lopez-Pinot (Asters), Anthony Garcia (CEN RA), Virgine Bourgoïn (CEN Savoie), Marie-José Trivaudey-Vergon (DREAL Bourgogne-Franche-Comté), Pierre Durlet (PNR Haut-Jura), Vincent Gaudillat (UMS Patrinat) (pour sa relecture), Rémy Poncet (UMS Patrinat), Jean-Christophe De Massary (UMS Patrinat), Pascal Dupont (UMS Patrinat), Jean-Jacques Boutteaux (ONF), Matthieu Perrez (ONF), Fabrice Darinot (Marais de Lavours), Charlotte Horon (SIGEA), Charlotte Dubreuil (SIAEBVELG), Vincent Labourel (CEN Aquitaine), Anthony Lefouler (CBNSA), Pierre Lafon (CBNSA), Marie Caillaud (CBNSA), Sébastien Lecuyer (La Roselière), François Sargos (SEPANSO), Valentine Dupont (GEREPI), Olivier Argagnon (CBNméd), Arnaud Duranel (University College London), Pierre Goubet (Cabinet Pierre Goubet), Ludovic Olicard (CBNPMP), Catherine Brau-Nogué (CBNPMP), Guillaume Doucet (CEN B), Renaud Jaunatre (IRSTEA), Nadège Popoff (IRSTEA), Christophe Galet (SMOA), Florent Arthaud (USMB), Guillaume Choisnet (CBNMC) et Pauline D'Adamo (PNRPC).**

Merci à **Isabelle Witté (UMS Patrinat) et Valentina Cima (UMS Patrinat)** pour leur accompagnement sur les aspects statistiques.

Merci à **Farid Bensettiti (UMS Patrinat)** pour sa confiance, **Jérôme Millet (AFB)** pour les conventions AFB-CBN, **Mélanie Hubert (UMS Patrinat), Sylvie Chevallier (UMS Patrinat) et Fabienne Rue (UMS Patrinat)** pour les aspects administratifs.

Merci à **Pierre Boudier, Stéphane Leclerc (Société québécoise de bryologie), Alain Couté (UMR 7245 CNRS-MNHN), Catherine Perrette (UMR 7245 CNRS-MNHN), Pierre Noël (UMS Patrinat)** pour leur contribution aux illustrations.

Merci aux différents tuteurs universitaires d'avoir accompagné les différents stages sur la thématique depuis 2017 : **Marc Philippe (CNRS), Magalie Gérino (EcoLab) et Roger Marciau.**

Enfin, merci à tous nos collègues de l'UMS Patrinat à Brunoy : **Manon (pour sa relecture), Théo, Olivier, Nico (pour sa relecture), Julien, Guillaume, Chloé, Philippe, Cindy, Aurélie, Camille (pour sa relecture), Océane, Santiago, Brian, Florian, Perrine, Tiphaine (pour sa relecture) et tous les stagiaires et vacataires qui se sont succédés depuis 2017.**

Sommaire

Préambule	7
1 Évaluer l'état de conservation, une obligation dans les droits européen et français	9
1.1 Au niveau européen	9
1.2 Au niveau national.....	10
2 L'état de conservation d'un habitat, un concept évaluable à l'échelle d'un site Natura 2000	12
2.1 Choisir les états de conservation favorables d'un habitat à l'échelle de son site Natura 2000	12
2.2 ...et les états de référence	12
3 Principe méthodologique de l'évaluation à l'échelle des sites Natura 2000	14
3.1 D'une évaluation à l'échelle du polygone.....	14
3.2 ...à une évaluation à l'échelle du site Natura 2000	17
3.2.1 Proportions des placettes en différents états de conservation.....	17
3.2.2 Moyenne des notes de l'ensemble des placettes	19
3.2.3 Distribution des placettes sur le gradient d'état de conservation	20
3.2.4 Diagramme en étoile	20
3.2.5 Répartition des placettes par indicateur	21
3.2.6 Cartographie des placettes	21
3.3 Trouver le bon compromis entre coûts et efficacité	22
4 Les bas-marais calcaires, habitats d'intérêt communautaire	24
4.1 Typologie et réflexions sur la notion d'habitat	24
4.2 Tourbières et bas-marais calcaires.....	25
4.2.1 Définitions.....	25
4.2.2 L'étude des tourbières, une approche pluridisciplinaire.....	27
4.2.3 Services écosystémiques fournis par les tourbières.....	28
4.2.4 Des milieux façonnés par les activités humaines	29
4.2.5 Les bas-marais calcaires d'intérêt communautaire.....	29
5 Processus d'élaboration des grilles d'évaluation, concept et application aux bas-marais calcaires	30
5.1 Phase préparatoire	30
5.1.1 Choix des critères et indicateurs	30
5.1.2 Choix des sites tests.....	34
5.2 Phase de test des indicateurs sur le terrain.....	35
5.2.1 Objectifs	35
5.2.2 Le relevé phytosociologique, un outil efficace car synthétique.....	36
5.2.3 Sondages pédologiques	37
5.2.4 Biais observateur.....	38
5.3 Analyses des données et validation	39

5.3.1 Conversion des données brutes	39
5.3.2 Analyses statistiques	39
6 Discussion générale	40
6.1 Des méthodes simples pour une réalité complexe	42
6.2 Des méthodes évolutives et adaptables.....	43
6.3 Le choix des états de référence aux échelles nationale et de l'habitat générique	43
7 Conclusion	45
Bibliographie	46
État de conservation des « Marais calcaires à <i>Cladium mariscus</i> et espèces du <i>Caricion davallianae</i> » (UE 7210*)	56
Guide d'évaluation à l'échelle des sites Natura 2000.....	
État de conservation des « Sources pétrifiantes avec formation de travertins (<i>Cratoneurion</i>) » (UE 7220*). Guide d'évaluation à l'échelle des sites Natura 2000	81
État de conservation des « Tourbières basses alcalines » (UE 7230). Guide d'évaluation à l'échelle des sites Natura 2000.....	104
État de conservation des « Formations pionnières alpines du <i>Caricion bicoloris-atrofuscae</i> » (UE 7240*). Guide d'évaluation à l'échelle des sites Natura 2000.....	138

Préambule

La dégradation des habitats naturels est un problème majeur à l'échelle mondiale. Au niveau international, les écosystèmes continuent d'être dégradés, malgré leur importance reconnue pour la biodiversité (IUCN, 2016). Les principales menaces identifiées sont le changement d'utilisation des terres, l'exploitation directe des êtres vivants, le changement climatique, les pollutions et les espèces exotiques envahissantes (EEE) (IPBES, 2019). Plusieurs accords ont été pris au niveau international afin de préserver les écosystèmes naturels, dont le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) de 1972, qui vise le développement économique des pays tout en prenant en compte l'environnement (PNUE, 1972). Le PNUE amène pour la première fois les problèmes écologiques à l'échelle internationale. En 1992, la Convention sur la diversité biologique (CDB) est adoptée lors du sommet de la Terre à Rio de Janeiro afin de fixer un cadre international de conservation de la biodiversité, d'utilisation durable des éléments naturels, ainsi que de partage juste et équitable des avantages découlant de l'utilisation des ressources génétiques (Nations Unies, 1992). Malgré tout, il ressort que les zones humides sont particulièrement impactées à l'échelle mondiale. Seulement 13 % de leur surface présente en 1700 perdurait en 2000 (IPBES, 2019). Depuis 1900, 64 % des zones humides ont disparu dans le monde (IUCN, 2015). Les pertes plus récentes sont encore plus rapides (0,8 % de la surface perdue par an entre 1970 et 2008) (IPBES, 2019). Du fait de leur importance et de leur forte régression depuis des décennies, la convention de Ramsar de 1971 visait à engager les États membres à l'utilisation rationnelle de ces milieux, à la bonne gestion des zones humides d'importance internationale, et à la coopération internationale pour la protection des zones humides transfrontières (Ramsar Convention Secretariat, 2016).

À l'échelle européenne, la directive « Habitats-Faune-Flore » (DHFF) a été adoptée le 21 mai 1992 (Conseil de la CEE, 1992). Elle vise la préservation des habitats naturels, de la faune et de la flore sauvages. Un outil européen de conservation des habitats, de la faune et de la flore a été créé suite à cette démarche, le réseau Natura 2000. Au sein du réseau, l'évaluation de l'état de conservation des espèces et des habitats est une obligation communautaire à l'échelle du territoire métropolitain (article R.414-11 du Code de l'environnement) (Anonyme, 2008), suite à la transposition de la DHFF dans le Droit français. Le Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN) a ainsi été sollicité par le Ministère en charge de l'Écologie pour la mise en place de méthodologies d'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire présents dans les sites Natura 2000.

Les résultats des diagnostics locaux de l'état de conservation des habitats et espèces en sites Natura 2000 sont inclus dans les Documents d'objectifs (DOCOB) permettant de fixer les objectifs de conservation de la biodiversité et de gestion des sites. L'UMS Patrinat (OFB/CNRS/MNHN) a engagé depuis 2008 des réflexions autour des méthodologies d'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire. Plusieurs méthodologies ont été initiées ou mises en place, sur les habitats forestiers (Carnino, 2009 ; Maciejewski, 2016), les dunes non boisées du littoral atlantique (Goffé, 2011), les habitats marins (Lepareur, 2011 ; Le Floc'h, 2015), les lagunes côtières (Lepareur *et al.*, 2013 ; Lepareur *et al.*, 2018), les habitats agropastoraux (Maciejewski, 2012 ; Maciejewski *et al.*, 2013 ; Maciejewski *et al.*, 2015), les habitats des eaux courantes (Viry, 2013), les eaux dormantes (Charles et Viry, 2015 ; Mistarz, 2016 ; Latour, 2018 ; Mistarz et Latour, 2019), les habitats tourbeux (Epicoco et Viry, 2015 ; Clément, 2017 ; Garcin, 2018 ; Reich, 2019) et les landes humides (Grivel, 2019).

Au niveau national, les milieux humides tels que les landes, les marais, les forêts humides et les tourbières représentaient 3 % du territoire en 2015 (Eaufrance, 2015). L'urbanisation, le drainage, l'agriculture intensive, les prélèvements de ressources et la pollution sont les principales causes de régression des milieux humides, dont les tourbières font partie (Manneville *et al.*, 2006 ; Ten Brink *et al.*, 2013). En France, environ la moitié des tourbières a disparu depuis 1945 (Bensettiti *et al.*, 2002 ; Manneville *et al.*, 2006). Aujourd'hui, leur surface est actuellement estimée entre 60 000 ha et 100 000 ha sur l'ensemble du territoire métropolitain (Pôle Relais Tourbières, 2020). Elles fournissent pourtant des services écosystémiques essentiels tels que le stockage du carbone, l'épuration des eaux, etc. (De Groot *et al.*, 2007 ; Barbier, 2011 ; UICN, 2012). Leur conservation et/ou restauration sont ainsi importantes pour parvenir aux objectifs de développement durable (UICN, 2017). Depuis 2015, plusieurs études se sont intéressées à la proposition d'indicateurs permettant d'évaluer l'état de conservation des habitats tourbeux à l'échelle du territoire métropolitain (Epicoco et Viry, 2015 ; Lesniak, 2016 ; Clément, 2017 ; Garcin, 2018 ; Reich, 2019 ; etc.). Ces travaux résultent de recherches bibliographiques et de tests sur le terrain visant à produire un cadre méthodologique pour l'évaluation de l'état de conservation des habitats tourbeux d'intérêt communautaire suivants :

- Les tourbières acides à sphaignes
 - o Tourbières hautes actives (UE **7110***) ;
 - o Tourbières hautes dégradées encore susceptibles de régénération naturelle (UE 7120) ;
 - o Tourbières de couverture (UE 7130) ;
 - o Tourbières de transition et tremblantes (UE 7140) ;
 - o Dépressions sur substrats tourbeux du *Rhynchosporion* (UE 7150).
- Les bas-marais calcaires
 - o Marais calcaires à *Cladium mariscus* et espèces du *Caricion davallianae* (UE **7210***) ;
 - o Sources pétrifiantes avec formations de travertins (*Cratoneurion*) (UE **7220***) ;
 - o Tourbières basses alcalines (UE 7230) ;
 - o Formations pionnières alpines du *Caricion bicoloris-atrofuscae* (UE **7240***).

Les résultats des différentes études menées sur les bas-marais calcaires font l'objet du présent rapport. Une première partie vise à exposer les concepts et définitions propres à l'évaluation de l'état de conservation des bas-marais calcaires d'intérêt communautaire à l'échelle des sites Natura 2000. Cette première partie a également pour but de mettre en exergue les perspectives et orientations à donner aux travaux futurs. Dans une seconde partie, sont proposés des guides pratiques d'application de la méthodologie d'évaluation de l'état de conservation pour chaque habitat de bas-marais calcaires d'intérêt communautaire précédemment cité (Figure 1).

L'outil d'évaluation est une aide aux gestionnaires afin de définir les priorités d'intervention et les paramètres sur lesquels agir, de s'assurer de l'efficacité des mesures de gestion mises en œuvre et de définir le « bon état » de conservation. Ce document s'adresse aux gestionnaires de site Natura 2000 et à toute personne désireuse de mener une réflexion sur cette thématique. Une nouvelle phase de test des indicateurs sur le terrain sera conduite en 2020 afin d'aboutir à une version consolidée des méthodes proposées.

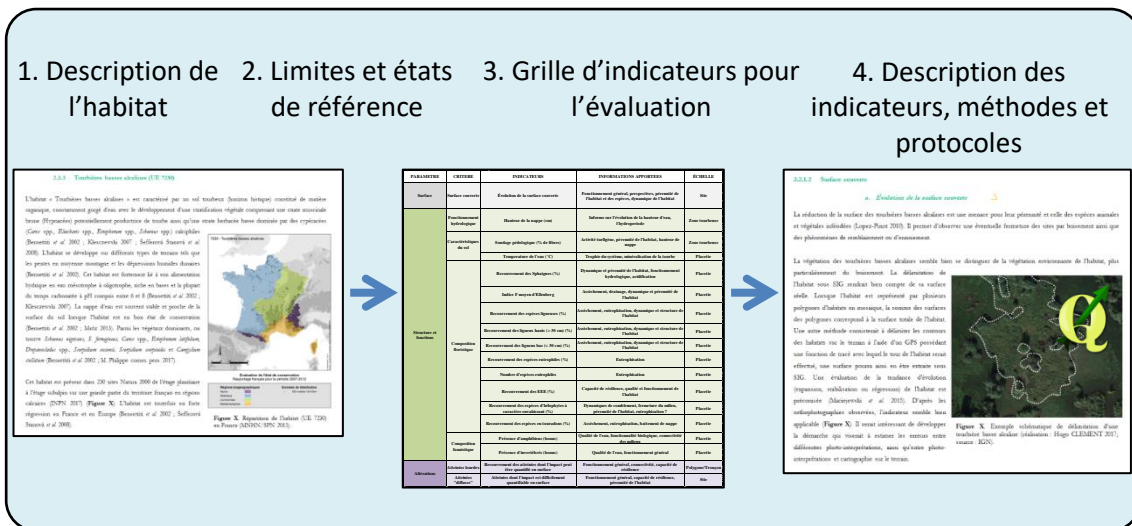


Figure 1. Architecture des guides d'application de la méthode d'évaluation des bas-marais calcaires.

1 Évaluer l'état de conservation, une obligation dans les droits européen et français

1.1 Au niveau européen

À l'échelle européenne, la convention de Berne de 1979 fixe les bases de la conservation de la vie sauvage et des milieux naturels (Conseil de l'Europe, 1979). Suite à cette première convention, la directive « Habitats-Faune-Flore » (DHFF) a été adoptée le 21 mai 1992 (Conseil de la CEE, 1992). Elle vise à préserver les habitats naturels, la faune et la flore sauvages à l'échelle européenne. Elle vient ainsi s'ajouter à la Directive « Oiseaux » (DO) de 1979 (Conseil de la CEE, 1979), dont l'objectif est la conservation des oiseaux sauvages. Un outil européen de conservation des habitats, de la faune et de la flore a été créé suite à cette démarche, le réseau Natura 2000. Celui-ci vise à empêcher la perte de biodiversité, tout en considérant l'homme à part entière dans l'écosystème. Le réseau Natura 2000 est composé de Zones de Protection spéciale (ZPS) au titre de la DO et de Zones spéciales de conservation (ZSC) au titre de la DHFF. En 2017, le réseau couvrait 18,15 % de la surface du territoire de l'Union européenne (UE) et 6 % de la surface marine associée (Peters et von Unger, 2017), soit plus de 28 000 sites. Les ZSC, désignées de façon réglementaire, administrative et/ou contractuelle à partir de sites d'importance communautaire (SIC), sont des zones sur lesquelles s'appliquent des mesures de gestion conservatoires en vue du maintien ou de la restauration dans un état de conservation favorable des habitats et des populations d'espèces (art. 1, DHFF) listés en Annexes I et II de la DHFF (soit 230 habitats, ainsi que 1 200 espèces végétales et animales). En effet, la protection des aires est une politique de conservation classique s'appuyant sur le postulat qu'une aire protégée permet de conserver les habitats et les espèces menacés qui lui sont associés (Bartula *et al.*, 2011). La DHFF s'inscrit dans une démarche de développement durable en protégeant l'environnement tout en prenant en compte les aspects socio-économiques propres à chaque région (art. 2).

L'article 1 de la DHFF définit la notion d' « habitats naturels » comme étant « *des zones terrestres ou aquatiques se distinguant par leurs caractéristiques géographiques, abiotiques et biotiques, qu'elles soient entièrement naturelles ou semi-naturelles* » (Conseil de la CEE, 1992). L'état de conservation des habitats naturels y est également défini comme « *l'effet de l'ensemble des influences agissant sur un habitat naturel ainsi que sur les espèces typiques qu'il abrite, qui peuvent affecter à long terme sa répartition naturelle, sa structure et ses fonctions ainsi que la survie à long terme de ses espèces typiques (...)* ». Au titre de la DHFF, les habitats sont considérés « d'intérêt communautaire », lorsqu'ils :

- « *sont en danger de disparition dans leur aire de répartition naturelle ;*
- *ont une aire de répartition naturelle réduite par suite de leur régression ou en raison de leur aire intrinsèquement restreinte* » ;
- (...) *constituent des exemples remarquables de caractéristiques propres à l'une ou à plusieurs des neuf régions biogéographiques* » (art. 1).

Parmi ces habitats d'intérêt communautaire (HIC), se distinguent des HIC dits prioritaires (dont l'intitulé et le code sont marqués d'un astérisque à l'Annexe I de la DHFF), particulièrement en danger de disparition et pour lesquels la Communauté européenne porte une responsabilité particulière en raison de l'importance de leur aire de répartition sur le territoire de l'UE (art. 1).

L'article 17 de la DHFF stipule que l'évaluation de l'état de conservation des HIC listés en Annexe I et celle de l'ensemble des taxons des Annexes II, IV et V doit être effectuée tous les six ans au niveau biogéographique (une région biogéographique est une vaste zone où les conditions climatiques et écologiques sont relativement homogènes et permettent le développement de certains taxons). Cette évaluation est rendue à la Commission européenne sous forme d'un rapport (rapportage). Les États membres doivent également assurer leur surveillance (art. 11) (Conseil de la CEE, 1992).

1.2 Au niveau national

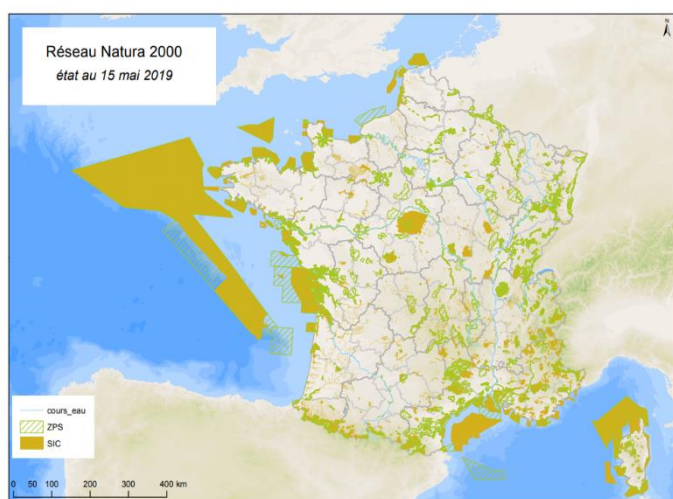


Figure 2. SIC proposés et ZPS désignées par la France au 15 mai 2019.

La France métropolitaine accueille quatre domaines biogéographiques terrestres (alpin, atlantique, continental et méditerranéen) et deux régions biogéographiques marines (atlantique et méditerranéenne). Elle recense 130 habitats listés en Annexe I de la DHFF (soit 51 % des HIC), et 159 espèces d'intérêt communautaire (EIC) listées en Annexe II (soit 17 % des EIC) (MNHN, 2003-2020). En 2017, le réseau Natura 2000 couvrait 12,9 % du territoire métropolitain terrestre et 33 % de la surface marine, soit 1 776 sites (ZPS et ZSC) (Figure 2) (Peters et von Unger, 2017).

L'article R414-11 du Code de l'environnement (Anonyme, 2008) notifie l'évaluation de l'état de conservation des HIC et EIC pour chaque site Natura 2000. Les résultats de l'évaluation doivent notamment être retranscrits dans le DOCOB. En 2017, 97 % des sites étaient dotés d'un DOCOB et 83 % étaient dotés d'un animateur en charge de la coordination des actions de préservation, de gestion et de valorisation au quotidien (Peters et von Unger, 2017). Afin de répondre aux objectifs réglementaires, le MNHN s'est vu confier par le ministère en charge de l'Écologie la mise en place de méthodes standardisées pour évaluer l'état de conservation des HIC à l'échelle des sites Natura 2000, sur l'ensemble du territoire métropolitain. Les données recueillies à l'échelle des sites peuvent également participer à l'évaluation à l'échelle biogéographique (Figure 3). À l'heure actuelle, 26 % des HIC recensés sur le territoire métropolitain sont couverts par une méthode d'évaluation ou ont fait l'objet d'une première approche méthodologique. Le but recherché est la mise en place de méthodes pragmatiques, reproductibles et accessibles à tous les opérateurs. Elles doivent fournir des éléments écologiques pertinents afin d'alimenter les débats concernant la gestion des sites (Maciejewski *et al.*, 2016). Le fait que l'évaluation de l'état de conservation des habitats soit effectuée par différents experts implique la production d'une méthode standardisée si l'on veut diminuer le risque d'interpréter la notion d'état de conservation de différentes manières (Bottin *et al.*, 2005).

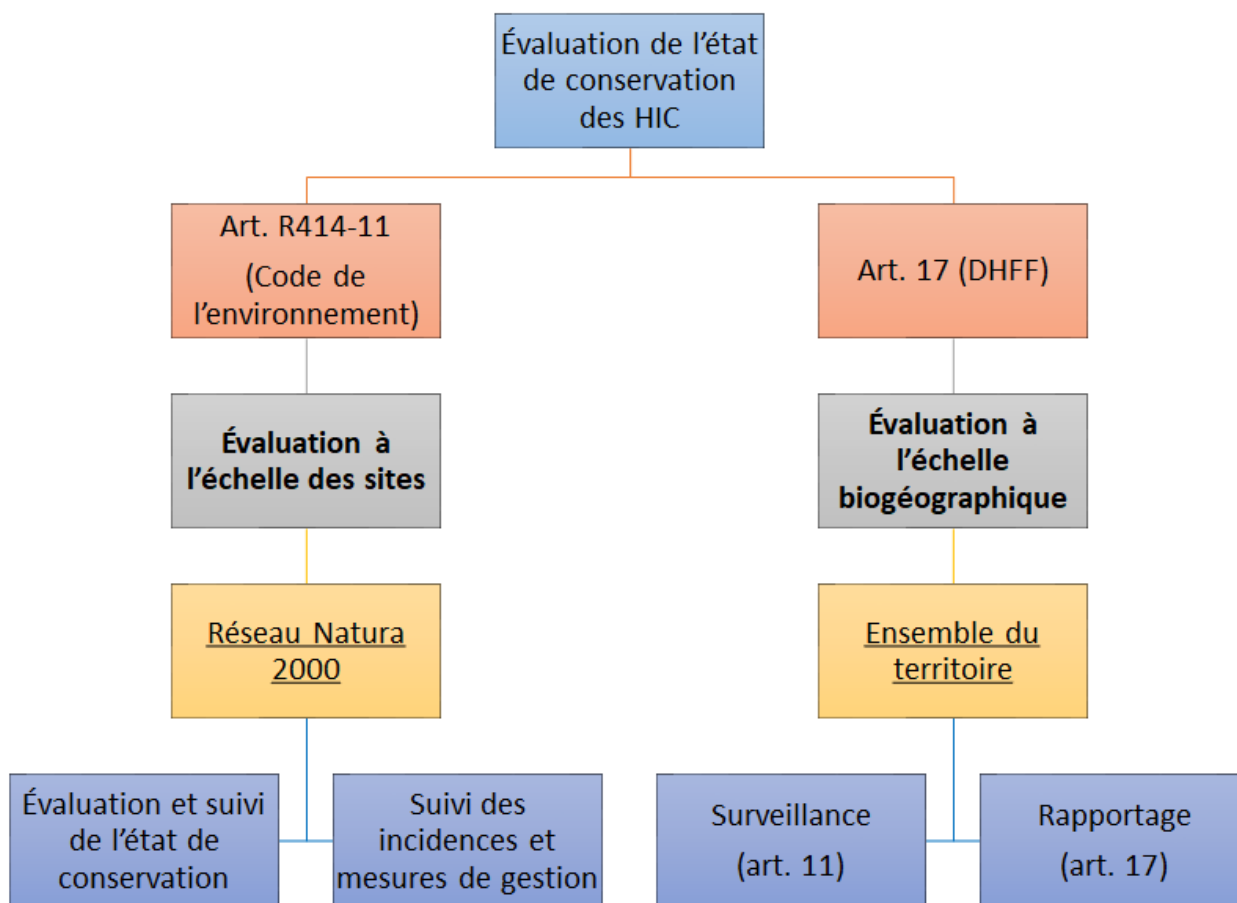


Figure 3. Démarche globale d'évaluation de l'état de conservation des HIC, aux échelles biogéographique et des sites Natura 2000.

2 L'état de conservation d'un habitat, un concept évaluable à l'échelle d'un site Natura 2000

2.1 Choisir les états de conservation favorables d'un habitat à l'échelle de son site Natura 2000...

L'évaluation de l'état de conservation d'un habitat nécessite l'évaluation de ses composantes, mais aussi des interactions entre ses composantes et l'environnement (Maciejewski *et al.*, 2016). L'état de conservation dit « favorable » d'un habitat correspond à un habitat possédant une aire de répartition stable ou croissante, une structure et des fonctions non altérées, ainsi qu'un état de conservation favorable des espèces typiques de l'habitat (Conseil de la CEE, 1992). Cette définition (tout comme celle de l'état de conservation), au titre de la DHFF, reste vague et générale. Si elle ne paraît pas directement applicable à l'échelle du site, elle est pourtant valable à l'échelle biogéographique.

On considèrera que l'état de conservation peut se situer le long d'un gradient allant des états défavorables aux états favorables (Figure 4). En effet, différents états de conservation défavorables peuvent être envisagés s'ils sont issus de pressions différentes par exemple. Plusieurs expressions de l'état de conservation favorable peuvent également être considérées, notamment du point de vue de la composition spécifique. Il s'agit alors de définir une valeur seuil à partir de laquelle l'habitat est considéré comme étant en état favorable. Cette valeur seuil correspond aux états favorables choisis, c'est-à-dire à une des cibles opérationnelles pour le gestionnaire. Ce seuil est un objectif à atteindre à court terme avec les moyens dont il dispose à l'échelle locale.

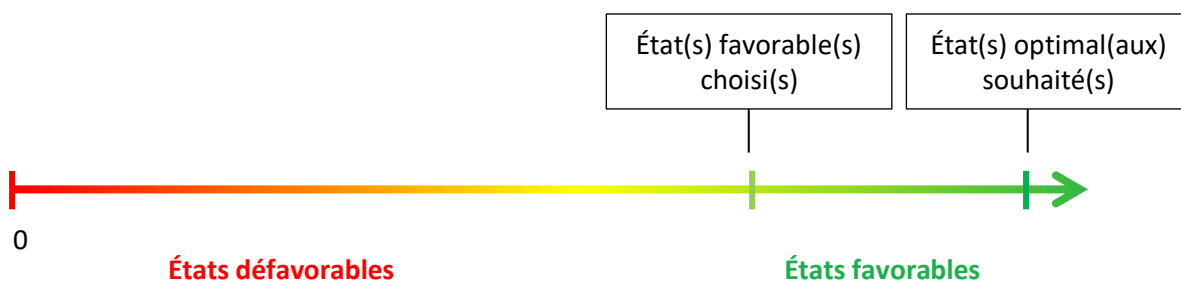


Figure 4. Gradient d'état de conservation (Maciejewski *et al.*, 2016).

La méthode consiste à comparer l'habitat, soit l'entité observée, à un état optimal souhaité pour ce type d'habitat (Figure 4). À l'instar des états favorables, il peut exister plusieurs états optimaux pour un habitat donné, en fonction des différentes configurations de l'habitat rencontrées sur l'ensemble du territoire métropolitain (domaines biogéographiques, types biologiques différents selon les cortèges floristiques, altitude, etc.). Ce sont des états où l'habitat est non perturbé. Ils correspondent aux objectifs à atteindre sur le long terme par le gestionnaire.

2.2 ... et les états de référence

L'atteinte de l'état de conservation favorable implique de mettre en place des valeurs seuils basées sur des faits scientifiques (notamment écologiques) (Louette *et al.*, 2015). Des données historiques, la littérature scientifique, la modélisation et l'expérience de terrain peuvent aider à choisir les états favorables et/ou à statuer sur les différents

états (que l'on appellera « états de référence ») pour chaque habitat. Par exemple, Lumbreras *et al.* (2016) proposent différents descripteurs afin de qualifier l'état de conservation des mares temporaires méditerranéennes (UE 3170*) du sud du Portugal (trois états de référence sont décrits, « bon », « altéré » ou « mauvais »). Par manque de données, une part importante de la définition des différents états est également due aux avis d'expert et à l'expérience de terrain, qui permettent de construire des états de référence sur la base de la connaissance d'un large panel d'habitats rencontrés, en états de conservation jugés « bon-optimal », « bon-correct », « altéré » ou « dégradé ». C'est la démarche utilisée ici afin d'établir des listes non exhaustives de descripteurs visant à aider les gestionnaires à construire les différents états de référence des habitats à l'échelle de leur site Natura 2000 (Tableau 1).

Tableau 1. Descripteurs possibles pour la définition des états de référence correspondant aux cladiaies (UE 7210*) (liste non exhaustive).

Autres habitats	Dégradé	Altéré	États favorables choisis	États optimaux souhaités
<p>Les formations littorales à <i>Cladium mariscus</i> sont à rattacher aux Roselières et cariçaies dunaires (2190-5)</p> <p>Si <i>C. mariscus</i> est moins recouvrant qu'une ou plusieurs espèces caractéristiques des tourbières basses alcalines (<i>Juncus subnodulosus</i>, <i>Carex davalliana</i>, <i>Schoenus nigricans</i>, etc.), l'habitat est à rattacher aux tourbières basses alcalines (faciès à <i>C. mariscus</i>) (UE 7230)</p> <p>Végétations des Franguletea dodonei (le recouvrement de <i>C. mariscus</i>, si présent, est inférieur à 1 %) : fourrés mésotrophiles à oligotrophiles se développant sur substrats humides ou secs</p> <p>Végétations des Alnetea glutinosae (le recouvrement de <i>C. mariscus</i>, si présent, est inférieur à 1 %) : forêts d'aulnes, de bouleaux ou de saules des dépressions marécageuses sur sol engorgé une grande partie de l'année</p>	<p>Le recouvrement de <i>C. mariscus</i> peut être très variable (entre 1 % et 90 %)</p> <p>La présence de ligneux en strate arbustive est systématique (recouvrement entre 5 % et 90 %)</p> <p>Les atteintes de type perturbation mécanique sont possibles</p> <p>La prédominance de taxons exogènes (<i>Solidago</i> spp. notamment) ou de <i>Phragmites australis</i> (hormis lorsqu'il est associé à d'autres espèces de Tourbières basses alcalines) par rapport à <i>C. mariscus</i> est possible</p> <p>La présence d'espèces eutrophiles est possible (forts recouvrements possibles)</p> <p>La présence de ligneux en strate arborée est possible (forts recouvrements possibles)</p>	<p>Le recouvrement de <i>C. mariscus</i> est supérieur ou égale à 33 %, soit 1/3</p> <p>La présence de ligneux en strate arbustive est systématique (recouvrement entre 1 % et 60 %)</p> <p>La présence d'espèces eutrophiles est possible (recouvrement inférieur à 10 %)</p> <p>La prédominance de <i>P. australis</i> (hormis lorsqu'il est associé à d'autres espèces de tourbières basses alcalines) est possible</p> <p>La présence de ligneux en strate arborée est possible (recouvrement inférieur à 33 %, soit 1/3)</p>	<p>Le cortège floristique est dominé par <i>C. mariscus</i> (recouvrement supérieur à 33 %, soit 1/3)</p> <p>Aucune espèce de ligneux n'est présente en strate arborée</p> <p>Aucune atteinte n'est observable</p> <p>La présence de ligneux en strate arbustive est possible (recouvrement inférieur à 20 %)</p> <p>La présence d'espèces eutrophiles est possible (recouvrement inférieur à 5 %, maximum trois espèces)</p>	<p>L'habitat est stable, généralement dû à un bon niveau d'eau</p> <p>Le cortège floristique est dominé par <i>C. mariscus</i> (recouvrement supérieur à 33 %, soit 1/3)</p> <p>Aucune espèce de ligneux n'est présente en strate arborée</p> <p>Aucune atteinte n'est observable</p> <p>La présence de ligneux en strate arbustive est possible (recouvrement inférieur à 20 %)</p> <p>La présence d'espèces eutrophiles est possible (recouvrement inférieur à 5 %, maximum deux espèces)</p>

La notion « bon-optimal » définit les habitats qui maintiennent leurs fonctionnalités et leur équilibre dans le temps (habitats généralement stables). La notion « bon-correct » correspond aux habitats qui fonctionnent et se maintiennent dans le temps malgré une légère altération. Un état « altéré » est associé aux milieux qui subissent une détérioration ayant de lourdes répercussions sur leurs fonctionnalités mais qui, par des mesures de gestion adaptées, peuvent être restaurés à un état « bon-correct ». Enfin, l'état « dégradé » est attribué aux habitats profondément

détériorés qui, même par des mesures de gestion, ne pourraient pas se rétablir à l'un des niveaux supérieurs, ou bien, si les mesures de restauration/gestion envisageables ne semblent pas réalistes à mettre en œuvre pour atteindre ces états (coûts trop élevés).

Il est important de noter que les états de référence sont à fixer par l'opérateur à l'échelle de son site Natura 2000.

3 Principe méthodologique de l'évaluation à l'échelle des sites Natura 2000

3.1 D'une évaluation à l'échelle du polygone...

Il existe un lien entre l'évaluation de l'état de conservation à l'échelle biogéographique et son évaluation à l'échelle du site. C'est pourquoi les grandes lignes de la démarche européenne pour l'évaluation de l'état de conservation imposée par l'article 17 de la DHFF sont ici conservées. Dans le cadre du rapportage, la méthode communautaire prend en compte quatre paramètres pour l'évaluation de l'état de conservation des habitats à l'échelle biogéographique. Ces paramètres sont l'aire de répartition naturelle de l'habitat, la surface couverte, la structure et les fonctions, ainsi que les perspectives futures (Evans et Arvela, 2011). L'évaluation à l'échelle du site impose de manière intrinsèque une adaptation des paramètres précédents, tout en répondant en partie au cadre de la démarche européenne. Ainsi, sont proposés trois paramètres pour l'évaluation de l'état de conservation à l'échelle du site qui sont la surface, les structures et fonctions, et les altérations (Figure 5). Ces paramètres sont repris dans l'ensemble des méthodes précédemment mises en place par le MNHN. Un paramètre est défini comme un ensemble de critères permettant d'évaluer une même composante de l'état de conservation. Ces critères constituent l'ensemble des processus et éléments clés qui vont influencer l'état de conservation d'un habitat (composition floristique, dynamique hydromorphologique, atteintes lourdes, etc.). Parmi les paramètres évalués à l'échelle du site, la surface est une composante spatiale, horizontale. Les structures et fonctions correspondent à l'ensemble des processus intrinsèques et nécessaires au maintien de l'habitat. Les altérations traduisent l'impact des facteurs externes.

Dans un souci de cohérence et d'harmonisation des méthodologies, il est envisagé de conserver l'approche de notation graduelle et dégressive appliquée à l'évaluation de l'état de conservation des habitats forestiers (Carnino, 2009). Ceci permet de mettre en avant les critères jugés bons ou

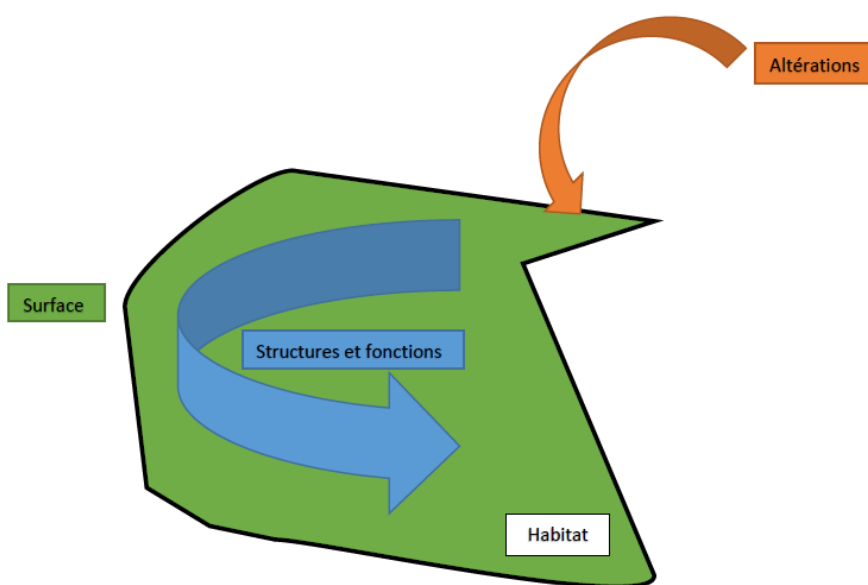


Figure 5. Schéma des trois paramètres pris en compte dans l'évaluation de l'état de conservation de l'habitat à l'échelle des sites Natura 2000.

mauvais, et de les hiérarchiser. L'état de conservation de l'habitat sera alors évalué « bon » ou « mauvais » au regard de certains critères. Les critères sont évalués grâce à des indicateurs. Un indicateur peut être considéré comme un élément observable prenant soit une valeur qualitative, soit une valeur quantitative (par exemple, la présence ou le recouvrement de ligneux). Les indicateurs pris en compte dans l'évaluation de l'état de conservation d'un habitat seront jugés « favorables » ou « défavorables », et hiérarchisés en fonction de l'importance de leur rôle dans la modification de l'état de conservation de l'habitat (Maciejewski *et al.*, 2016). L'ensemble des indicateurs permet ainsi d'indiquer le « bon » ou le « mauvais » état de conservation de l'habitat en question. Cette évaluation permet aux gestionnaires de prioriser les actions de restauration, conservation et/ou gestion grâce à l'identification d'indicateurs importants pour la bonne caractérisation du fonctionnement de l'habitat. Les relevés d'indicateurs peuvent être effectués à plusieurs échelles (placettes, polygones, écosystème, tronçon, site, etc.).

On entend par écosystème, un ensemble d'écosystèmes interdépendants (Blandin et Lamotte, 1985). Cette notion constitue l'échelle d'évaluation préférentielle de certains indicateurs, notamment les indicateurs de composition faunistique basés sur les espèces mobiles, traduisant ainsi les interactions de l'habitat avec son environnement. Le polygone d'habitat, quant à lui, est une entité relativement homogène sur le plan floristique, rattachée à l'habitat. Il est délimité par un changement dans la topographie, ou bien par l'existence de communautés végétales adjacentes, différentes de l'habitat, situées sur le même niveau topographique. L'ensemble du polygone est soumis à une même gestion (ou à l'absence de gestion). Le polygone cartographique peut être considéré comme un polygone sur lequel s'appliquera l'évaluation. La placette, enfin, est une entité représentative du polygone d'habitat. Une placette est représentative lorsque celle-ci regroupe l'ensemble des caractéristiques majeures, observables à l'échelle du polygone (espèces floristiques, conditions stationnelles, etc.). La forme de la placette sera adaptée à la forme du polygone (circulaire, rectangulaire, linéaire, etc.). L'agrandissement de la taille de la placette permettra de contacter le maximum d'espèces occasionnelles. La notion de tronçon étant encore mal définie, elle devra faire l'objet de réflexions en 2020.

Les valeurs des indicateurs obtenues lors de la phase de terrain sont comparées aux valeurs seuils définies suite aux recherches bibliographiques, aux dires d'experts ou aux phases de test des indicateurs sur le terrain (Figure 6). Chaque indicateur obtient une note. Chaque note est additionnée à la note de 100. Ainsi, moins l'habitat est dégradé, plus la note sera élevée. La note finale du polygone est alors placée le long du gradient d'état de conservation. À noter que le seuil de 70 (passage des états altérés aux états favorables choisis) est un seuil arbitraire. Ce dernier doit être fixé par l'opérateur à l'échelle du site Natura 2000 (*cf.* 2).

Des notes positives peuvent être attribuées à certains indicateurs sous forme de bonus. On considère alors que l'indicateur, lorsqu'il est favorable, augmente la note de l'état de conservation de l'habitat. En revanche, l'indicateur, s'il est défavorable, n'est pas pénalisant pour l'état de conservation de l'habitat (aucun point n'est retiré). Cela peut, par exemple, correspondre à des indicateurs liés à la présence d'espèces faunistiques. L'idée est de considérer que l'absence des espèces faunistiques ciblées par la méthode n'indique pas systématiquement un mauvais état de conservation de l'habitat. Puisque ce sont des espèces mobiles, elles peuvent être présentes sans être observées, à l'inverse des espèces floristiques. En revanche, la présence d'espèces faunistiques inféodées à l'habitat indique que

l'habitat assure ses fonctions. Des notes négatives peuvent également être attribuées sous forme de malus. Les malus peuvent correspondre à des processus n'étant pas strictement liés à l'état de conservation des habitats comme, par exemple, l'apparition d'algues filamenteuses qui peut être liée soit à une pollution, soit à de fortes chaleurs.

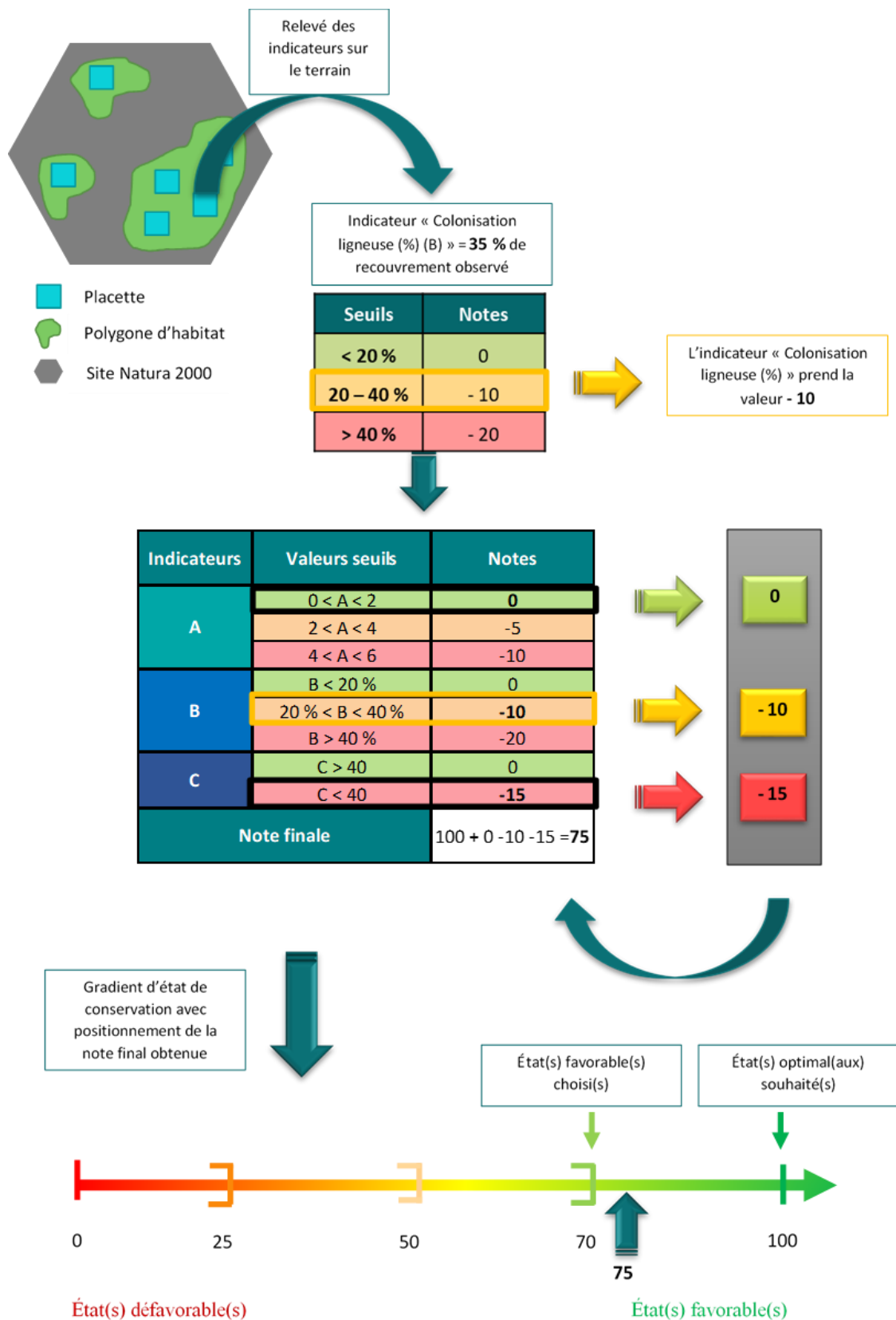


Figure 6. Évaluation de l'état de conservation à l'échelle du polygone d'habitat (d'après Latour, 2018).

3.2 ... à une évaluation à l'échelle du site Natura 2000

Une fois les polygones d'habitat évalués, on dispose d'un certain nombre d'évaluations stationnelles sur l'ensemble du site Natura 2000 (réalisées à l'échelle du polygone et/ou de la placette représentative du polygone). En ajoutant les indicateurs à évaluer à l'échelle du site aux « n » évaluations effectuées au niveau des polygones, on obtient une évaluation globale à l'échelle du site (Figure 7).

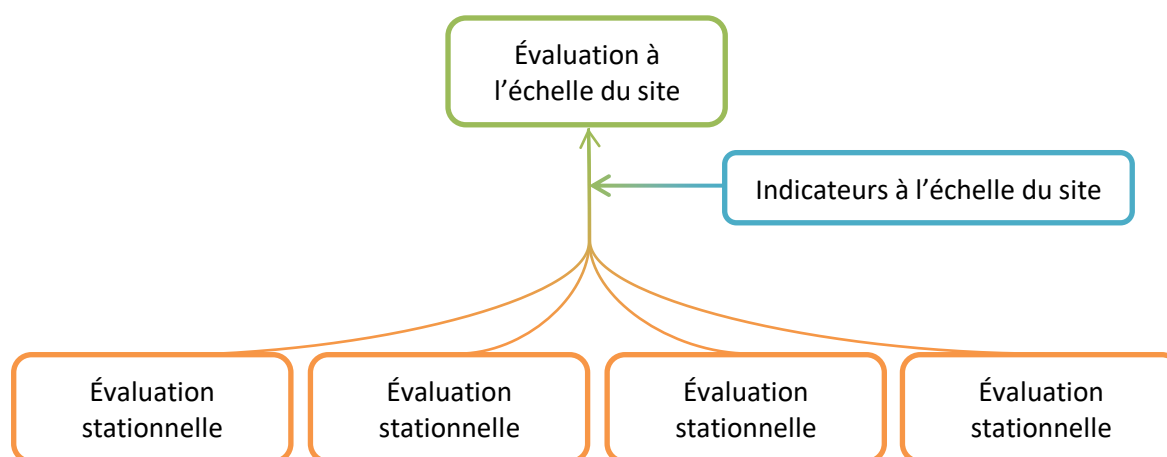


Figure 7. Les évaluations stationnelles (placette ou polygone) et les indicateurs relevés à l'échelle du site permettent l'évaluation de l'état de conservation à l'échelle du site.

Il existe plusieurs méthodes pour passer de « n » évaluations stationnelles à une évaluation à l'échelle du site. Six d'entre elles sont présentées ci-dessous. Chacune possède des avantages et inconvénients. Le choix de la méthode d'évaluation est laissé au gestionnaire selon ses préférences et ses besoins. L'utilisation d'une même méthode à chaque évaluation permet, cependant, d'effectuer un suivi de l'état de conservation de l'habitat à l'échelle du site Natura 2000.

3.2.1 Proportions des placettes en différents états de conservation

Cette méthode, proposée par Lepareur *et al.* (2013), vise à calculer la proportion de placettes dont l'état de conservation est favorable ou défavorable. Chaque placette ou polygone obtient une note d'état de conservation, basée sur l'ensemble des notes des indicateurs obtenues, à l'échelle de la placette ou du polygone. Ces notes sont réparties sur le gradient d'état de conservation (Figure 8).

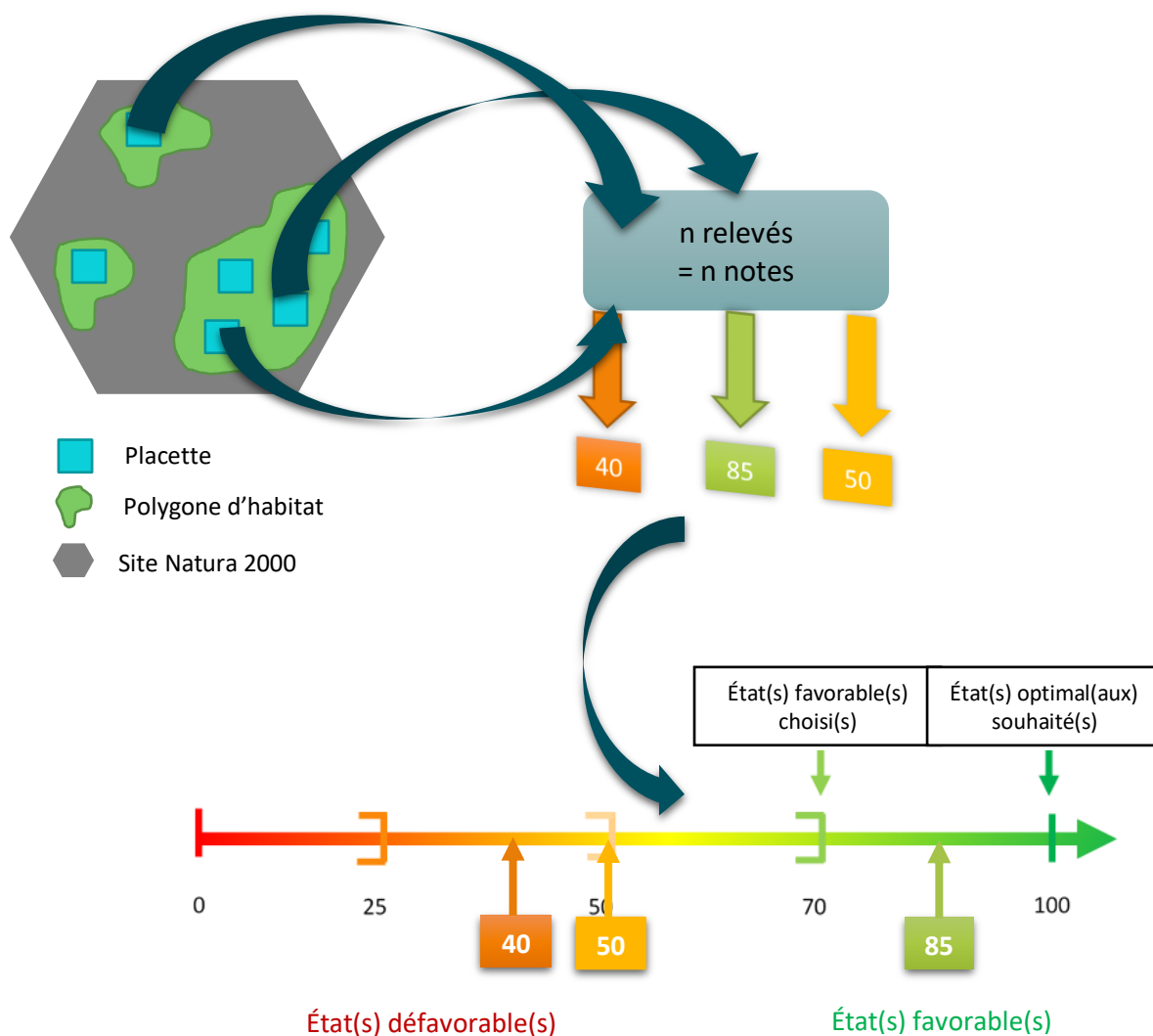


Figure 8. Les notes des polygones sont réparties le long du gradient d'état de conservation (d'après Mistarz et Latour, 2019).

Afin de transposer ces données à l'échelle du site, il suffit d'additionner la note obtenue en fonction de l'état général des placettes (pourcentage de placettes en état favorable/défavorable) aux notes des indicateurs relevés à l'échelle du site (surface couverte et atteintes diffuses). Cette somme est ajoutée à la note de 100. La note obtenue correspond alors à l'état de conservation de l'habitat évalué à l'échelle du site Natura 2000 (Figure 9).

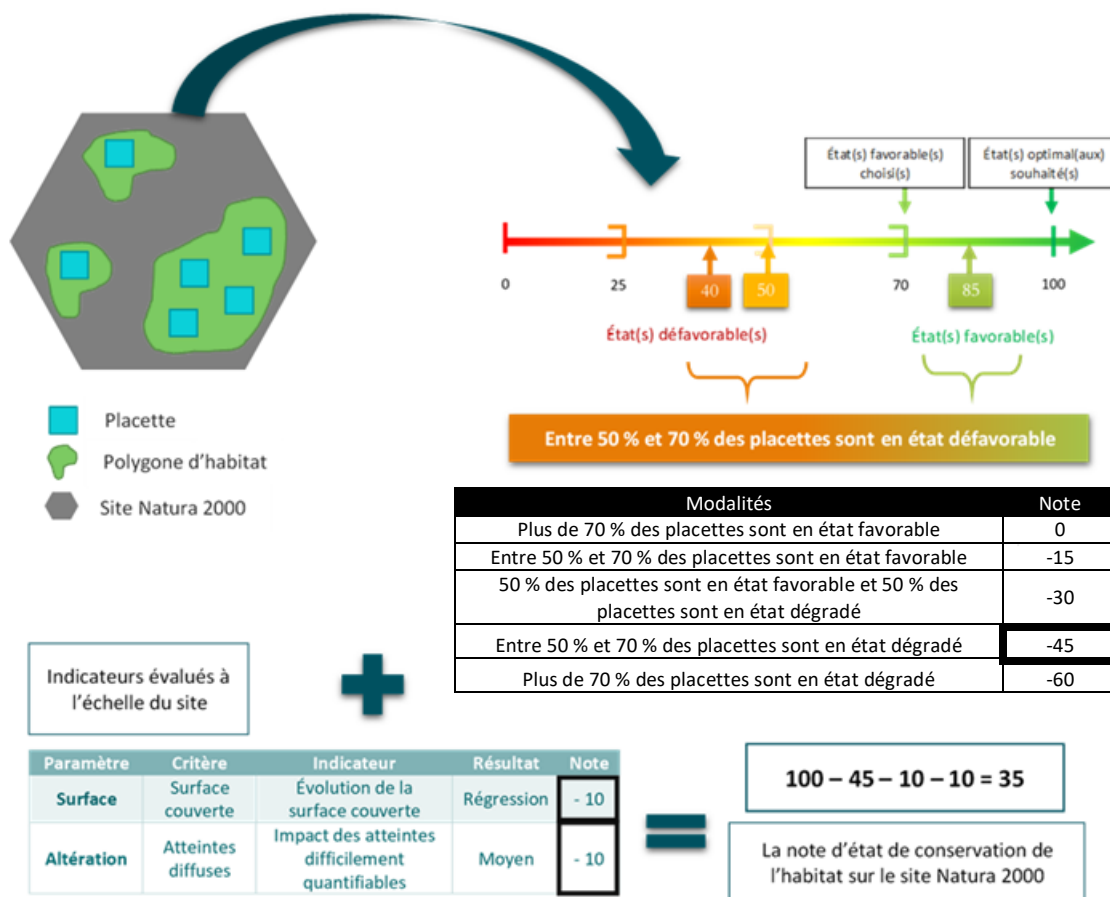


Figure 9. Les notes des indicateurs relevés à l'échelle du site sont ajoutées à la note correspondant à l'état général des placettes pour la note globale à l'échelle du site (d'après Mistarz et Latour, 2019).

3.2.2 Moyenne des notes de l'ensemble des placettes

Cette méthode consiste à calculer la moyenne arithmétique de l'ensemble des notes obtenues sur chaque placette échantillonnée,

$$\frac{\sum \text{notes par placettes}}{n} = \text{moyenne des notes sur les } n \text{ placettes}$$

puis, d'y ajouter les notes relatives aux indicateurs relevés à l'échelle du site. La note globale est alors positionnée le long du gradient d'état de conservation. Cette méthode permet d'observer l'évolution dans le temps de l'état de conservation à l'échelle du site (Maciejewski *et al.*, 2015). En revanche, elle ne permet pas de mettre en évidence les disparités au sein du site.

En plus de l'évaluation globale à l'échelle du site Natura 2000, d'autres types de rendus peuvent être envisagés.

3.2.3 Distribution des placettes sur le gradient d'état de conservation

Cette méthode vise à répartir les placettes sur le gradient d'état de conservation (Figure 10). Elle permet de visualiser l'hétérogénéité de l'état de conservation à l'échelle du site, mais ne permet pas les comparaisons interannuelles (Maciejewski *et al.*, 2015).

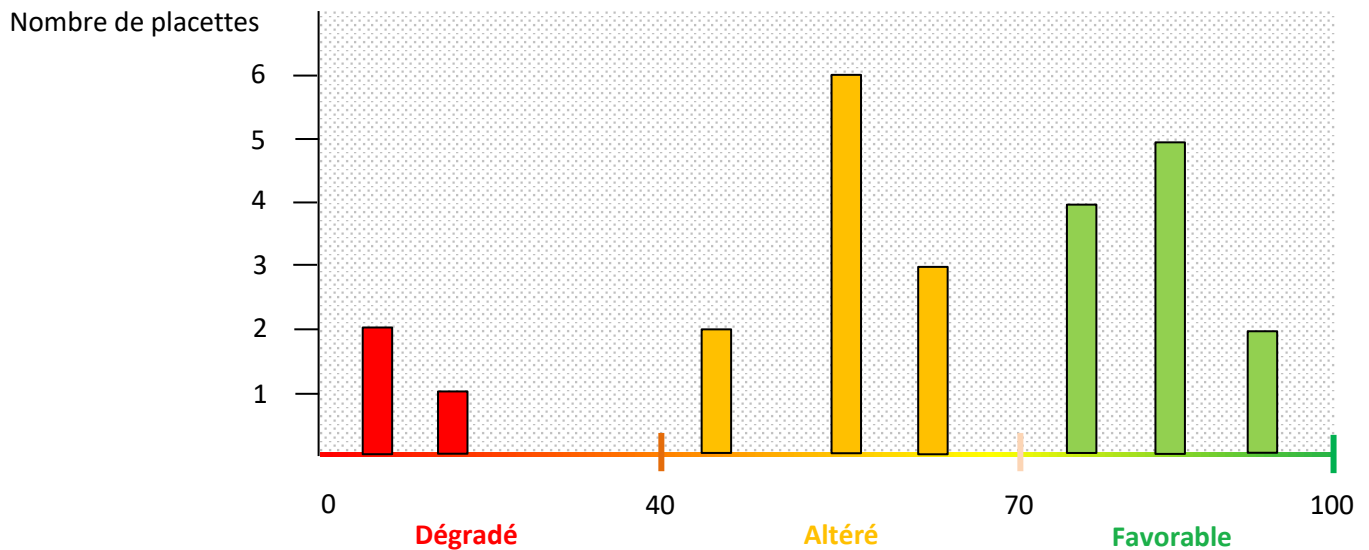


Figure 10. Répartition des placettes le long du gradient d'état de conservation.

3.2.4 Diagramme en étoile

Cette méthode consiste à créer un diagramme en étoile (aussi appelé radar), sous Excel® (par exemple) pour chaque polygone d'habitat échantillonné. Cette représentation graphique permet de visualiser l'état des différents indicateurs à l'échelle de la placette (1, « bon » ; 2, « altéré » ; 3, « dégradé ») et ainsi de dégager le ou les points sur lesquels agir par polygone (Figure 11). L'inconvénient de ce type de rendu est qu'il ne prend pas en compte le poids des indicateurs les uns par rapport aux autres.

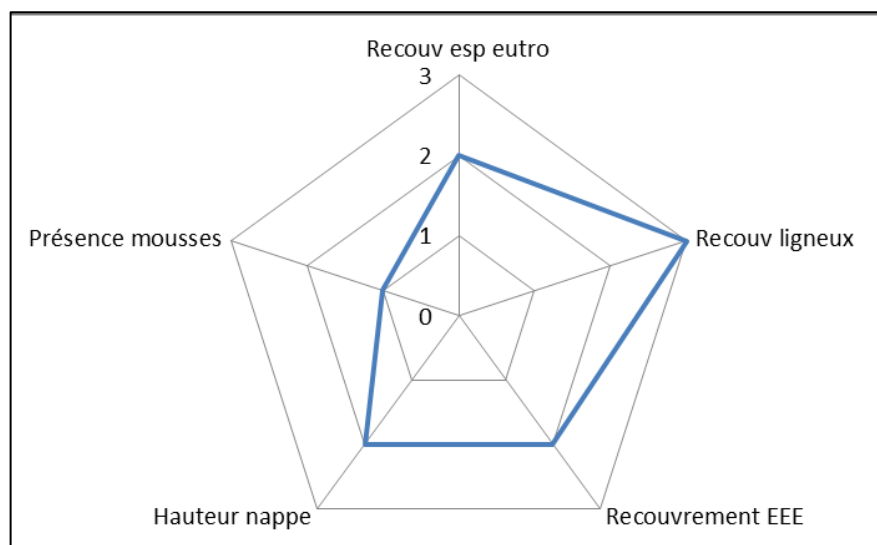


Figure 11. Exemple de diagramme en étoile.

3.2.5 Répartition des placettes par indicateur

Il s'agit de visualiser le nombre de placettes par modalité de chaque indicateur (Figure 12). L'avantage de la méthode est de pouvoir cibler les indicateurs les plus alarmants à l'échelle du site. L'inconvénient est que l'on ne peut pas distinguer chaque placette.

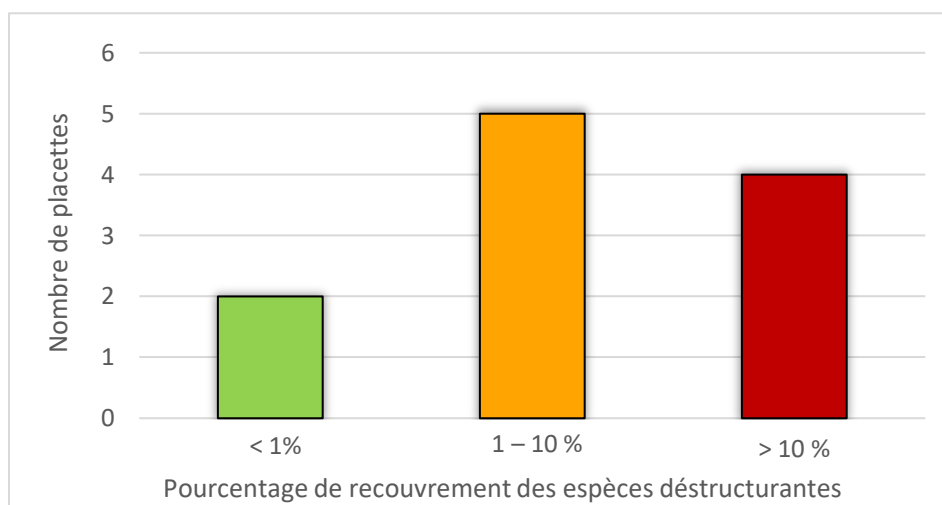


Figure 12. Nombre de placettes échantillonnées au sein d'un site Natura 2000 selon les résultats de l'indicateur « Recouvrement des espèces destructurantes ».

3.2.6 Cartographie des placettes

Cette dernière méthode consiste à attribuer un code couleur à chaque polygone cartographique selon son état de conservation « dégradé », « altéré » ou « favorable » (Figure 13). Elle permet de localiser précisément les polygones sur lesquels une action est requise, mais ne permet pas de définir le type d'intervention nécessaire.

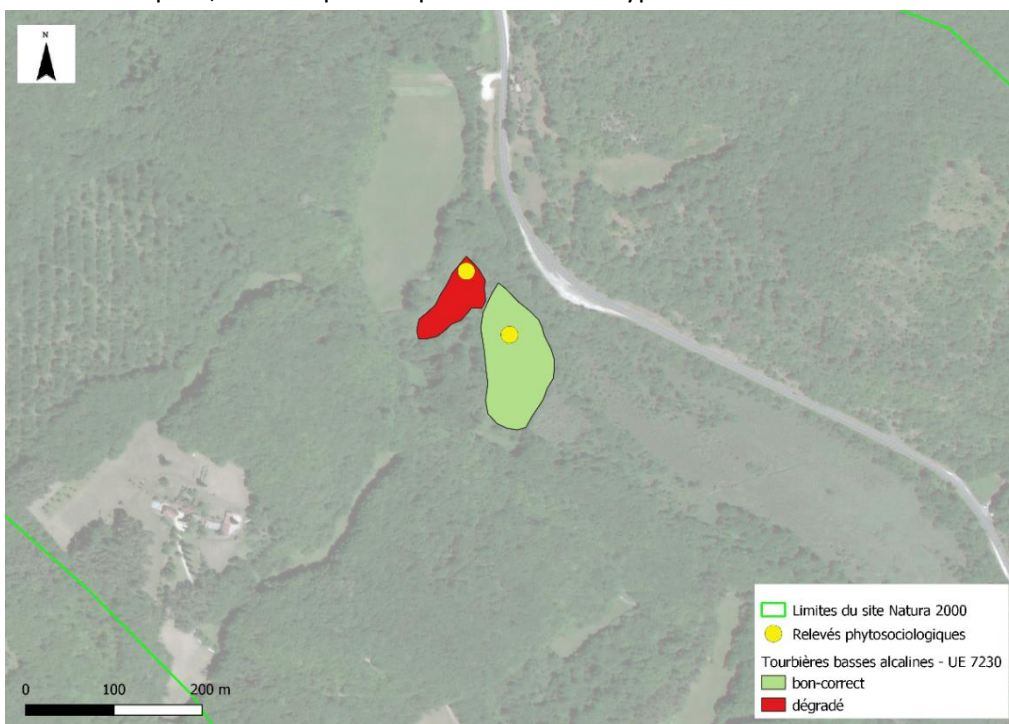


Figure 13. Exemple de cartographie des états de conservation des placettes de tourbières basses alcalines sur un secteur du site « Vallée des Beunes » (FR7200666) (source : Microsoft Corporation).

3.3 Trouver le bon compromis entre coûts et efficacité

L'état de conservation est la résultante de la gestion, mais aussi de l'historique et de la dynamique de l'habitat à l'échelle du site, des impacts à plus large échelle, etc. Évaluer l'état de conservation d'un habitat est la première étape à réaliser en vue d'actions de gestion, de restauration ou du maintien de l'habitat dans un état de conservation favorable (Figure 14).

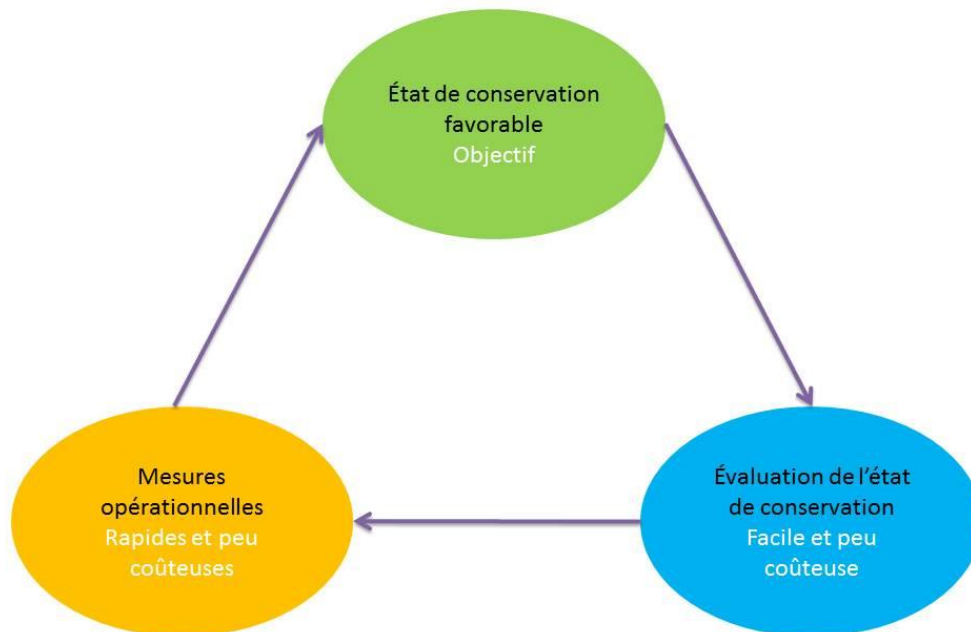


Figure 14. Processus cyclique mettant en avant la démarche scientifique (en noir) et les ambitions opérationnelles (en blanc) dans la mise en œuvre de la DHFF. La synergie entre les deux domaines doit conduire à l'élaboration d'un outil opérationnel, adapté à chaque habitat et évolutif afin de répondre au mieux aux objectifs.

De manière générale, l'évaluation vise à améliorer les plans de gestion des aires protégées (Bartula *et al.*, 2011). Elle permet d'adapter les efforts à fournir. Les discussions entre gestionnaires, opérateurs, experts et chercheurs doivent contribuer à la mise en place de méthodes répondant aux attentes des opérateurs de site, comme, par exemple, des méthodes peu coûteuses en temps et compétences. Puisque le contrôle de toutes les variables écologiques pouvant influencer l'état de conservation de l'habitat dans toutes ses configurations est impossible pour des raisons financières, des choix doivent être faits (Louette *et al.*, 2015). Au lieu d'effectuer des analyses coûteuses des caractéristiques environnementales, des alternatives telles que l'évaluation d'espèces indicatrices et des proxy biologiques peuvent apporter des informations similaires. L'évaluation de l'état de conservation de l'habitat, telle que présentée ici, est une évaluation à un instant t. Les méthodes proposées se veulent à l'interface entre avis d'expert et suivi, entre évaluation qualitative et quantitative.

Préalablement à l'évaluation de l'état de conservation, il est nécessaire de se poser plusieurs questions qui permettront d'adapter l'échantillonnage en fonctions des moyens alloués :

- Existe-t-il une cartographie des habitats sur le site Natura 2000 ? Si oui, est-elle ancienne ou récente ? Quelle typologie est utilisée ? L'idéal étant ici de disposer d'une cartographie relativement récente des HIC à l'échelle du site Natura 2000 en typologie EUR 28 (Commission européenne, 2013) ;

- Existe-t-il des données disponibles et valorisables ? Ces dernières pourront intégrer l'évaluation. Par exemple, des relevés phytosociologiques effectués dans le cadre d'une cartographie des habitats récente pourront permettre de calculer un certain nombre d'indicateurs ;

- De quels moyens dispose-t-on pour effectuer l'évaluation (matériel, temps, compétences) ?

À partir de ces questionnements, on pourra réfléchir à la stratégie d'échantillonnage à adopter à l'échelle du site Natura 2000. Selon les habitats, leur configuration à l'échelle des sites et les coûts alloués à l'évaluation, différentes stratégies d'échantillonnage peuvent être réalisées (Figure 15). De manière générale, la mise en place d'une stratégie pertinente implique d'effectuer un compromis entre qualité de l'évaluation et ressources disponibles. Cela suppose que l'évaluation de l'état de conservation des polygones échantillonnés témoigne de la situation globale à l'échelle du site. Les indicateurs qui en découlent sont par conséquent des miroirs de la situation et des variations de l'habitat. L'échantillonnage ne peut pas toujours être réalisé sur l'ensemble de la surface couverte par l'habitat. Il s'agit donc de trouver le bon compromis entre les coûts alloués à l'évaluation de l'état de conservation (humain et matériel) et la précision de l'évaluation.

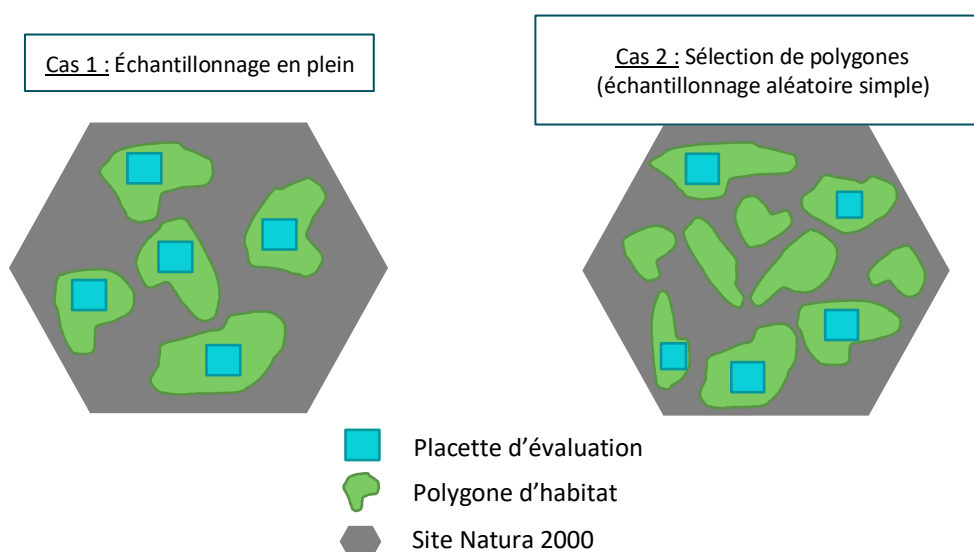


Figure 15. Stratégies d'échantillonnage possibles pour évaluer l'état de conservation des bas-marais calcaires à l'échelle du site Natura 2000.

Lorsque le nombre de polygones d'habitat est restreint, il est possible d'appliquer la méthode sur chacun d'eux en sélectionnant une placette par polygone (échantillonnage en plein). Comme stipulé auparavant, les relevés fragmentés sont également possibles (équivalents à une placette). Lorsque le nombre de polygone d'habitats est important, il est possible de sélectionner aléatoirement les polygones à échantillonner. Il sera néanmoins demandé de veiller à la représentativité de l'échantillon à l'échelle du site. De manière générale, plus il y aura de placettes échantillonnées, plus l'échantillonnage sera représentatif de l'état de conservation de l'habitat sur le site Natura 2000 et meilleure sera la qualité de la représentation de l'état de conservation global de l'habitat.

4 Les bas-marais calcaires, habitats d'intérêt communautaire

4.1 Typologie et réflexions sur la notion d'habitat

Le travail de réflexion sur la méthodologie d'évaluation de l'état de conservation des bas-marais calcaires d'intérêt communautaire requiert une définition précise des objets évalués. Ces objets sont des habitats listés en Annexe I de la DHFF (Conseil de la CEE, 1992) et décrits dans l'« *Interpretation manual of European habitats* » (Commission européenne, 2013). On les appelle des habitats génériques. En France, ces habitats génériques ont été déclinés en habitats élémentaires dans les *Cahiers d'habitats humides* (Bensettiti *et al.*, 2002). Ces habitats élémentaires traduisent la diversité écologique de l'habitat générique et les modes de gestion qui s'y appliquent. Cette démarche vise à préciser la classification liée aux variations des habitats à l'échelle du territoire métropolitain et permet ainsi une adaptation des modes de gestion conservatoire. Bien que définie dans la DHFF, la notion d'habitat reste difficile à appréhender sur le terrain de par sa dynamique à la fois spatiale et temporelle. La définition peut aussi parfois conduire à certaines imprécisions au niveau local du fait d'une vision à la fois nord-européenne et centrale-européenne (Angiolini *et al.*, 2016). Dans la littérature, l'habitat se compose essentiellement d'un compartiment stationnel (climat, physico-chimie, géologie, etc.), non-dissociable d'une communauté d'organismes (faune, flore, fonge, etc.).

Rameau *et al.* (2000) font le lien entre « végétation » et « habitat » en précisant que « *la végétation par son caractère intégrateur permet de déterminer l'habitat, en lien avec les unités de végétation du système phytosociologique* ». Ainsi, la végétation permet de définir un habitat puisque dépendante des conditions stationnelles. Cette définition permet également de reconnaître le rôle de la phytosociologie dans la caractérisation des habitats terrestres (Maciejewski *et al.*, 2016). La phytosociologie est la science des groupements végétaux, c'est-à-dire des syntaxons (Meddour, 2011). Ces syntaxons sont des unités de classification hiérarchiques emboîtées où l'association végétale est la plus petite unité élémentaire. Le postulat de base de la phytosociologie repose sur le fait que l'espèce végétale, voire mieux, l'association, est considérée comme le meilleur intégrateur de toutes les composantes écologiques (climat, pédologie, activités humaines, etc.). À des fins conservatoires, il est nécessaire de positionner ces habitats au sein d'une typologie, accompagnée d'une diagnose permettant de les identifier précisément sur le terrain. L'alliance phytosociologique est une unité syntaxonomique très importante pour la conservation parce que les habitats sont identifiés et délimités par les communautés de plantes au titre de la DHFF (Angiolini *et al.*, 2016). Créer une typologie permet de fixer les limites des habitats étudiés, objets d'étude sur lesquels vont s'appliquer les politiques de conservation. Cette simplification nécessite de faire des choix qui ont des conséquences pour l'utilisateur. Ainsi, les habitats de la DHFF correspondent à des unités syntaxonomiques.

Il est reconnu que les communautés basales peuvent être rattachées à des HIC si elles y sont phytosociologiquement rattachées. Selon Beslin *et al.* (2012), une communauté basale est « (...) *une végétation dont la composition ne permet pas son rattachement à un syntaxon élémentaire (association ou sous-association) car elle n'en possède pas la combinaison caractéristique. Elle est alors rattachée à une unité supérieure du synsystème qui sera, selon la spécificité du cortège floristique au niveau de l'alliance, l'ordre voire la classe* ». Ces communautés sont alors

considérées comme de mauvais états de conservation de l'habitat. Si les informations phytosociologiques sont insuffisantes, ces communautés ne peuvent y être rattachées.

4.2 Tourbières et bas-marais calcaires

4.2.1 Définitions



Photo 1. La tourbière de Machais (Vosges).

Une tourbière est un milieu humide particulier (Photo 1) qui peut se développer à condition d'avoir un bilan hydrique positif (les entrées d'eau doivent être supérieures aux pertes par évapotranspiration) (Bensettiti *et al.*, 2002). Elle se caractérise par un engorgement permanent, c'est-à-dire un sol saturé en eau. L'eau y est peu mobile et stagnante, ce qui crée un milieu anoxique, c'est-à-dire sans oxygène. L'absence d'oxygène entraîne une accumulation de matière organique issue des végétaux, car celle-ci ne peut être dégradée (minéralisée)

par les micro-organismes du sol (Manneville *et al.*, 2006). La matière organique accumulée est appelée tourbe et les végétaux contribuant à son élaboration sont qualifiés de turfigènes.

La tourbe est un matériau sédentaire (les composants de la tourbe ont été produits sur place et ne sont pas transportés) (Epicoco et Viry, 2015), contenant 20 % à 30 % de carbone. Un milieu possédant au moins 30 cm de tourbe peut être considéré comme une tourbière. On parle alors d'histosol. Lorsqu'il y a moins de 30 cm de tourbe, on parle plutôt de milieu paratourbeux. Lorsque les processus d'élaboration de la tourbe ont toujours lieu au sein de la tourbière, on parle de tourbière active. Il existe différents types de tourbe en fonction du pourcentage de fibres, plus ou moins dégradées, des végétaux qui la composent, des parties qui se décomposent et des substances produites (Epicoco et Viry, 2015) (tourbe blonde essentiellement composée de sphaignes, tourbe brune essentiellement composée d'hélophytes, etc.). Lorsque la tourbe contient plus de 40 % de fibres, on parle de tourbe fibrique (cas des tourbes blondes). Une tourbe comprenant entre 10 et 40 % de fibres sera considérée comme mésique. Enfin, si la tourbe contient moins de 10 % de fibres, elle sera considérée comme saprique (cas des tourbes brunes) (Figure 16).

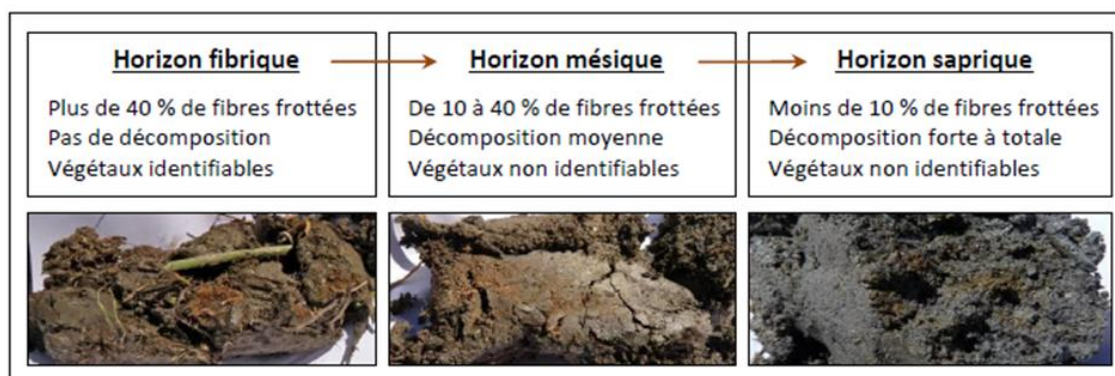


Figure 16. Les différents types de tourbe (Chambaud *et al.*, 2012).

Il existe différentes classifications des tourbières. L'une d'entre elles se base sur leurs conditions de formation et l'alimentation en eau originelle (Figure 17). On distinguera ainsi les tourbières soligènes, topogènes, limnogènes, fluviogènes ou encore ombrogènes. Une tourbière soligène s'est formée grâce aux eaux de sources ou de suintements de pente. Lorsque l'eau provient du ruissellement ou d'une nappe, on parle de tourbière topogène. Une tourbière limnogène s'est formée à partir d'une surface d'eau libre (par exemple, un lac) colonisée progressivement par des végétaux, ce qui conduit à un atterrissement. Lorsque l'eau provient des débordements d'une rivière ou d'un fleuve, on parlera de tourbière fluviogène. Enfin, une tourbière ombrogène, naît lorsque les précipitations constituent le seul apport en eau.

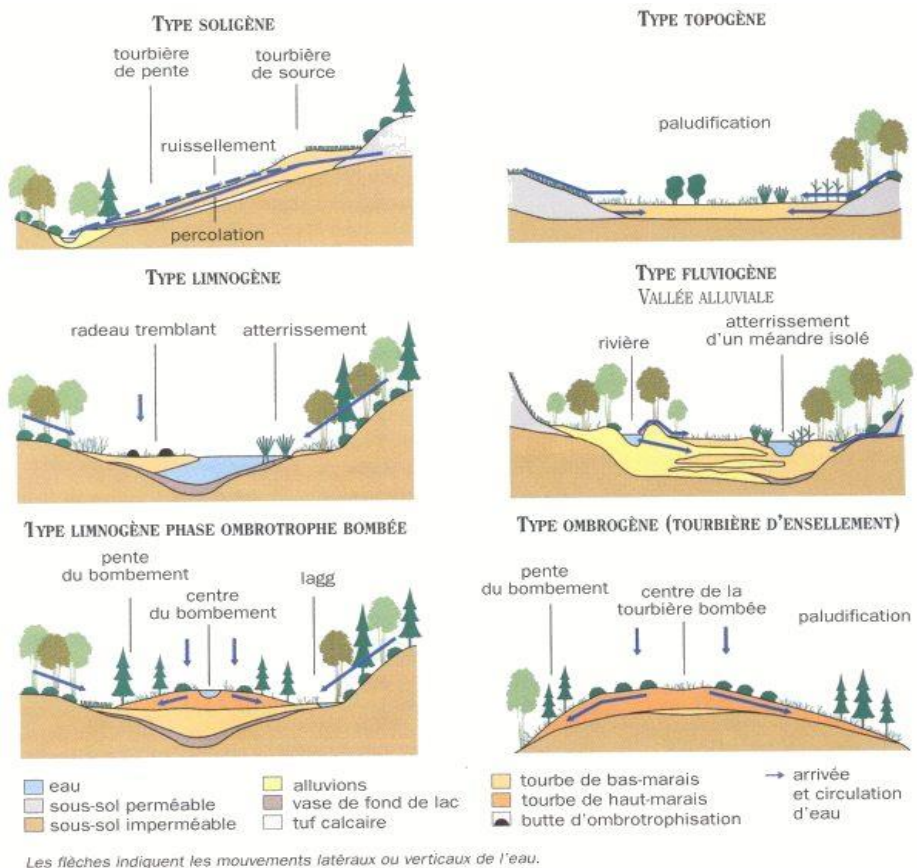


Figure 17. Typologie des tourbières (Manneville et al., 2006).

L'alimentation hydrique actuelle va également aider à définir le type de tourbière. Ainsi, on distingue deux types de tourbières. Si l'alimentation en eau actuelle provient des eaux météoriques (pluie, brouillard, neige), on parle de tourbière ombrotrophe (Figure 18). Ces eaux étant naturellement acides, le pH de la tourbière sera faible, compris entre 3 et 6. Ces tourbières sont appelées tourbières hautes, hauts-marais ou tourbières bombées car elles ne sont pas alimentées par la nappe, donc moins proches de celle-ci. Elles sont oligotrophes et acides.

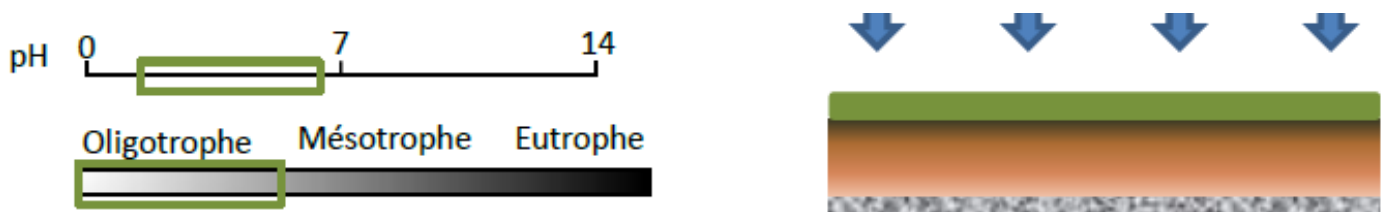


Figure 18. Caractéristiques des hauts-marais (Epicoco et Viry, 2015).

Si l'alimentation en eau provient également du ruissellement et/ou de la nappe, on parle de tourbière minérotrophe (Figure 19). L'eau, en contact avec le substrat, a pu se charger en éléments minéraux. Ces tourbières sont donc naturellement plus riches en nutriments que les hauts-marais. Situées au sein de dépressions ou de pentes

à écoulement lent, on parle de bas-marais, de tourbières basses ou de tourbières plates. Elles sont généralement oligotrophes à mésotrophes (parfois eutrophes), acides à alcalines. Les bas-marais calcaires ont donc un pH généralement supérieur à 7. Il existe également des tourbières mixtes correspondant à des complexes tourbeux avec des parties ombrotrophes et des parties minérotrophes. Ce sont des tourbières de transition (Bensettiti *et al.*, 2002). L'ombrotrophisation est un processus naturel d'évolution dynamique des tourbières minérotrophes, qui, de par l'accumulation progressive de tourbe, se déconnectent progressivement de la nappe et des écoulements latéraux. Elles ne deviennent alors alimentées que par les eaux météoriques.

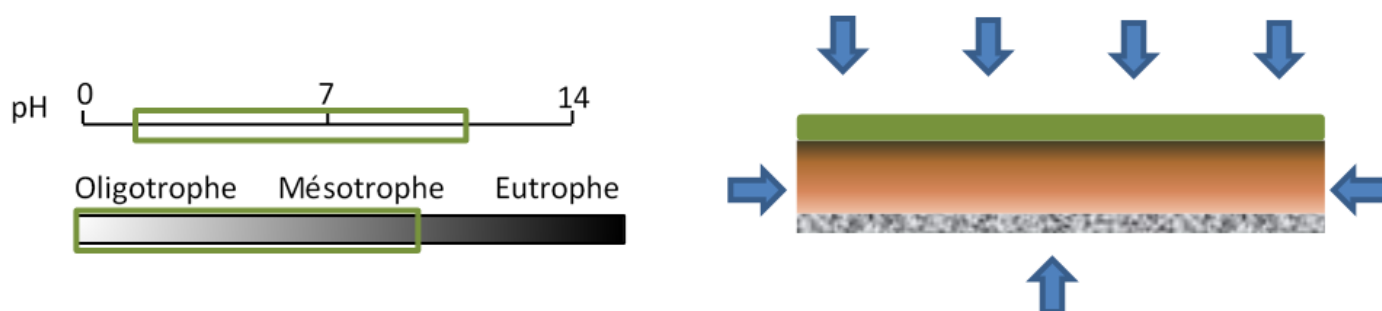


Figure 19. Caractéristiques des bas-marais (modifié d'après Epicoco et Viry, 2015).

Les classifications d'après les conditions de formation et l'alimentation en eau actuelle sont bien distinctes. Par exemple, il existe des tourbières ombrotrophes limnogènes.

4.2.2 L'étude des tourbières, une approche pluridisciplinaire

Pour comprendre le fonctionnement d'une tourbière, il est nécessaire de faire appel à différents champs de compétences. L'hydrologie permet de comprendre l'origine de l'eau et ses flux. Comme il est précisé ci-dessus, l'eau joue un rôle essentiel dans le fonctionnement de ces milieux (genèse, alimentation, turfigénèse, etc.). Des suivis piézométriques peuvent s'avérer pertinents pour suivre les niveaux de nappe au sein du complexe tourbeux. La pédologie (étude du sol), permet de comprendre l'histoire d'une tourbière, de sa genèse à sa dynamique actuelle. La réalisation de sondages pédologiques et l'étude des macrorestes peut renseigner sur les cortèges floristiques anciens, les activités anthropiques, la dynamique d'évolution, les épisodes de pollution, d'assèchement, etc. Cela permet de mieux définir les états « initiaux » de la tourbière afin de pouvoir adapter et proposer une gestion efficace. Rappelons que l'état de conservation est la résultante de la gestion, mais aussi de l'historique et de la dynamique de l'habitat. Ce point est particulièrement vrai dans le cas des habitats tourbeux, car chaque tourbière a un fonctionnement propre (histoire, hydrologie, impact des activités anthropiques, etc.). Enfin, la végétation, notamment, reflète les conditions écologiques actuelles du milieu (pH, trophie, quantité d'eau, etc.).

4.2.3 Services écosystémiques fournis par les tourbières

Les services écosystémiques sont définis comme des bénéfices fournis par les écosystèmes dont profite l'homme. Les tourbières sont des milieux qui fournissent de nombreux services écosystémiques (Figure 20) (De Groot *et al.*, 2007 ; Barbier, 2011 ; UICN, 2012).

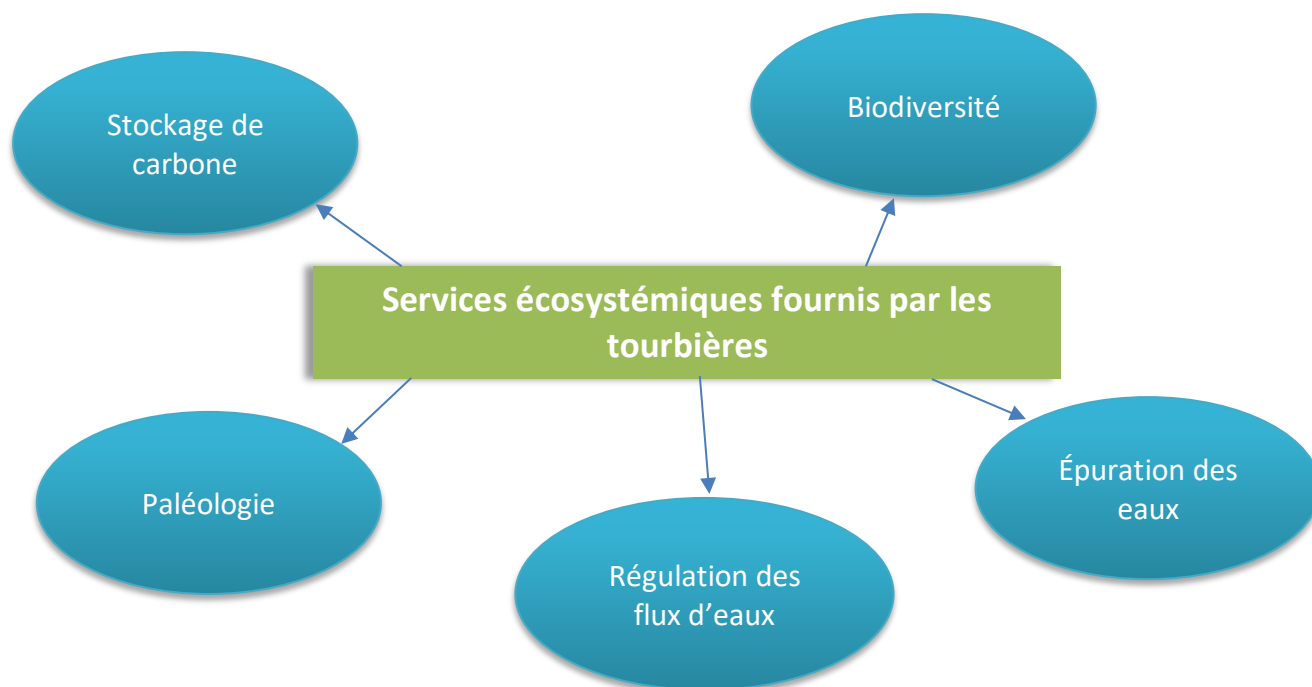


Figure 20. Services écosystémiques fournis par les tourbières.

Grâce à l'eau qu'elles accumulent, les tourbières sont capables de recharger les nappes en période d'étiage. Au contraire, en période de crues ou de fortes précipitations, elles vont retenir l'eau, permettant ainsi d'éviter d'éventuelles inondations. L'eau qui séjourne dans une tourbière peut également être filtrée par les plantes (épuration des métaux, dénitrification). Un autre service écosystémique prépondérant fourni par les tourbières est le stockage de carbone. La matière organique qui s'y accumule retient le carbone sous forme organique (carbone organique CO). Si le fonctionnement hydrologique d'une tourbière est dégradé (drainage, destruction, etc.), la matière organique ne s'accumule plus et va être minéralisée par l'activité des micro-organismes du sol. Il n'y a donc plus de stockage mais relargage de dioxyde de carbone (CO₂). Par conséquent, les tourbières en bon état de conservation aident à la régulation du climat (Bernard, 2016).

Les tourbières, comme tous les milieux humides, sont situées à l'interface entre les écosystèmes terrestres et les écosystèmes aquatiques. Elles abritent donc une biodiversité importante et spécialisée. On y retrouve de nombreuses espèces patrimoniales, tant d'un point de vue floristique que faunistique. Les espèces doivent être adaptées pour survivre dans un milieu gorgé d'eau, mais elles doivent également survivre à des conditions plus sèches (durant la période estivale notamment). Au niveau faunistique, les tourbières abritent de nombreux papillons, odonates et invertébrés en général. Souvent oubliés, les champignons y sont également bien représentés (Cholet et Magnon, 2010 ; Bernard, 2016).

D'un point de vue paléologique, les tourbières sont des milieux de recherche de premier choix. La tourbe, qui s'est accumulée au fil des siècles, renseigne sur les évolutions et les changements de végétations qui ont eu lieu (quand la tourbière n'a pas été dégradée). Cela peut s'étudier notamment grâce aux pollens et autres débris végétaux (Bernard, 2016).

4.2.4 Des milieux façonnés par les activités humaines

Les tourbières sont des milieux qui ont souvent été considérés comme inexploitable, du fait de l'impraticabilité du terrain pour l'agriculture, pour la construction, etc. Néanmoins, elles ont été fortement exploitées pour la tourbe. Ce matériau faisait (et fait toujours, dans certains pays) office de combustible pour chauffer les maisons, surtout dans les régions où l'exploitation sylvicole était difficile (par exemple en montagne). L'extraction de la tourbe a façonné de nombreuses tourbières sur lesquelles le front de taille est encore visible aujourd'hui. Les tourbières pouvaient aussi être utilisées pour le pâturage, à l'époque majoritairement extensif, comme dans des exploitations familiales. L'impact était donc moins important que si le pâturage avait été intensif. Cela a permis de conserver ces milieux ouverts. En revanche, certaines tourbières ont été drainées afin d'être exploitées pour l'agriculture (par exemple, pour la maïsiculture) ou pour la plantation de peupliers. Les drainages ont donc conduit à la minéralisation de la tourbe, et à la dégradation des tourbières (Photo 2).



Photo 2. Sur le site Tourbière et marais de l'Avre (FR2200359), un ancien réseau de fossés est encore bien visible en surface (parties basses plus sombres).

4.2.5 Les bas-marais calcaires d'intérêt communautaire

Parmi les bas-marais calcaires, quatre HIC se distinguent sur le territoire métropolitain (Figure 21) :

- les « Marais calcaires à *Cladium mariscus* et espèces du *Caricion davalliana* » (UE 7210*);
- les « Sources pétrifiantes avec formation de travertins (*Cratoneurion*) » (UE 7220*);
- les « Tourbières basses alcalines » (UE 7230);

- les « Formations pionnières alpines du *Caricion bicoloris-atrofuscae* » (UE 7240*).

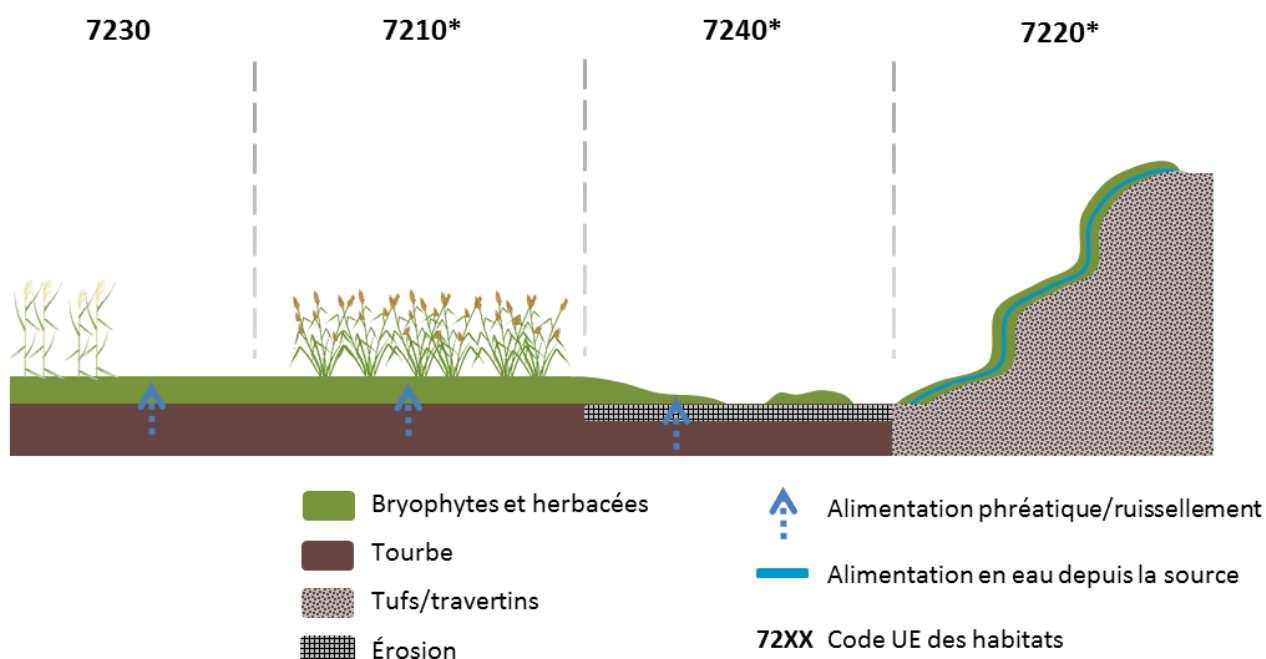


Figure 21. Représentation schématique de la position des quatre habitats de bas-marais calcaires d'intérêt communautaire présents sur le territoire métropolitain.

Chaque habitat fait l'objet d'un guide d'évaluation spécifique.

5 Processus d'élaboration des grilles d'évaluation, concept et application aux bas-marais calcaires

5.1 Phase préparatoire

5.1.1 Choix des critères et indicateurs

La méthode est standardisée au niveau de l'habitat générique basé sur le manuel d'interprétation EUR 28 (Commission européenne, 2013) sur tout le territoire métropolitain. Elle doit s'appuyer sur un certain nombre d'indicateurs qualitatifs et quantitatifs. Un indicateur doit être simple à mesurer et relié au maintien des processus essentiels de l'habitat (Woodley et Kay, 1993). Dans le contexte de l'étude, il doit répondre rapidement à un facteur de dégradation. La récolte des données doit être peu coûteuse en temps et demander peu de compétences. Tous ces facteurs sont primordiaux si l'on veut mettre en place une méthode applicable sur le terrain et facilement reproductible.

Des indicateurs potentiels pour l'évaluation de l'état de conservation des bas-marais calcaires étudiés ont été présélectionnés, dans un premier temps, grâce aux recherches bibliographiques (Tableau 2). Les objectifs de cette veille bibliographique étaient, d'une part, d'établir une première liste non exhaustive d'indicateurs susceptibles d'illustrer les paramètres « Surface », « Structures et fonctions » et « Altérations ». D'autre part, elle devait permettre

de préétablir des seuils pour chaque indicateur présélectionné, c'est-à-dire les valeurs à partir desquelles l'indicateur passe de « favorable » à « non favorable ». Pour ces recherches, différents documents d'étude, des littératures française et européenne, ont pu être analysés afin d'obtenir des pistes de réflexion sur l'état de conservation des habitats tourbeux en France et en Europe (Köhler, 2006 ; Kooijman et Paulissen, 2006 ; Manneville *et al.*, 2006 ; Kleszczewski, 2007 ; ŠeffEROVÁ StanOVÁ *et al.*, 2008 ; Catteau *et al.*, 2009 ; García-Rodeja *et al.*, 2009 ; Cholet et Magnon, 2010 ; Prunier *et al.*, 2010 ; Abdulhak et Sanz, 2012 ; Mróz, 2013 ; Cross, 2014 ; van Diggelen *et al.*, 2015 ; Megre *et al.*, 2017 ; Billod, 2018 ; Jaunatre *et al.*, 2018 ; etc.).

Tableau 2. Pré-grille d'indicateurs issus des recherches bibliographiques sur l'évaluation de l'état de conservation des cladiaies (année 1).

Paramètre	Critère	Indicateur	Échelle	Résultats attendus	Notes
Surface	Surface couverte	Évolution de la surface couverte	Site	Stabilité, progression	0
				Régression	-10
Structures et fonctions	Fonctionnement hydrologique	Niveau minimum de la nappe (cm)	Polygone	< 50	0
				≥ 50	--
	Composition floristique	Recouvrement de Sphaignes ombrotrophiles (%)	Placette	Faible	0
				Moyen	--
				Fort	--
		Colonisation ligneuse (%)	Placette ou polygone	?	0
				?	--
				?	--
		Recouvrement des espèces eutrophiles (%) / Nombre d'espèces eutrophiles	Placette	Nul ou faible	0
				Fort	--
				?	0
				?	--
	Recouvrement des EEE (%)	Placette	?	--	
?			--		
Recouvrement des espèces indicatrices d'une baisse de la nappe (%)	Placette	Faible	0		
		Moyen	--		
		Fort	--		
Composition faunistique	Invertébrés (bonus)	Cladiaie	Présence	+ 10	
Altérations	Atteintes lourdes	Recouvrement des atteintes quantifiables en surface	Polygone	Somme des points = 0	0
				Somme des points = 1	--
				Somme des points = 2	--
				Somme des points = 3	--
				Somme des points ≥ 4	--
				Atteintes diffuses	Impact des atteintes difficilement quantifiables en surface
	Moyen	-10			
				Fort	-20

Les pré-grilles d'indicateurs issues des recherches bibliographiques ont été présentées à des experts et gestionnaires lors d'un premier comité de pilotage (COFIL). Les COFIL permettent d'échanger sur la pertinence et l'utilisation de certains indicateurs dans le cadre de l'évaluation de l'état de conservation des habitats, leurs modalités d'application sur le terrain et les seuils potentiels. Ces échanges ont eu pour but d'aboutir à des modifications des grilles proposées initialement avec l'ajout, la suppression et/ou le remaniement d'indicateurs. Les nouvelles grilles proposées ont servi de base à la mise en place des méthodologies. Elles ont ensuite été testées lors d'une phase de terrain (Figure 22).

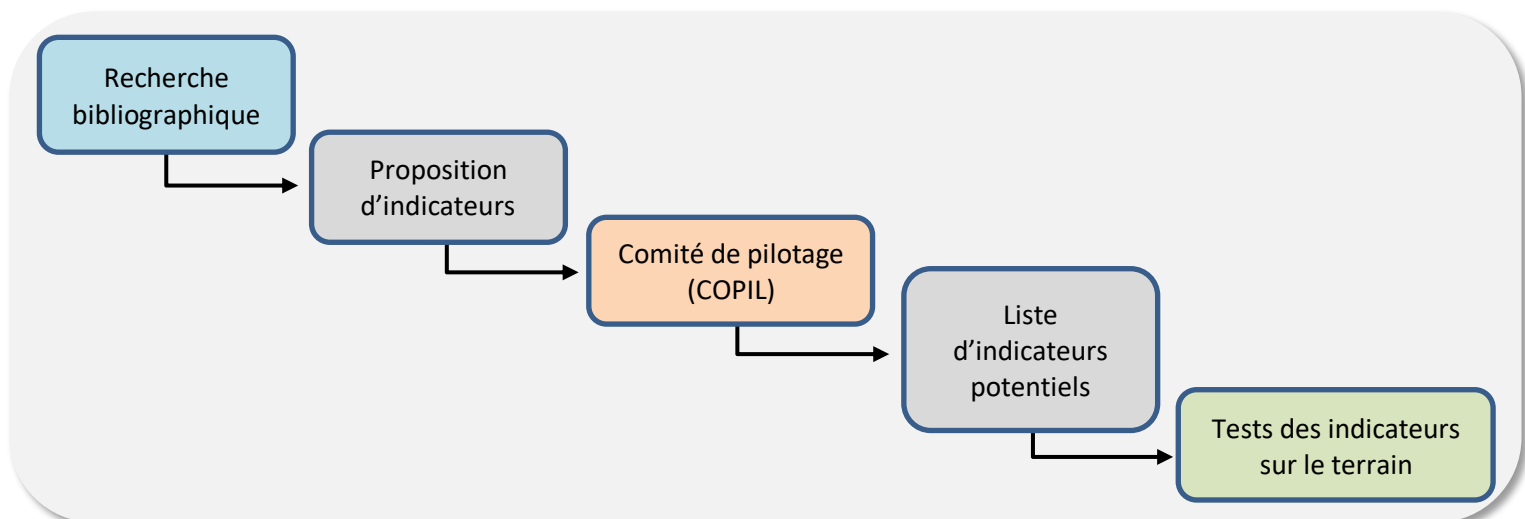


Figure 22. Étapes du processus d'élaboration des grilles d'indicateurs à tester sur le terrain.

Bien souvent, les indicateurs biologiques (faune, flore) sont privilégiés dans les méthodes d'évaluation de l'état de conservation élaborées par l'UMS Patrinat. Ces derniers présentent de nombreux avantages par rapport aux indicateurs conventionnels de mesure de la qualité de l'eau (Menetrey *et al.*, 2005). Ils intègrent les effets des variations des teneurs en nutriments sur de longues périodes, sont économiques et demandent un effort de prospection moindre comparé à la mesure des paramètres physico-chimiques, qui ne fournit qu'une vision de la qualité chimique de l'eau à un instant t. Ceci implique que l'utilisateur ait des notions préalables en botanique (Tableau 3).

Tableau 3. Grilles d'indicateurs sélectionnés en COPIL, à tester sur le terrain sur les tourbières basses alcalines (UE 7230, année 2) et les cladiaies (UE 7210, année 1).

Paramètre	Critère	Indicateur	Échelle	UE 7230		UE 7210*		
				Résultats	Notes	Résultats	Notes	
Surface	Surface couverte	Évolution de la surface couverte	Site	Stabilité, progression	0	Stabilité, progression	0	
				Régression	- 10	Régression	- 10	
Structures et fonctions	Caractéristiques du sol	Sondage pédologique	Placette	Présence de tourbe	+ 10			
	Fonctionnement hydrologique	Niveau minimum de la nappe (cm)	Polygone			< 50	0	
						≥ 50	--	
		Eau en surface (bonus)		Polygone	Présence	+ 10	Présence	+ 10
	Composition floristique	Recouvrement de certaines hypnacées et autres espèces (%) (bonus)		Placette	?	+ 10	?	+ 10
		Recouvrement de sphaignes ombrotrophiles (%)		Placette			Nul ou faible	0
							Moyen	--
							Fort	--
		Colonisation ligneuse (%)		Placette ou polygone	< 5	0	< 5	0
					5-20	--	5-20	--
					> 20	--	> 20	--
		Recouvrement des espèces eutrophiles (%)		Placette			Nul ou faible	0
							Fort	--
		Nombre d'espèces eutrophiles		Placette			Nul ou faible	0
						Fort	--	
	Recouvrement des espèces destructurantes (%)		Placette	0	0	--	0	
				1-10	--	--	--	
> 10				--	--	--		
Recouvrement des espèces indicatrices d'une baisse de la nappe (%)		Placette	< 5	0	< 5	0		
			5-25	--	5-25	--		
			> 25	--	> 25	--		
Composition faunistique	Invertébrés (bonus)		Tourbière/C ladiaie	Présence	+ 10	Présence	+ 10	
Altérations	Atteintes lourdes	Recouvrement des atteintes quantifiables en surface	Polygone	Somme des points = 0	0	Somme des points = 0	0	
				Somme des points = 1	--	Somme des points = 1	--	
				Somme des points ≥ 2	--	Somme des points = 2	--	
						Somme des points = 3	--	
						Somme des points ≥ 4	--	
	Atteintes diffuses	Impact des atteintes difficilement quantifiables en surface		Site	Nul ou négligeable	0	Nul ou négligeable	0
					Moyen	- 10	Moyen	- 10
				Fort	- 20	Fort	- 20	

5.1.2 Choix des sites tests

Afin de tester les indicateurs retenus lors du premier COPIL, des sites tests ont été choisis en amont de la phase terrain. L'objectif du choix de sites était de pouvoir tester la méthode et les indicateurs sur l'ensemble de l'aire de répartition de l'habitat afin de calibrer la méthode à l'échelle du territoire métropolitain (Figure 23). L'intérêt est de pouvoir évaluer l'état de conservation de l'habitat dans différents contextes (géographique, écologique, de gestion, etc.), et d'avoir suffisamment de recul pour proposer une méthode avec les indicateurs les plus pertinents aux échelles nationale et de l'habitat générique. Les sites choisis pour tester la méthode sont des sites Natura 2000 (certains tests ont pu être effectués hors site Natura 2000), disposant d'informations (cartographie, données sur l'habitat à tester, etc.), généralement présentes dans le DOCOB. Étant donné leur connaissance du terrain, les partenaires (Conservatoires botaniques nationaux, chercheurs, Conservatoires d'espaces naturels et autres structures gestionnaires) ont été missionnés afin d'identifier les sites les plus adaptés. Idéalement, un site test devait présenter :

- un ou plusieurs DOCOB (données surfaciques, cartographies, activités et leurs impacts sur l'ensemble du site, etc.) ;
- des polygones d'habitat en différents états de conservation afin de calibrer la méthode sur l'ensemble des états rencontrés ;
- des communautés différentes pour un même habitat (associations, alliances, etc.) afin de pouvoir produire une méthode applicable à l'échelle de l'habitat générique ;
- des polygones d'habitat relativement accessibles afin de maximiser le temps imparti à l'étude.

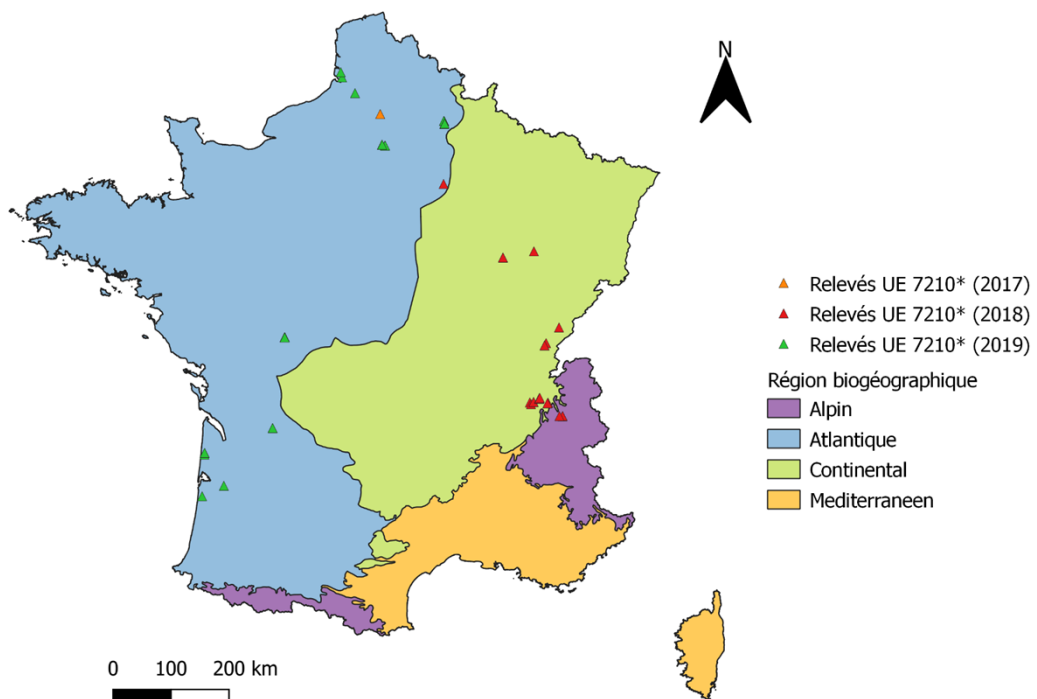


Figure 23. Localisation des campagnes de relevés effectuées entre 2017 et 2019 sur les cladiaies.

5.2 Phase de test des indicateurs sur le terrain

5.2.1 Objectifs

Les objectifs de la phase de terrain étaient de :

- tester les indicateurs retenus lors du COPIL en les confrontant aux dires d'experts sur l'état de conservation des habitats. Il s'agissait ensuite de ne sélectionner que les indicateurs les mieux corrélés à l'avis d'expert ;
- relever les atteintes et les données nécessaires à la mise en évidence des informations apportées par les indicateurs ;
- mettre en évidence les corrélations et les redondances entre indicateurs.

Les Conservatoires botaniques nationaux (CBN), les Conservatoires d'espaces naturels (CEN), les parcs naturels régionaux (PNR), etc. ont été sollicités afin d'apporter leurs connaissances et aides sur le terrain. Ils ont permis d'identifier les placettes représentatives de différents états de conservation des habitats à échantillonner à l'échelle du site Natura 2000 sur leur territoire d'agrément. La présence d'experts sur les sites prospectés a permis de confirmer la présence des habitats et de fournir un maximum d'informations sur leurs états de conservation, les atteintes sur les sites et la dynamique des habitats.

Si les valeurs seuils des indicateurs ont pu être prédéfinies grâce aux résultats de la recherche bibliographique ou à dire d'expert, la phase de terrain a permis de les ajuster. Elle a donc permis de calibrer la méthode en attribuant les valeurs seuils et notes associées aux indicateurs retenus pour intégrer la méthodologie. Pour atteindre ces objectifs, ont été réalisés sur les sites prospectés :

- une délimitation précise de l'habitat, ainsi qu'une géolocalisation des points de relevés ;
- des photographies ;
- des relevés phytosociologiques ;
- des sondages pédologiques ;
- des relevés d'indicateurs autres que ceux relatifs à la composition floristique ;
- l'évaluation de l'état de conservation de l'habitat à dire d'expert ;
- un relevé des atteintes, le cas échéant.

Les experts ont renseigné l'état de conservation de chaque polygone d'habitat comme étant « bon-optimal », « bon-correct », « altéré » ou « dégradé ». Tous les commentaires et descripteurs de l'état de conservation ont été notés. Ces derniers ont permis d'affiner l'état de conservation de chaque polygone prospecté sous la forme « bon-correct + », « bon-correct » ou « bon-correct - », afin d'avoir un large panel d'états de conservation (Figure 24). Ainsi, la mise en évidence des relations entre indicateurs et avis d'expert n'en a été que plus précise. L'avis d'expert a également permis de fournir un ensemble de descripteurs permettant de définir les états de référence de l'habitat à l'échelle d'un site (états optimaux souhaités, favorables choisis, altérés et dégradés).

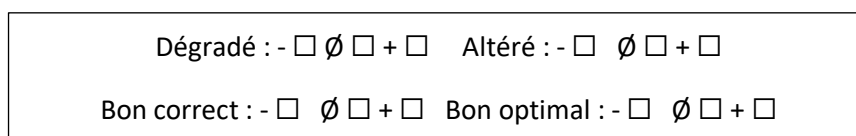


Figure 24. Les états de conservation choisis par l'expert.

5.2.2 Le relevé phytosociologique, un outil efficace car synthétique

Rappelons que la phytosociologie est l'étude des communautés végétales à l'aide d'une diagnose floristique. Elle permet une classification des groupements végétaux, mais aussi une mise en évidence de leur dynamique et de la relation des espèces avec leur environnement. En d'autres termes, cette science correspond à l'explication de l'évolution et de la genèse du monde végétal (Meddour, 2011). Selon Lahondere (1997), l'association végétale résulte des conditions du milieu en un point donné, des facteurs climatiques et édaphiques qui lui sont associés.

Les relevés phytosociologiques correspondent à des relevés « *d'informations variées permettant de décrire la communauté végétale en place et son contexte* », c'est-à-dire des « *informations sur la composition floristique, sur la structure de la végétation, sur l'abondance des différents taxons au sein de la végétation étudiée, sur la physionomie et le périmètre du relevé, etc.* » (Delassus, 2015). Ils permettent d'obtenir un grand nombre d'informations dans un temps limité au sein d'une station homogène, dans une aire donnée. Cette surface donnée doit correspondre à l'aire minimale, autrement dit à la surface à partir de laquelle le nombre d'espèces n'augmente plus pour un effort de prospection constant. De par le choix des indicateurs à tester sur le terrain, les relevés phytosociologiques se sont avérés idéaux en terme informatif. En effet, ils permettent d'obtenir les informations nécessaires à l'analyse de l'ensemble des indicateurs liés à la composition floristique (Meddour, 2011 ; Delassus, 2015). Les relevés sont généralement effectués au sein de placettes de forme variable (circulaire, carrée, linéaire, etc.) ou le long de transects de manière à être représentatifs de la végétation de l'habitat. La forme du relevé est toujours adaptée à la forme du polygone d'habitat dont on veut rendre compte de la composition floristique. La taille du relevé et leur nombre par polygone d'habitat ont été adaptés en fonction de la physionomie des sites prospectés et du temps disponible sur le terrain (Figure 25).

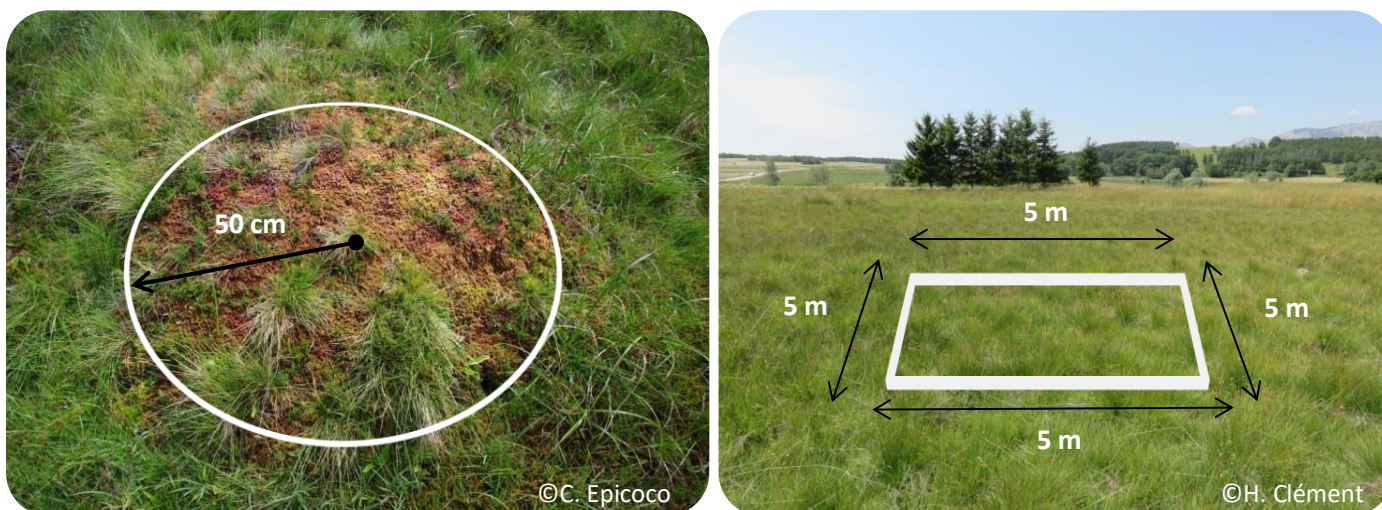


Figure 25. Exemple de placettes inventoriées. À gauche, une butte à sphaignes en tourbière haute active (UE 7110*) ; à droite, une tourbière basse alcaline (UE 7230).

De manière générale, le choix de l'emplacement du relevé phytosociologique est une étape importante si l'on veut rendre compte fidèlement de la composition floristique en un point donné. L'homogénéité floristique de la station est obtenue lorsque la répétition de combinaison d'espèces végétales est observée. L'homogénéité écologique nécessite

l'homogénéité structurale et physiologique de la station. La placette doit également être homogène du point de vue des conditions du milieu telles que l'exposition, la pente, la microtopographie, etc.

Sur chaque placette, le recouvrement de l'ensemble des espèces végétales a été estimé visuellement. Diverses méthodes d'estimation des recouvrements peuvent être utilisées. Ici, un coefficient d'abondance-dominance de Braun-Blanquet (1964) a pu être appliqué à chaque espèce relevée (Tableau 4). Les espèces végétales ont toutes été identifiées sur le terrain ou ultérieurement (photographies et/ou prélèvements d'individus lorsque cela était possible) par les experts et les personnes présentes.

Tableau 4. Coefficients d'abondance-dominance de Braun Blanquet (1964), classes de recouvrement et médianes associées.

Coefficients	Recouvrement des individus dans le relevé	Médiane pour analyse
5	Abondance quelconque. Recouvrement > 75 %	87,5 %
4	Abondance quelconque. Recouvrement entre 50 et 75 %	62,5 %
3	Abondance quelconque. Recouvrement entre 25 et 50 %	37,5 %
2	Individus abondants voir très abondants. Recouvrement entre 5 et 25 %	15 %
1	Individus moyennement abondants. Recouvrement entre 1 et 5 %	2,5 %
+	Individus peu abondants. Recouvrement < 1 %	0,5 %
r	Individus très rares	0,1 %

Chaque espèce considérée de manière isolée apporte de nombreuses informations (Meddour, 2011). Les espèces herbacées possèdent un haut pouvoir de résolution vis-à-vis des conditions écologiques du milieu. Les relevés phytosociologiques ont également permis de tester l'échantillonnage en répondant à différentes questions. Par exemple, est-ce que l'altitude est corrélée à l'état de conservation émis par avis d'expert ? Est-ce que le type de substrat est lié au nombre d'espèces eutrophiles relevées sur cet habitat ? Les relevés ont aussi permis de mettre en évidence les informations apportées par les indicateurs. Par exemple, est-ce que le nombre d'espèces eutrophiles est corrélé à l'indice de trophie N d'Ellenberg à l'échelle de la placette (Ellenberg, 1988) ? Si oui, on peut affirmer que la liste d'espèces utilisée est fiable. L'indice d'humidité édaphique F est corrélé négativement au recouvrement des espèces eutrophiles. Ceci peut s'expliquer par le fait qu'un assèchement peut favoriser la minéralisation du substrat.

En conclusion, l'avantage du relevé phytosociologique est d'être moins coûteux en temps qu'un relevé floristique exhaustif du polygone d'habitat. Il apporte également plus d'informations. Les difficultés principales résident dans le choix de l'emplacement du relevé représentatif du polygone d'habitat, et dans l'estimation des recouvrements.

5.2.3 Sondages pédologiques

Sur tous les habitats de bas-marais calcaires, des sondages pédologiques ont été effectués aux emplacements offrant la meilleure représentativité du type de sol dans chaque polygone d'habitat, l'objectif étant d'avoir un aperçu de l'historique du site et de la dynamique, actuelle ou ancienne (Figure 26). Un sondage pédologique correspond au prélèvement d'une carotte du sol à une ou plusieurs profondeurs afin d'en caractériser la structure et la texture. Le sondage permet de noter la présence d'eau temporaire ou permanente par l'observation d'indices d'hydromorphie, c'est-à-dire des indices de présence d'eau correspondant à des taches de rouille et des taches bleutées dans le sol,

traces d'oxydo-réduction, ainsi que l'accumulation de matière organique par l'observation d'horizons foncés (histiques) (Chambaud *et al.*, 2012). Ces horizons histiques peuvent également être décrits via l'analyse de la matière non décomposée. Quand les experts en avaient la connaissance, les horizons du sol ont été décrits simplement (horizon argileux, horizon tourbeux fibrique, etc.). Sinon, le sol a été identifié ultérieurement après la phase de terrain. Les horizons des habitats ont été identifiés comme étant sapriques (< 10 % de fibres), mésiques (10 à 40 % de fibres) ou fibriques (> 40 % de fibres) selon la quantité de fibres observée (Gobat *et al.*, 1991 ; Chambaud *et al.*, 2012). Les sondages pédologiques ont été réalisés à l'aide d'une tarière pédologique type Edelman, ou bien d'une petite pelle par commodité (communautés alticoles notamment).

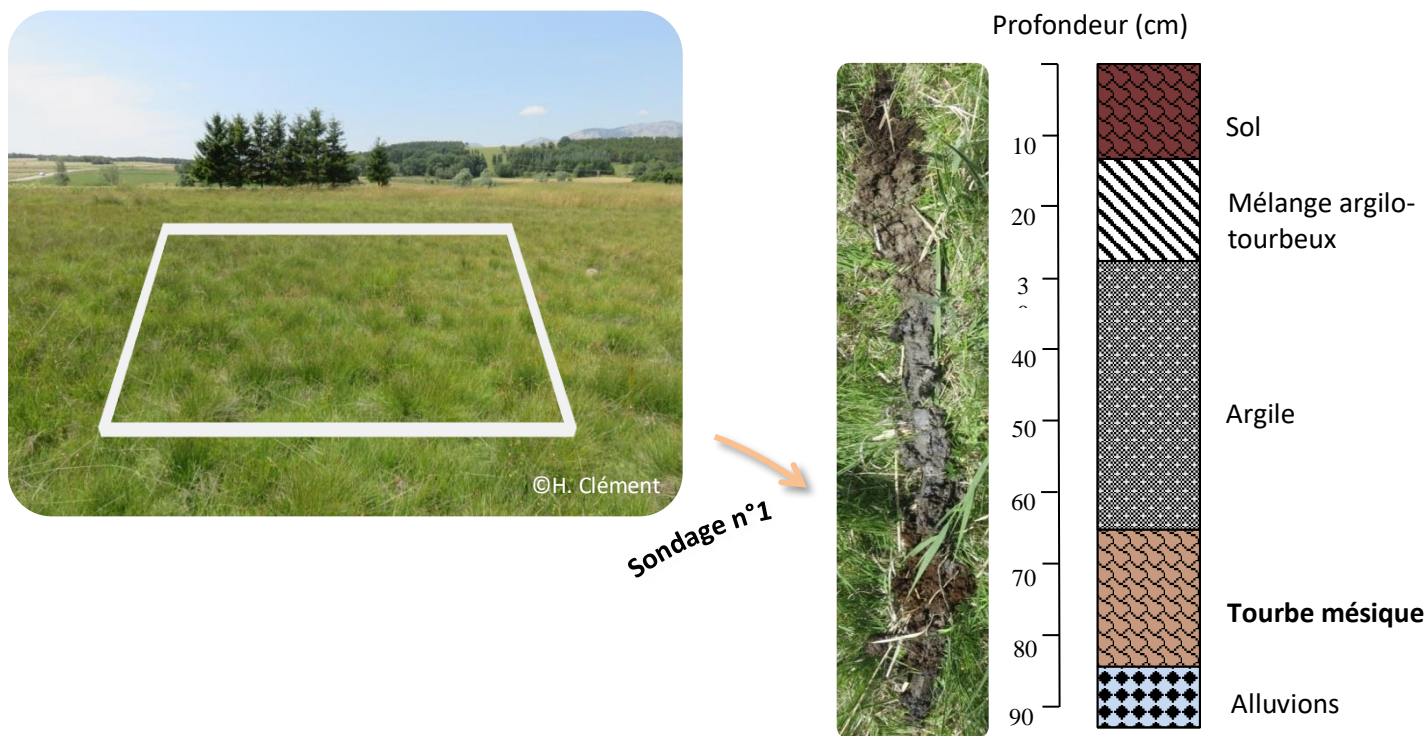


Figure 26. Exemple de sondage pédologique au sein d'une tourbière basse alcaline et analyse de la carotte prélevée.

5.2.4 Biais observateur

La validation des indicateurs passe par l'analyse de leur applicabilité sur le terrain, leur champ d'application et le degré de corrélation avec le type d'informations qu'ils sont supposés apporter (Paillet *et al.*, 2015). Pour ce faire, l'évaluation du biais observateur est une étape essentielle de ce processus surtout si les relevés de terrain sont effectués par des non spécialistes. Un indicateur peut être jugé pertinent lorsque le biais observateur est minimal, autrement dit s'il est facilement reproductible et que l'estimation de sa valeur est certaine. La phase de test des indicateurs sur le terrain a également permis de mettre en exergue les difficultés relatives à l'application de certains indicateurs, tels que ceux basés sur l'estimation d'un recouvrement par exemple.

5.3 Analyses des données et validation

5.3.1 Conversion des données brutes

Une fois la phase de terrain achevée, pour permettre l'exploitation des relevés phytosociologiques, les recouvrements des espèces sous forme de coefficients de Braun-Blanquet (1964) ont été transformés en pourcentages de recouvrement (Tableau 4). L'avis d'expert a été transposé en variable qualitative ordinale (Tableau 5), c'est-à-dire une variable qualifiant un état mais qui contient un ordre, ici lié à la qualité de l'état de conservation de l'habitat (bon-optimal, bon-correct, altéré, dégradé). Les stations échantillonnées ont été ainsi finement hiérarchisées.


Tableau 5. Correspondance entre l'avis d'expert émis sur le terrain et la note servant aux analyses.

Avis d'expert récolté sur le terrain	Note attribuée à l'avis d'expert
Bon optimal plus	12
Bon optimal moyen	11
Bon optimal moins	10
Bon correct plus	9
Bon correct moyen	8
Bon correct moins	7
Altéré plus	6
Altéré moyen	5
Altéré moins	4
Dégradé plus	3
Dégradé moyen	2
Dégradé moins	1

5.3.2 Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été effectuées sous le logiciel R (The R Fondation, 2017), avec un intervalle de confiance à 95 %.

Dans un premier temps, des analyses statistiques exploratoires ont été réalisées afin de rendre compte de la variabilité et de l'amplitude écologique des habitats, ainsi que de faire un bilan de l'échantillonnage (Figure 27).



UE 7210* (2018)	
Dégradé	8
Altéré	7
Bon correct	7
Bon optimal	5
Total	27

UE 7210* (2019)	
Dégradé	11
Altéré	15
Bon correct	14
Bon optimal	11
Total	51

Figure 27. Nombre de relevés effectués en 2018, puis en 2019, sur les cladiaies.

Des Analyses en Composantes Principales (ACP) (Figure 28), des Analyses des Correspondances Multiples (ACM) (Figure 29), des tests de corrélation ou encore des modèles linéaires, ont permis de mettre en évidence les informations apportées par les indicateurs testés sur le terrain. Des tests de corrélations de Spearman ont été effectués entre l'avis d'expert sur l'état de conservation de l'habitat et chaque indicateur de type quantitatif (dont la valeur est numérique) (Figure 30), ainsi qu'entre chaque indicateur de type quantitatif. Pour les indicateurs de type qualitatif, des tests du Chi^2 ont été réalisés. Il a également été possible de tester la corrélation entre l'avis d'expert et différentes combinaisons d'indicateurs via des modèles linéaires, l'objectif final étant de déterminer quelle combinaison d'indicateurs était la mieux corrélée à l'avis d'expert. Ces analyses ont aussi permis de mettre en évidence des valeurs seuils pour les indicateurs qui n'en possédaient pas suite aux recherches bibliographiques et à la phase de terrain. Les résultats obtenus via analyses des données ont fait l'objet d'une validation lors d'un second COPIL. Une fois les indicateurs et les valeurs seuils sélectionnés pour intégrer la grille finale, une note a été obtenue par placette grâce à un calcul automatique. Cette note a été confrontée à la note de l'avis d'expert par régression linéaire (Figure 31). Une boucle a permis d'attribuer des notes associées aux différentes valeurs seuils pour chaque indicateur. Les notes qui correspondaient au meilleur coefficient de détermination R^2 entre la note calculée par placette et la note de l'avis d'expert ont été retenues.

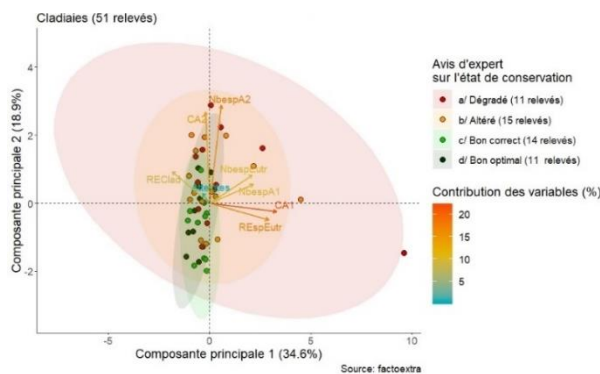


Figure 28. ACP conduite sur les variables quantitatives pour les cladaies (année 2).

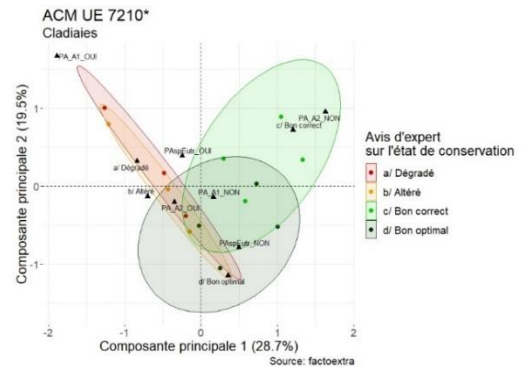


Figure 29. ACM conduite sur les variables qualitatives pour les cladaies (année 2).

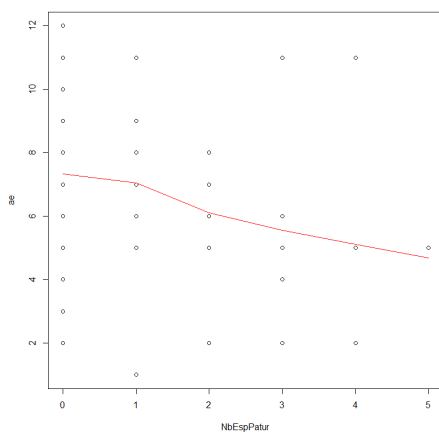


Figure 30. Corrélation négative entre le nombre d'espèces liées au pâturage et l'avis d'expert sur les tourbières basses alcalines (année 3) ($\rho = -0,22$, $p\text{-value} = 0.0350$).

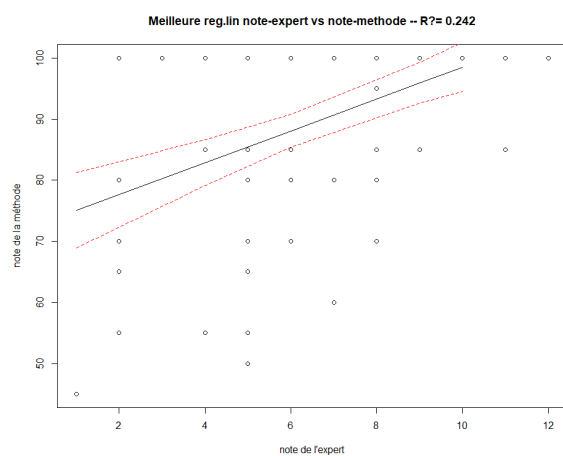


Figure 31. Régression entre la note modélisée et la note de l'avis d'expert sur les tourbières basses alcalines.

Les étapes de l'analyse statistique sont résumées ci-dessous (Figure 32).

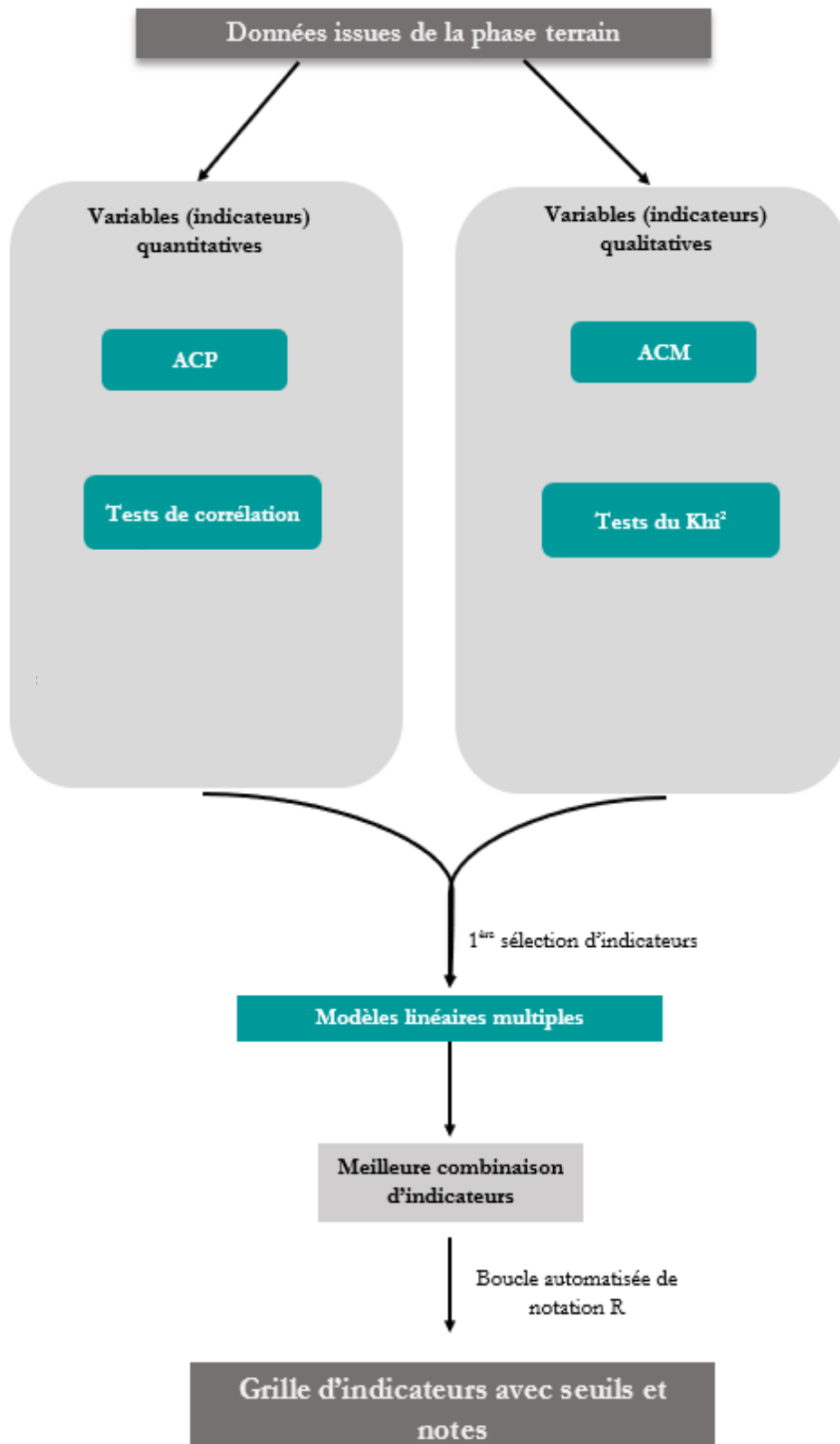


Figure 32. Étapes des analyses statistiques pour obtenir une grille d'indicateurs.

6 Discussion générale

6.1 Des méthodes simples pour une réalité complexe

La création de grilles d'indicateurs permettant l'évaluation standardisée des habitats tourbeux sur l'ensemble du territoire métropolitain est essentielle afin de rendre compte de l'évolution de ces milieux. Ces grilles permettent de cibler les paramètres sur lesquels agir pour maintenir ou restaurer les HIC évalués dans un état de conservation favorable. Elles s'adressent à des opérateurs de site Natura 2000 disposant de moyens réalistes. En effet, l'application de ces méthodes doit minimiser les moyens nécessaires aux relevés et aux analyses. Il s'agit également de minimiser les compétences requises en proposant des alternatives entre des indicateurs très simples et des indicateurs demandant des connaissances expertes. Les listes d'espèces à prendre en compte dans l'évaluation se veulent également limitées. Ces méthodes constituent donc un compromis entre coûts (temps et compétences) et efficacité. En revanche, l'évaluation des habitats à l'échelle des sites reste un exercice difficile et réducteur de la complexité des interactions entre les habitats et les composantes physiques du milieu dans lesquels ils se trouvent, ainsi qu'entre les habitats eux-mêmes (mosaïques par exemple) (Hardegen, 2015). En effet, il n'est pas aisé d'allier les plus ou moins faibles compétences naturalistes demandées par les opérateurs à la précision scientifique requise pour évaluer l'état de conservation des habitats au titre de la DHFF. Le budget et le temps souvent limités des opérateurs participant à cette évaluation éliminent d'office certains indicateurs d'état de conservation pourtant jugés pertinents, mais nécessitant du matériel coûteux pour leur mesure et beaucoup de temps pour leur détermination, leur analyse, etc. Par exemple, peu d'indicateurs faunistiques intègrent encore ces méthodes d'évaluation, la définition des habitats au titre de la DHFF étant basée sur la phytosociologie. Les groupes faunistiques liés à l'état de conservation de certains habitats peuvent être difficiles à appréhender sur le terrain. Ainsi, en tourbières basses alcalines, si les araignées semblent être de bons indicateurs de l'état de conservation, elles nécessitent un effort de prospection et de détermination chronophage. Ce point semble contraire à la philosophie des méthodes proposées qui se veulent simples à mettre en œuvre et accessibles à l'ensemble des opérateurs. Pourtant, les indicateurs faunistiques apparaissent essentiels pour traduire les interactions des habitats avec leur environnement, mais aussi pour qualifier l'état des processus intrinsèques aux habitats (rappelons que la notion d'habitat se rapporte à un biotope et une biocénose, laquelle est composée d'espèces végétales, mais aussi animales). Les travaux sur le lien espèces-habitats pourraient, à l'avenir, permettre de cibler des groupes faunistiques simples à prospecter et à déterminer, dans le cadre de l'évaluation de l'état de conservation des habitats. De même, aussi bien pour les tourbières alcalines que pour les tourbières acides, la prise en compte des bryophytes semble très informative pour qualifier l'état de conservation des habitats tourbeux. Leur forte sensibilité en fait des indicateurs précis des variations hydrologiques, chimiques et des modifications physiques se déroulant dans ces milieux. En revanche, leur détermination reste très technique et chronophage, ce qui en fait des indicateurs peu adaptés à ces méthodes. Bien que certains opérateurs estiment que ces méthodes soient complexes à mettre en œuvre (Galli, 2015), les guides d'évaluations ci-après essaient, dans la mesure du possible, de mettre en avant des indicateurs répondant aux critères de temps, coût et compétences réduits, tout étant à l'interface entre l'avis d'expert et le suivi.

6.2 Des méthodes évolutives et adaptables

Ces méthodes sont standardisées et applicables sur l'ensemble du territoire métropolitain, à l'échelle de l'habitat générique. Elles présentent les avantages d'être accessibles à toutes et tous, d'être reproductibles dans le temps et dans l'espace, de permettre la comparaison entre sites et d'identifier les efforts de gestion à fournir. Cependant, à chaque nouveau jeu de données récoltées sur le terrain, les indicateurs, valeurs seuils et notes sont recalibrés. La littérature récente permet aussi de faire évoluer les grilles d'indicateurs proposées. Ces derniers doivent cependant être affinés par l'expérience de terrain et le retour des opérateurs. En effet, l'application de la méthode par les gestionnaires doit permettre de répondre à plusieurs questions :

- La méthode est-elle simple à mettre en œuvre ? Est-elle adaptée à tous les contextes ?
- Les listes d'espèces proposées sont-elles réalistes ? En est-il de même pour les unités et les plans d'échantillonnage ?
- Est-ce que la méthode peut facilement être couplée à d'autres projets ? Avec les objectifs et le plan de gestion du site ?

Il est nécessaire d'adapter les méthodes proposées à l'échelle locale. Cela peut passer, par exemple, par l'ajout d'espèces au sein des listes prises en compte dans les différents indicateurs. En effet, une espèce considérée comme eutrophile à l'échelle locale peut ne pas être prise en compte dans un indicateur à l'échelle nationale. Ces grilles d'évaluation constituent une base de réflexion, que l'opérateur doit mener en amont de son application. Il s'agit de recontextualiser les indicateurs proposés à l'échelle de chaque site Natura 2000. D'autres méthodes existent pour évaluer l'état de conservation des habitats en France (Kluszczewski, 2007 ; Caillaud, 2018 ; Doucet, 2019 ; etc.). Ces dernières sont, notamment, adaptées aux échelles locales. Clarifier les objectifs et les moyens permet de choisir l'outil adéquat. En revanche, l'opérateur devrait prendre des précautions, si désireux soit-il d'élaborer une nouvelle grille d'évaluation à partir de méthodes existantes, en se posant quelques questions préalables :

- Ai-je un réel besoin d'élaborer une nouvelle méthode ?
- Si oui, est-ce que mes nouveaux indicateurs sont toujours complémentaires ?
- À recréer une nouvelle méthode au bureau, aurais-je toujours autant de temps à allouer à l'évaluation sur le terrain ?

6.3 Le choix des états de référence aux échelles nationale et de l'habitat générique

La démarche globale de l'évaluation d'état de conservation des habitats repose sur la comparaison de l'habitat étudié à une entité de référence pour ce type d'habitat. Il s'agit donc de choisir les états de référence, à partir desquels on considère que l'habitat est en état de conservation favorable, plutôt altéré, ou dégradé. Si la littérature scientifique peut aider à construire ces différents états en se basant sur un certain nombre de critères et indicateurs, le nombre de travaux et publications sur le sujet n'en reste pas moins limité. La phase de test des indicateurs sur le terrain peut alors aider à construire ces différents états. Ceci implique de visiter une grande diversité de sites où l'habitat générique

est bien identifié, afin d'avoir un jeu de données représentatif de sa variabilité géographique, et des communautés qui le composent au sein du territoire. Cependant, certains habitats génériques présentent de très fortes variabilités entre les habitats élémentaires. C'est le cas des habitats de bas-marais calcaires, qui peuvent présenter de fortes variations en termes de structures de végétation (roselières à héliophytes, végétation sur tourbe dénudée, cladiaies hautes, cladiaies basses, etc.), de nature du sol (tourbeux, alluvionnaire, sableux) ou encore quant au type de communauté végétale dominante (bryophytes ou phanérogames). Toutes ces variations posent des difficultés quant à la mise en place d'une grille par habitat générique comprenant des indicateurs et seuils applicables à l'ensemble des végétations rattachées à celui-ci, sur l'ensemble du territoire métropolitain. Des exceptions (ou configurations rares des habitats uniquement présentes sur un territoire localisé) peuvent complexifier la tâche, voire ne pas être prises en compte dans l'élaboration des grilles d'évaluation. C'est pourquoi plusieurs descripteurs sont proposés pour décrire les états de référence de chaque habitat. Il s'agit de garder à l'esprit que les états de référence doivent être établis par l'opérateur à l'échelle de son site Natura 2000. À partir de l'établissement de ces états de référence à l'échelle du site, le seuil à partir duquel l'habitat passe d'un état altéré à favorable pourra être fixé. Au sein d'un même site, plusieurs états favorables pourront être envisagés pour un seul habitat générique, ce qui peut être le cas, par exemple, pour les tourbières basses alcalines, si l'habitat est à la fois représenté par des végétations des *Magnocaricetea elatae* (communautés eutrophiles de grandes héliophytes) et du *Caricion davallianae* (communautés oligotrophiles à mésotrophiles basses) à l'échelle du site Natura 2000. C'est le cas de certains sites en Champagne-Ardenne, entre autres.

7 Conclusion

Les travaux d'Epicoco et Viry (2015) et Lesniak (2016) sur les tourbières acides à sphaignes, ainsi que le travail mené depuis 2017 sur les bas-marais calcaires (Clément, 2017 ; Garcin, 2018 ; Reich, 2019) constituent les approches de mise en place et d'application de méthodes standardisées d'évaluation de l'état de conservation des habitats tourbeux d'intérêt communautaire à l'échelle du territoire métropolitain. L'analyse de la littérature, les comités de pilotage, ainsi que les phases de terrain successives ont permis de mettre en avant des indicateurs potentiellement pertinents dans une démarche d'évaluation nationale. En ce qui concerne les bas-marais calcaires, de plus amples données et tests sont nécessaires afin de permettre la validation de grilles « finales » d'indicateurs pertinentes et ainsi répondre au cadre de la DHFF. C'est pourquoi ce rapport constitue une première version des cahiers d'évaluation de l'ensemble des bas-marais calcaires.

Les versions des grilles proposées aujourd'hui sont jugées tout à fait valides et pertinentes. Néanmoins, ces méthodes se veulent évolutives et les grilles proposées ci-après seront remaniées après chaque nouvelle phase de test et/ou retours d'expérience des utilisateurs, au besoin. Un équilibre entre précision scientifique et faisabilité est primordial pour que ces méthodes soient à la fois valides et applicables par les opérateurs Natura 2000. Ce travail n'en reste pas moins essentiel si l'on souhaite rendre compte de l'évolution des habitats français au sein du réseau européen.

Bibliographie

Abdulhak S. & Sanz T., 2012. - Guide des habitats humides du bassin du Guil. Conservatoire Botanique National Alpin. 174p.

Angiolini C., Viciani D., Bonari G. & Lastrucci L., 2016. - Habitat conservation prioritization: A floristic approach applied to a Mediterranean wetland network. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*: 1-15

Anonyme, 2008. - Article R414-11 du Code de l'environnement modifié par décret n°2015-959 du 31 Juillet 2015- Art. 1. <http://www.legifrance.gouv.fr>. 30 mars 2016.

Barbier E.B., 2011. - Wetlands as natural assets. *Hydrological Sciences Journal* 56(8): 1360-1373

Bartula M., Stojšić V., Perić R. & Kitnæs K.S., 2011. - Protection of Natura 2000 Habitat Types in the Ramsar Site « Zasavica Special Nature Reserve » in Serbia. *Natural Areas Journal* 31(4): 349-357

Bensettiti F., Gaudillat V. & Haury J., 2002. - *Cahiers d'habitats Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats d'intérêt communautaire. Tome 3. Habitats humides*. Éd. La Documentation française. 457p.

Bernard, 2016. - Panorama des services écosystémiques des tourbières en France. Quels enjeux pour la préservation et la restauration de ces milieux naturels ? Pôle-relais Tourbières - Fédération des Conservatoires d'espaces naturels. 47p.

Beslin O., Pujol D., Causse G., Cordier J., Bressaud H. & Monticolo J., 2012. - Typologie des végétations de dalles et de pelouses calcaires sèches en région Centre. *Mesobromion, Xerobromion et Alyss-Sedion*. Conservatoire botanique national du Bassin parisien/Muséum national d'Histoire naturelle. 113p.

Billod M., 2018. - Suivi de l'état de conservation des habitats et actualisation de la cartographie des habitats, années 2016 et 2017. Site Natura 2000 n°41, « Marais d'Athis-Cherville » (51). Conservatoire d'espaces naturels de Champagne-Ardenne. 53p.

Blandin P. & Lamotte M., 1985. - Écosystèmes et évolution. *Le Courrier du C.N.R.S.* 59 : 25-33

Bottin G., Etienne M., Verté P. & Mahy G., 2005. - Methodology for the elaboration of Natura 2000 sites designation acts in the Walloon Region (Belgium): calcareous grasslands in the Lesse-and-Lomme area. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* 9(2): 101–110

Braun-blanquet J., 1964. - *Pflanzensoziologie. Grundzüge Der Vegetationskunde*. Springer ed. 865p.

Caillaud M., 2018. - État de conservation des habitats d'intérêt communautaire rivulaires des étangs arrière-littoraux d'Aquitaine. Méthode d'évaluation par indices. Rapport de stage. Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique/Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Nouvelle-Aquitaine/Université de Bretagne Occidentale de Brest. 38p.

Carnino N., 2009. - État de conservation des habitats d'intérêt communautaire à l'échelle du site. Méthode d'évaluation des habitats forestiers. Muséum national d'Histoire naturelle, Office National des Forêts. 49p.

Catteau E., Duhamel F., Baliga M.F., Basso F., Bedouet F., Cornier T., Mullie B., Mora F., Toussaint B. & Valentin B., 2009. - Guide des végétations des zones humides de la Région Nord-Pas de Calais. Centre régional de phytosociologie agréé Conservatoire botanique national de Bailleul. 632p.

Chambaud F., Lucas J. & Oberti D., 2012. - Guide pour la reconnaissance des zones humides du bassin Rhône-Méditerranée. Volume 1 : méthode et clés d'identification. Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée & Corse. 138p.

Charles M. & Viry D., 2015. - État de conservation des mares temporaires méditerranéennes (UE **3170***), habitat d'intérêt communautaire. Méthode d'évaluation à l'échelle du site. Rapport d'étude. Version 1. Rapport SPN 2015-56. Service du Patrimoine Naturel/Muséum national d'Histoire naturelle, Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques. 64p.

Cholet J. & Magnon G., 2010. - Tourbières des montagnes françaises - Nouveaux éléments de connaissance, de réflexion & gestion. Pôle-relais Tourbières, Fédération des Conservatoires d'Espaces Naturels. 35p.

Clément H., 2017. - Évaluation de l'état de conservation des tourbières basses alcalines (UE 7230), habitats d'intérêt communautaire. UMS Patrinat – AFB/CNRS/MNHN, Université Claude Bernard Lyon 1. 64p.

Commission européenne, 2013. - Natura 2000. Interpretation manual of European habitats. EUR 28. 144p.

Conseil de l'Europe, 1979. - Convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe. Série des traités européens - n°104. Berne, 19 septembre 1979

Conseil des communautés européennes, 1979. - Directive 79/409/CEE du Conseil concernant la conservation des oiseaux sauvages. *Journal Officiel des Communautés Européennes*, **L103**, 25 avril 1979

Conseil des communautés européennes, 1992. - Directive 92/43/CEE du Conseil du 21 Mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages. *Journal Officiel de l'Union Européenne*, **L206**, 27 juillet 1992

Cross J., Douglas C., Dromey M., Gayno K., Jeffrey R., Kelly E., Kingston N., Lockhart N., Lynn D., Marnell F., Ó Críodáin C., O'Keeffe C., Ryan J. & Sides L., 2008. - The Status of EU Protected Habitats and Species in Ireland. Conservation Status in Ireland of Habitats and Species listed in the European Council Directive on the Conservation of Habitats, Flora and Fauna 92/43/EEC. National Parks & Wildlife Service/Department of the Environment, Heritage and Local Government. 135p.

De Groot R., Stuij M., Finlayson M. & Davidson N., 2007. - Évaluation des zones humides : Orientations sur l'estimation des avantages issus des services écosystémiques des zones humides. Rapport technique Ramsar n°3. Série des publications techniques de la CBD n°27. Secretariat of the Ramsar Convention. 50p.

Delassus L., 2015. - Guide de terrain pour la réalisation des relevés phytosociologiques. Conservatoire botanique national de Brest. 25p.

Doucet G., 2019. - Évaluation de l'état de conservation des bas marais alcalins du site Natura 2000 « Marais tufeux du Châtillonnais » - Première année de suivi - Conservatoire d'espaces naturels de Bourgogne. 30p.

Eaufrance, 2015. - Diversité des milieux humides | Zones Humides. <http://www.zones-humides.eaufrance.fr>. 20 juin 2017.

Ellenberg H., 1988. - *Vegetation Ecology of Central Europe*. Ed. Cambridge University Press. 758p.

Epicoco C. & Viry D., 2015. - État de conservation des habitats tourbeux d'intérêt communautaire. Méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000. Rapport préliminaire. Version 1. Rapport SPN 2015-57. Service du Patrimoine Naturel/Muséum national d'Histoire naturelle, Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques. 111p.

Evans D. & Arvela M., 2011. - Assessment and reporting under article 17 of the Habitats Directive. Explanatory notes & guidelines for the period 2007-2012. Final version. 123p.

Galli A., 2015. - Évaluation du Document d'Objectifs du site Natura 2000 de la baie de Saint-Brieuc. Communauté d'Agglomération de Saint-Brieuc. 65p.

García-Rodeja E., Fraga M.I., Fidalgo C. & González J.A., 2009. - 7210 Áreas pantanosas calcáreas con *Cladium mariscus* y especies de *Caricion davallianae* (*). Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 62p.

Garcin J., 2018. - Évaluation de l'état de conservation des bas-marais calcaires d'intérêt communautaire : - Tourbières basses alcalines (UE 7230) ; - Marais calcaires à *Cladium mariscus* et espèces du *Caricion davallianae* (UE **7210***). Méthode d'évaluation à l'échelle des sites Natura 2000. Unité Mixte de Service Patrimoine naturel/Muséum national d'Histoire naturelle, Université Paul Sabatier - Toulouse III. 78p.

Gobat J. M., Grosvenier P., Matthey Y. & Buttler A., 1991. - Un triangle granulométrique pour les tourbes : analyse semi-automatique et représentation graphique. *SCIENCE DU SOL* 29(1) : 23–35

Goffé L., 2011. - État de conservation des habitats d'intérêt communautaire des dunes non boisées du littoral atlantique. Méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000. Version 1. Rapport SPN 2011-18. Muséum national d'Histoire naturelle, Office National des Forêts, Conservatoire Botanique National de Brest. 67p.

Grivel, 2019. - Méthode d'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire à l'échelle des sites Natura 2000 « Landes humides atlantiques septentrionales à *Erica tetralix* (UE 4010) » et « Landes humides atlantiques tempérées à *Erica ciliaris* et *Erica tetralix* (UE **4020***) ». UMS Patrinat – AFB/CNRS/MNHN, AgroParisTech, ENGEES. 58p.

Hardegen M., 2015. - Natura 2000 en Bretagne : Habitats d'intérêt communautaire terrestres et d'eau douce. Bilan des connaissances : interprétation, répartition, enjeux de conservation. Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Bretagne, Conservatoire botanique national de Brest. 242p.

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2019. - Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES secretariat. 56p.

International Union for Conservation of Nature, 2015. - IUCN-Ramsar Collaboration - Supporting the Wise Use of Wetlands. 9p.

International Union for Conservation of Nature, 2016. - An Introduction to the IUCN Red List of Ecosystems: The Categories and Criteria for Assessing Risks to Ecosystems. 14p.

Jaunatre R., Evette A., Buisson M., Fort N., Barrand C., Bourret V., Martinelli M., Pinel A., Popoff N., Favier G. & Dedonder E., 2018. - Les populations iséroises de petite massette (*Typha minima* Hoppe) : suivis et perspectives de restauration. 7p.

Kluszczewski M., 2007. - Élaboration de critères d'évaluation de l'état de conservation des habitats naturels du Parc National des Cévennes. Conservatoire d'espaces naturels du Languedoc-Roussillon. 65p.

Köhler C., 2006. - Recherche de sites favorables pour la réimplantation de *Typha minima* Hoppe dans le canton de Genève. Travail de diplôme. Filière Gestion de la Nature. HES Ecole d'ingénieurs de Lullier. 132p.

Kooijman A.M. & Paulissen M., 2006. - Higher acidification rates in fens with phosphorus enrichment. *Applied Vegetation Science* 9(2): 205–212

Lahondere C., 1997. - Initiation à la phytosociologie stigmatiste. *Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest* 47(16)

Latour M., 2018. - Méthode d'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire à l'échelle des sites Natura 2000 : "Eaux oligotrophes très peu minéralisées sur sols généralement sableux de l'ouest méditerranéen à *Isoetes* spp." (UE 3120) et "Mares temporaires méditerranéennes" (UE 3170*). UMS Patrinat – AFB/CNRS/MNHN, Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles, Università di Corsica - Pasquale Paoli. 62p.

Le Floc'h M., 2015. - Phase préliminaire de l'élaboration de la méthode d'évaluation de l'état de conservation de l'habitat d'intérêt communautaire « Estuaires » (UE 1130) de la façade Manche/Atlantique. Service du Patrimoine Naturel/Muséum National d'Histoire Naturelle. 69p.

Lepareur F., 2011. - Évaluation de l'état de conservation des habitats naturels marins à l'échelle d'un site Natura 2000. Guide méthodologique. Version 1. Rapport SPN 2011-3. Muséum national d'Histoire naturelle. 55p.

Lepareur F., Bertrand S., Papuga G. & Richeux M., 2013. - État de conservation de l'habitat 1150 « lagunes côtières ». Méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000. Guide d'application. Version 1. Rapport SPN 2013-14. Muséum national d'Histoire naturelle/Service du Patrimoine Naturel, Pôle-relais lagunes méditerranéennes, Conservatoire d'Espaces Naturels du Languedoc-Roussillon. 107p.

Lepareur F., Bertrand S., Morin E., Le floc'h M., Barre N., Garrido M., Riera L. & Mauclert V., 2018. - État de conservation des « Lagunes côtières » d'intérêt communautaire (UE 1150*), Méthode d'évaluation à l'échelle du site - Guide

d'application (Version 2). Rapport UMS Patrimoine/Muséum national d'Histoire naturelle, Pôle-relais lagunes méditerranéennes. 73p.

Lesniak W., 2016. - Évaluation du suivi et de l'état de conservation des tourbières dans la vallée de Leyre. Parc Naturel Régional des Landes de Gascogne. 37p.

Louette G., Adriaens D., Paelinckx D. & Hoffmann M., 2015. - Implementing the Habitats Directive: How science can support decision making. *Journal for Nature Conservation* 23: 27–34

Lumbreras A., Marques J.T., Belo A.F., Cristo M., Fernandes M., Galioto D., Machado M., Mira A., Sá-Sousa P., Silva R., Sousa L.G. & Pinto-Cruz C., 2016. - Assessing the conservation status of Mediterranean temporary ponds using biodiversity: a new tool for practitioners. *Hydrobiologia* 782(1): 187–99

Maciejewski L., 2012. - État de conservation des habitats agropastoraux d'intérêt communautaire. Méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000. Rapport d'étude. Version 1. Rapport SPN 2012-21. Service du Patrimoine Naturel/Muséum national d'Histoire naturelle. 119p.

Maciejewski L., 2016. - État de conservation des habitats forestiers d'intérêt communautaire. Évaluation à l'échelle du site Natura 2000. Version 2. Tome 1. Définitions, concepts et éléments d'écologie. Rapport SPN 2016-75. Service du Patrimoine Naturel/Muséum national d'Histoire naturelle. 62p.

Maciejewski L., Seytre L., Van es J., Dupont P. & Ben-Mimoun K., 2013. - État de conservation des habitats agropastoraux d'intérêt communautaire. Méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000. Guide d'application. Version 2. Rapport SPN 2013-16. Service du Patrimoine Naturel/Muséum national d'Histoire naturelle. 179p.

Maciejewski L., Seytre L., Van Es J. & Dupont P., 2015. - État de conservation des habitats agropastoraux d'intérêt communautaire. Méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000. Guide d'application. Version 2. Rapport SPN 2015-43. Service du Patrimoine Naturel/Muséum national d'Histoire naturelle. 194p.

Maciejewski L., Lepareur F., Viry D., Bensettiti F., Puissauve R. & Touroult J., 2016. - État de conservation des habitats : propositions de définitions et de concepts pour l'évaluation à l'échelle d'un site Natura 2000. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)* 71(1) : 3–20

Manneville O., Vergne V., Villepoux O. & Matthey W., 2006. - *Le monde des tourbières et des marais: France, Suisse, Belgique et Luxembourg*. Paris: Delachaux et Niestlé. Nouvelle édition, Septembre 2006. 320p.

Meddour R. 2011. - La méthode phytosociologique sigmatiste ou Braun-blanquetotüxenienne. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, Faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques. 40p.

Megre D., Dokane K., Roze D. & Strode L., 2017. - Effect of environmental factors on growth and physiological status of generative shoots of *Cladium mariscus* in a protected calcareous fen habitat. *Environmental and Experimental Biology* 2: 137-142

Menetrey N., Sager L., Oertli B. & Lachavanne J-B., 2005. - Looking for metrics to assess the trophic state of ponds. Macroinvertebrates and amphibians. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 15(6): 653–64

Mistarz M., 2016. - État de conservation des habitats des eaux dormantes d'intérêt communautaire. Méthode d'évaluation à l'échelle des sites Natura 2000. Rapport préliminaire. Rapport SPN 2016-104. Service du Patrimoine Naturel/Muséum national d'Histoire naturelle, Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques. 76p.

Mistarz M. & Latour M., 2019. - État de conservation des habitats des eaux dormantes d'intérêt communautaire. Méthodes d'évaluation à l'échelle des sites Natura 2000. Cahiers d'évaluation. UMS Patrinat – AFB/CNRS/MNHN. 252p.

Mroz W., 2013. - Monitoring of natural habitats. Methodological guide for 5 natural habitats: 3110, 6210, 6520, 7230 and 9180. GIOŚ. 97p.

Muséum national d'Histoire naturelle [Ed], 2003-2020. - Inventaire National du Patrimoine Naturel. <https://inpn.mnhn.fr>. 21 janvier 2020.

Nations Unies, 1992. - CONVENTION SUR LA DIVERSITE BIOLOGIQUE. 30p.

Paillet Y., Coutadeur P., Vuidot A., Archaux F. & Gosselin F., 2015. - Strong observer effect on tree microhabitats inventories: A case study in a French lowland forest. *Ecological Indicators* 49: 14–23

Peters J. & von Unger M., 2017. - Peatlands in the EU Regulatory Environment. Federal Agency for Nature Conservation. 103p.

Pôle-Relais Tourbières, 2020. - Où trouve-t-on des tourbières en France ? <http://www.pole-tourbieres.org/a-la-decouverte-des-tourbieres/article/ou-trouve-t-on-des-tourbieres-en>. 26 janvier 2020.

Programme des Nations unies pour l'environnement, 1972. - Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment. <http://staging.unep.org>. 20 juin 2017.

Prunier P., Köhler C., Lambelet C. & Frossard P. A., 2010. - Espèces caractéristiques et positionnement syntaxonomique des communautés à petite massette (*Typha minima*) : une contribution au choix des sites de réintroduction d'une espèce alluviale menacée. *Botanica Helvetica* 120(2) : 95-103

Rameau J-C., Gauberville C. & Drapier N., 2000. - Gestion forestière et diversité biologique. Identification et gestion intégrée des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. France (Domaine atlantique). École Nationale du Génie Rural des Eaux et Forêts, Office National des Forêts, Institut pour le Développement Forestier. 119p.

Ramsar Convention Secretariat, 2016. - *An Introduction to the Ramsar Convention on Wetlands*. Fifth ed. Ramsar Handbooks. 107p.

Reich M., 2019. - Évaluation de l'état de conservation des bas-marais calcaires d'intérêt communautaire, à l'échelle des sites Natura 2000 : « Marais calcaires à *Cladium mariscus* et espèces du *Caricion davallianae* » (UE 7210*) et « Formations pionnières alpines du *Caricion bicoloris-atrofuscae* » (UE 7240*). UMS Patrinat - AFB/CNRS/MNHN, Université Grenoble Alpes. 44p.

ŠefferoVá Stanová V., ŠeffeR J. & Janák M., 2008. - Management of Natura 2000 habitats Alkaline fens 7230. 20, *DAPHNE-Institute of Applied Ecology*, Slovakia. 24p.

Ten Brink P., Russi D., Farmer A., Badura T., Coates D., Förster J., Kumar R. & Davidson N., 2013. - The Economics of Ecosystems and Biodiversity for Water and Wetlands. Executive Summary. Institute for European Environmental Policy. Ramsar Secretariat. 13p.

The R Foundation, 2017. - The R Project for Statistical Computing. <https://www.r-project.org>. 17 août 2017.

Union internationale pour la Conservation de la Nature, 2012. - Ecoservices. <https://cmsdata.UICN.org>. 20 juin 2017.

Union Internationale pour la Conservation de la Nature, 2017. - RAPPORT ANNUEL 2016. 47p.

van Diggelen J.M.H., Bense I.H.M., Brouwer E., Limpens J., van Schie J.M.M., Smolders A.J.P. & Lamers L.P.M., 2015. - Restoration of acidified and eutrophied rich fens: Long-term effects of traditional management and experimental liming. *Ecological Engineering* 75: 208–216

Viry D., 2013. - État de conservation des habitats humides et aquatiques d'intérêt communautaire. Méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000. Rapport D'étude. Version 1. Rapport SPN 2013-12. Service du Patrimoine Naturel/Muséum national d'Histoire naturelle, Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques. 83p.

Woodley S. & Kay J., 1993. - *Ecological Integrity and the Management of Ecosystems*. Ed. Taylor & Francis. 221p.



**État de conservation des « Marais
calcaires à *Cladium mariscus* et
espèces du *Caricion davalliana* »
(UE 7210*)**

Guide d'évaluation à l'échelle des
sites Natura 2000



©V. Gaudillat

L'UMS Patrimoine naturel - PatriNat

Centre d'expertise et de données sur la nature



Depuis janvier 2017, l'Unité Mixte de Service Patrimoine naturel assure des missions d'expertise et de gestion des connaissances pour ses trois tutelles, que sont le Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN), l'Office français pour la biodiversité (OFB) et le Centre national de la recherche scientifique (CNRS).

Son objectif est de fournir une expertise fondée sur la collecte et l'analyse de données de la biodiversité et de la géodiversité présentes sur le territoire français, et sur la maîtrise et l'apport de nouvelles connaissances en écologie, sciences de l'évolution et anthropologie. Cette expertise, établie sur une approche scientifique, doit contribuer à faire émerger les questions et à proposer les réponses permettant d'améliorer les politiques publiques portant sur la biodiversité, la géodiversité et leurs relations avec les sociétés et les humains.

En savoir plus : patrinat.fr

Co-directeurs :

Laurent PONCET, directeur en charge du centre de données

Julien TOUROULT, directeur en charge des rapportages et de la valorisation

Inventaire National du Patrimoine Naturel



Porté par l'UMS PatriNat, cet inventaire est l'aboutissement d'une démarche qui associe scientifiques, collectivités territoriales, naturalistes et associations de protection de la nature, en vue d'établir une synthèse sur le patrimoine naturel en France. Les données fournies par les partenaires sont organisées, gérées, validées et diffusées par le MNHN. Ce système est un dispositif clé du Système d'Information sur la Nature et les Paysages (SINP) et de l'Observatoire National de la Biodiversité (ONB).

Afin de gérer cette importante source d'informations, le Muséum a construit une base de données permettant d'unifier les données à l'aide de référentiels taxonomiques, géographiques et administratifs. Il est ainsi possible d'accéder à des listes d'espèces par commune, par espace protégé ou par maille de 10x10 km. Grâce à ces systèmes de référence, il est possible de produire des synthèses, quelle que soit la source d'information.

Ce système d'information permet de consolider des informations qui étaient jusqu'à présent dispersées. Il concerne la métropole et l'outre-mer, aussi bien sur la partie terrestre que marine. C'est une contribution majeure pour la connaissance naturaliste, l'expertise, la recherche en macroécologie et l'élaboration de stratégies de conservation efficaces du patrimoine naturel.

En savoir plus : inpn.mnhn.fr

Description de l'habitat

Cet habitat est défini par la dominance de *Cladium mariscus* (Photo 3) et est donc déterminé par les exigences écologiques de celui-ci (Bensettiti *et al.*, 2002 ; Mariotti *et al.*, 2008 ; García-Rodeja *et al.*, 2009). *C. mariscus* ayant un large spectre écologique, le substrat sur lequel se développe l'habitat peut être très différent. Il varie **d'alcalin à acide, d'oligotrophe à eutrophe, est minéral ou organique, tourbeux** (optimum), **voire aquatique** (cladiaie-radeau). Cette espèce est héliophile et demande une alimentation en eau régulière toute l'année. La nappe est donc affleurante ou sub-affleurante, et une baisse de son niveau est mal tolérée. Les cladiaies peuvent se former de deux façons différentes (Bensettiti *et al.*, 2002) :

- sur le milieu terrestre à la suite d'un abandon de pratiques agricoles, permettant la colonisation par *C. mariscus* (**cladiaie terrestre**) (Photo 4) ;

- à partir d'eau libre sur laquelle *C. mariscus* développe un réseau dense de rhizomes pour former un tapis (**cladiaie-radeau**) (Photo 5).

Deux types de formations peuvent être distingués selon la densité de *C. mariscus* : **une formation dense, haute, impénétrable, et une formation ouverte et basse**. La première est paucispécifique, voire monospécifique, du fait de la stratégie monopoliste de *C. mariscus*. Elle est stable et présente une diversité intéressante en invertébrés grâce à la forte accumulation de litière. Les espèces thermophiles et héliophiles s'installent dans la strate supérieure de la litière, tandis que les espèces adaptées à l'obscurité et au froid se retrouvent dans la strate inférieure (Bensettiti *et al.*, 2002 ; Garnier et Darinot, 2013). Lorsque les cladiaies sont moins denses, la richesse floristique est plus importante. On peut par exemple y retrouver *Liparis loeselii*, qui est une espèce d'intérêt communautaire. En fonction des enjeux du site



Photo 4. Exemple de cladiaie terrestre (Jura).



Photo 3. *Cladium mariscus* (L.) Pohl

Natura 2000, l'opérateur peut choisir quel type de cladiaie maintenir. Elle peut accueillir des espèces végétales résiduelles des groupements en cours de colonisation. Ainsi, les cladiaies n'ont **pas de position phytosociologique clairement définie** et l'habitat relève de syntaxons phytosociologiques très différents. Les cladiaies denses sont parfois décrites par le *Cladietum marisci*. Les cladiaies ouvertes relèvent de multiples associations selon le cortège d'espèces caractéristiques (*Caricion lasiocarpae*, *Caricion davallianae*, *Hydrocotylo*

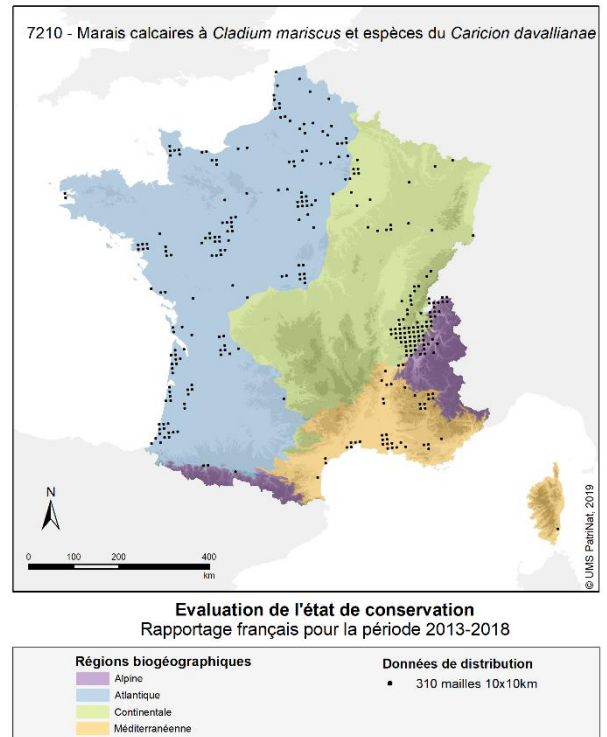


Photo 5. Exemple de cladiaie-radeau (Landes).

vulgaris-Schoenion nigricantis, Magnocaricion elatae, Phragmition communis, Oxycocco palustris-Sphagnetum magellanicum, etc.). Les cladiaies sont retrouvées en contexte de bas-marais, de tourbières, de prairies humides, de roselières, de magnocariçaies, de bords de cours d'eau, d'étendues d'eau, etc. Malgré sa variabilité, l'habitat a été décliné en un seul habitat élémentaire « **Végétations à Marisque** » (7210-1) (Bensettiti *et al.*, 2002).

Les cladiaies semblent naturellement **stables** dans de nombreux cas, bien qu'une **colonisation par les ligneux soit possible**, pouvant ainsi mener à la disparition de *C. mariscus* au profit d'espèces telles que *Frangula alnus* et *Alnus glutinosa*. Une fluctuation du niveau de la nappe peut entraîner une régression de la végétation inféodée à l'habitat au profit d'espèces mieux adaptées aux nouvelles conditions stationnelles (Bensettiti *et al.*, 2002).

L'habitat est présent sur **119 sites Natura 2000** en France et est réparti sur **l'ensemble des régions biogéographiques françaises terrestres** (Carte 1). Le dernier rapportage (2013-2018) de la DHFF rend compte d'un état de conservation « **défavorable mauvais** » de l'habitat au sein des domaines biogéographiques alpin et méditerranéen, et d'un état de conservation « **défavorable inadéquat** » dans les domaines atlantique et continental. La tendance est à la régression au sein des domaines alpin et méditerranéen (Tableaux 6 à 9) (UMS Patrinat, 2019). Les principales menaces qui pèsent sur cet habitat sont **l'agriculture avec usage d'intrants**, le **drainage**, les **captages d'eau de surface ou souterraine**, **l'urbanisation** et le **changement climatique** (UMS Patrinat, 2019).



Carte 1. Répartition de l'habitat (UE 7210*) sur le territoire métropolitain.

Tableau 6. Résultats du dernier rapportage (2013-2018) sur l'état de conservation des marais calcaires à *Cladium mariscus* et espèces du *Caricion davallianae* au sein du domaine biogéographique **alpin**.

Code UE	Aire de répartition	Surface	Structure et fonctions	Perspectives futures	État de conservation
7210*	Défavorable inadéquat	Défavorable mauvais	État inconnu	Défavorable mauvais	Défavorable mauvais

Tableau 7. Résultats du dernier rapportage (2013-2018) sur l'état de conservation des marais calcaires à *Cladium mariscus* et espèces du *Caricion davalliana* au sein du domaine biogéographique **atlantique**.

Code UE	Aire de répartition	Surface	Structure et fonctions	Perspectives futures	État de conservation
7210*	Favorable	Favorable	Favorable	Défavorable inadéquat	Défavorable inadéquat

Tableau 8. Résultats du dernier rapportage (2013-2018) sur l'état de conservation des marais calcaires à *Cladium mariscus* et espèces du *Caricion davalliana* au sein du domaine biogéographique **continental**.

Code UE	Aire de répartition	Surface	Structure et fonctions	Perspectives futures	État de conservation
7210*	Favorable	Favorable	État inconnu	Défavorable inadéquat	Défavorable inadéquat

Tableau 9. Résultats du dernier rapportage (2013-2018) sur l'état de conservation des marais calcaires à *Cladium mariscus* et espèces du *Caricion davalliana* au sein du domaine biogéographique **méditerranéen**.

Code UE	Aire de répartition	Surface	Structure et fonctions	Perspectives futures	État de conservation
7210*	Favorable	Défavorable mauvais	Défavorable inadéquat	Défavorable mauvais	Défavorable mauvais

États de référence et limites de l'habitat

Préalablement à l'évaluation de l'état de conservation, il est nécessaire de fixer les limites de l'habitat considéré (à partir de quand l'entité peut être rattachée à l'habitat, même en état très dégradé, ou à partir de quand l'entité ne peut plus être rattachée à l'habitat). La détermination des états favorables choisis et des états optimaux souhaités est **propre à chaque site Natura 2000 et doit être effectuée par l'opérateur**. Le tableau ci-dessous présente un ensemble de descripteurs pouvant aider à construire les différents états de référence des cladiaies à l'échelle d'un site Natura 2000 (Tableau 10). Ces exemples de descripteurs doivent permettre d'aider à fixer les **notes de référence sur le gradient d'état de conservation** à l'échelle du site Natura 2000 (dégradé, altéré, états favorables choisis, états optimaux souhaités). Les courtes descriptions des autres habitats sont issues du Prodrôme des végétations de France 1 (Bardat *et al.*, 2004).

Tableau 10. Descripteurs possibles pour la définition des états de référence correspondant aux cladiaies (UE 7210*) (liste non exhaustive).

Autres habitats	Dégradé	Altéré	États favorables choisis	États optimaux souhaités
<p>Les formations littorales à <i>Cladium mariscus</i> sont à rattacher aux Roselières et cariçaies dunaires (2190-5)</p> <p>Si <i>C. mariscus</i> est moins recouvrant qu'une ou plusieurs espèces caractéristiques des tourbières basses alcalines (<i>Juncus subnodulosus</i>, <i>Carex davalliana</i>, <i>Schoenus nigricans</i>, etc.), l'habitat est à rattacher aux tourbières basses alcalines (faciès à <i>C. mariscus</i>) (UE 7230)</p> <p>Végétations des Franguletea dodonei (le recouvrement de <i>C. mariscus</i>, si présent, est inférieur à 1 %) : fourrés mésotrophiles à oligotrophiles se développant sur substrats humides ou secs</p> <p>Végétations des Alnetea glutinosae (le recouvrement de <i>C. mariscus</i>, si présent, est inférieur à 1 %) : forêts d'aulnes, de bouleaux ou de saules des dépressions marécageuses sur sol engorgé une grande partie de l'année</p>	<p>Le recouvrement de <i>C. mariscus</i> peut être très variable (entre 1 % et 90 %)</p> <p>La présence de ligneux en strate arbustive est systématique (recouvrement entre 5 % et 90 %)</p> <p>Les atteintes de type perturbation mécanique sont possibles</p> <p>La prédominance de taxons exogènes (<i>Solidago</i> spp. notamment) ou de <i>Phragmites australis</i> (hormis lorsqu'il est associé à d'autres espèces de tourbières basses alcalines) par rapport à <i>C. mariscus</i> est possible</p> <p>La présence d'espèces eutrophiles est possible (forts recouvrements possibles)</p> <p>La présence de ligneux en strate arborée est possible (forts recouvrements possibles)</p>	<p>Le recouvrement de <i>C. mariscus</i> est supérieur ou égal à 33 %, soit 1/3</p> <p>La présence de ligneux en strate arbustive est systématique (recouvrement entre 1 % et 60 %)</p> <p>La présence d'espèces eutrophiles est possible (recouvrement inférieur à 10 %)</p> <p>La prédominance de <i>P. australis</i> (hormis lorsqu'il est associé à d'autres espèces de tourbières basses alcalines) est possible</p> <p>La présence de ligneux en strate arborée est possible (recouvrement inférieur à 33 %, soit 1/3)</p>	<p>Le cortège floristique est dominé par <i>C. mariscus</i> (recouvrement supérieur à 33 %, soit 1/3)</p> <p>Aucune espèce de ligneux n'est présente en strate arborée</p> <p>Aucune atteinte n'est observable</p> <p>La présence de ligneux en strate arbustive est possible (recouvrement inférieur à 20 %)</p> <p>La présence d'espèces eutrophiles est possible mais limitée (recouvrement inférieur à 5 %, maximum trois espèces)</p>	<p>L'habitat est stable, généralement dû à un bon niveau d'eau</p> <p>Le cortège floristique est dominé par <i>C. mariscus</i> (recouvrement supérieur à 33 %, soit 1/3)</p> <p>Aucune espèce de ligneux n'est présente en strate arborée</p> <p>Aucune atteinte n'est observable</p> <p>La présence de ligneux en strate arbustive est possible mais limitée (recouvrement inférieur à 20 %)</p> <p>La présence d'espèces eutrophiles est possible mais limitée (recouvrement inférieur à 5 %, maximum deux espèces)</p>

Grille d'évaluation d'état de conservation

Paramètre	Critère	Indicateur	Échelle	Résultats attendus	Notes
Surface	Surface couverte	Évolution de la surface couverte par l'habitat	Site	Progression, stabilité	0
				Régression	-10
Structures et fonctions	Composition floristique	Colonisation ligneuse : strate arbustive (1-7 m) (%)	Polygone ou placette	< 5	0
				5-10	-10
				10-15	-15
				15-20	-20
				> 20	-30
		Colonisation ligneuse : strate arborée (> 7 m) (%)	Polygone ou placette	< 5	0
				5-15	-10
				> 15	-20
		Recouvrement des espèces indicatrices d'un enrichissement trophique (%)	Placette	< 5	0
				5 -15	-10
				> 15	-20
		Nombre d'espèces indicatrices d'un enrichissement trophique	Placette	< 2	0
2-4	-10				
> 4	-20				
Altérations	Atteintes lourdes	Somme des atteintes quantifiables en surface	Polygone	Somme des points = 0	0
				Somme des points = 1	-15
				Somme des points ≥ 2	-30
	Atteintes diffuses	Atteintes difficilement quantifiables en surface	Site/Bassin versant	Impact négligeable ou nul	0
				Impact moyen	-10
				Impact fort	-20

Les notions de **polygone d'habitat** et **placette** sont définies dans la partie 1 du présent rapport. Pour les cladiaies, on prévoira une **placette de 50 à 100 m²** en fonction de la taille du polygone d'habitat et de la diversité floristique au sein du polygone. La **forme de la placette sera adaptée à la forme du polygone** (circulaire, rectangulaire, linéaire, etc.). L'agrandissement de la taille de la placette permettra de contacter le maximum d'espèces occasionnelles. Les passages de terrain permettant l'évaluation de l'état de conservation devront être effectués au moment du **pic de végétation, de juin à août**.

Description des indicateurs

Paramètre « Surface »

Évolution de la surface couverte par l'habitat

Cet indicateur est largement utilisé dans les différentes études de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire à l'échelle des sites Natura 2000. La réduction de surface des bas-marais calcaires est une menace pour leur pérennité et celle des espèces animales et végétales inféodées à ces milieux. La mesure de l'évolution de la surface couverte par l'habitat permet d'observer une **éventuelle fermeture des sites par boisement**, ainsi que des **phénomènes de remblaiement, de drainage, etc.** La surface optimale nécessaire pour le bon fonctionnement de l'habitat est difficile à définir, c'est pourquoi on s'intéressera uniquement à évaluer la **tendance d'évolution de l'habitat** (stabilité, progression ou régression). La démarche à adopter pour la mesure de l'indicateur est résumée ci-dessous (Figure 33).

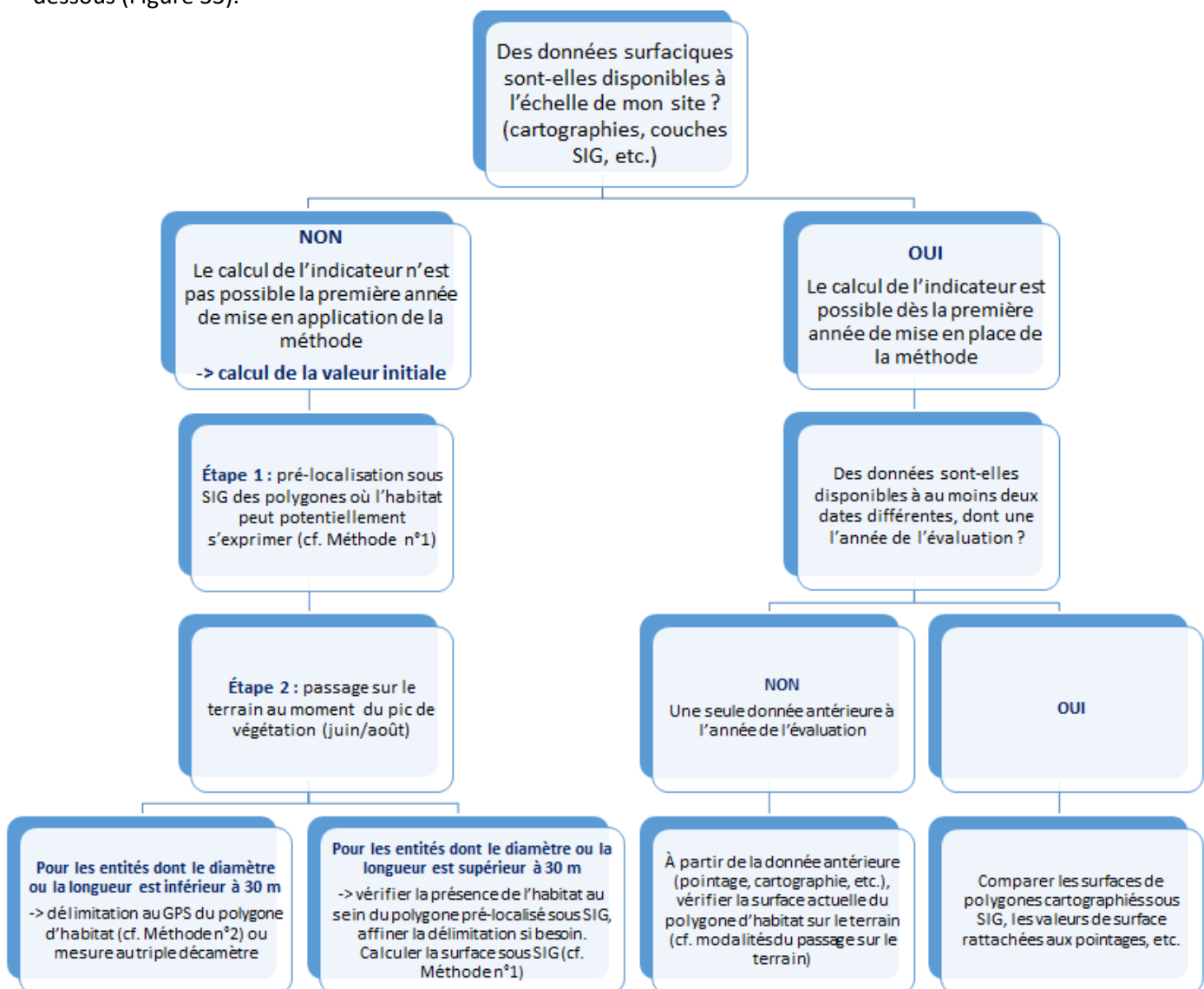


Figure 33. Démarche à adopter pour mesurer l'évolution de la surface couverte par l'habitat à l'échelle du site Natura 2000 en fonction des données disponibles.

Par défaut, on préconisera d'évaluer l'évolution de surface sur un pas de temps de six ans. La régression de surface de l'habitat sera avérée lorsqu'il y a une perte équivalente à 1 % par an. Ce seuil de régression, fixé selon la méthode communautaire du rapportage (art. 17) à 1 % par année, devrait, dans l'idéal, être adapté à l'échelle de chaque site Natura 2000 par l'opérateur. Par ailleurs, le seuil de régression fixé ne doit pas être trop bas afin de prendre en compte le **biais observateur** lors de l'estimation de la surface de l'habitat. La périodicité de l'évaluation, c'est-à-dire le pas de temps entre les données surfaciques, dépend également des données dont l'opérateur dispose.

Méthode n°1 : La pré-localisation des polygones d'habitat où les cladiaies peuvent potentiellement s'exprimer peut être effectuée sous **Système d'information géographique (SIG)** à l'aide **d'ortho-photographies**, c'est-à-dire des photographies aériennes rectifiées, telles que prises à la verticale. D'autres couches peuvent être utilisées, ces dernières sont présentées ci-dessous (Tableau 11 et Figure 34).

Tableau 11. Exemple de couches exploitables sous SIG afin de procéder au pré-repérage des polygones.

Couche	Source	Utilité
SCAN 25®	©IGN	Repérage de la topographie, des toponymes, des mares, etc.
BD ORTHO®	©IGN	Repérage des différents faciès de végétation, des indices de remontées de nappe, des étangs, des mares, etc.
Bing Aerial®	©Microsoft Corporation	Peut se substituer à la couche précédente
Limites des sites Natura 2000 (ZSC)	©UMS Patrinat	Cadrage géographique
Grille de maille 2 500 m x 500 m		Aide à la progression de la photo-interprétation et vérification des mailles



Figure 34. Exemple schématique de délimitation d'une tourbière sous SIG (source : IGN). La présence de l'habitat Cladiaies est à vérifier sur le terrain.

1/2 500 et 1/1 000.

L'analyse sous SIG ne peut être dispensée d'une **vérification de la présence de l'habitat sur le terrain** si cette dernière n'est pas connue de l'opérateur au préalable. Cette vérification pourra affiner la délimitation des polygones sous SIG.

Protocole : Sous QGIS, la délimitation de l'habitat peut être effectuée à l'aide de l'outil « ajouter une entité » présent dans la barre d'outils de numérisation. Une fois l'entité construite (le polygone d'habitat), sa surface peut être extraite via la calculatrice de champ. Celle-ci crée automatiquement un nouveau champ de surface contenant l'expression « \$area ». À savoir que l'unité du calcul sera celle de la projection. La digitalisation des polygones sera effectuée à une échelle comprise entre

Méthode n°2 : Une autre méthode consiste à **délimiter les contours des habitats sur le terrain à l'aide d'un GPS** possédant une fonction de tracé avec lequel le tour du polygone d'habitat sera effectué. Une surface pourra ainsi en être extraite sous SIG (Figure 35) ou directement sur le GPS (en fonction du matériel). Cette méthode, applicable notamment aux polygones non digitalisables sous orthophotographies, est plus précise que la précédente mais demande un coût humain plus important.

Protocole : La fonction tracé (« track » en anglais) dont dispose la plupart des GPS, permet de tracer un parcours plus ou moins précis en fonction de l'intervalle de distance entre les mesures choisies dans le GPS et en fonction de la précision du GPS lui-même. Dans le cas où le calcul de surface n'est pas directement effectué par le GPS, le tracé est à insérer sous SIG puis à convertir en entité polygonale via l'outil « De lignes à polygones » des outils de géométrie. Comme pour la **Méthode n°1**, la surface est extraite via l'expression « \$area », sous QGIS, et comparée à la surface des années antérieures.

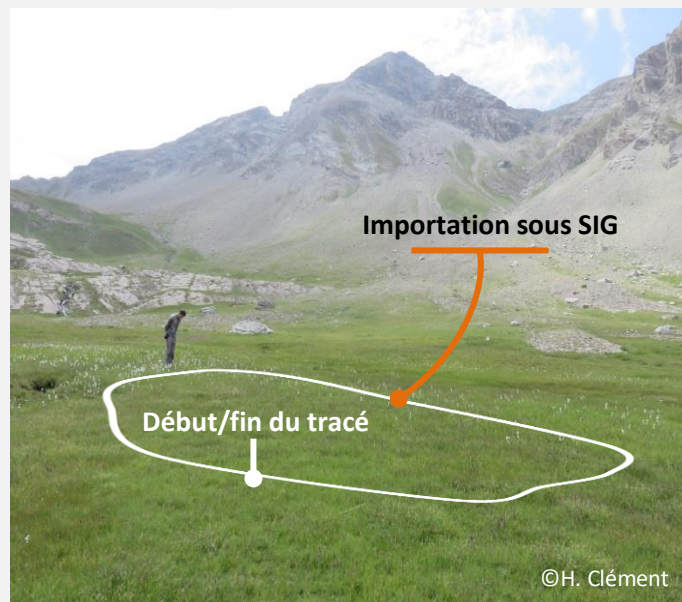


Figure 35. Exemple schématique de délimitation d'un habitat tourbeux à l'aide d'un GPS.

D'autres méthodes existent afin de mesurer la surface (**drones** qui fournissent des images ortho-rectifiées, **photographies prises en ULM**, etc.). En dernier recours, si aucune donnée surfacique n'est disponible et que le temps imparti à la mesure de l'indicateur est faible, l'opérateur, ayant au préalable une bonne connaissance de l'habitat sur le site, pourra utiliser **l'avis d'expert** pour juger de l'évolution de surface.

Lorsque l'habitat est représenté par plusieurs polygones de cladiaies à l'échelle du site Natura 2000, **la somme des surfaces des polygones correspond à la surface totale de l'habitat**. Suivant la configuration de l'habitat à l'échelle du site Natura 2000 et en fonction du temps dont l'opérateur dispose, on pourra envisager de mesurer l'évolution de surface de l'ensemble des polygones de cladiaies présents sur le site, ou bien d'effectuer un **échantillonnage de polygones représentatif, à suivre dans le temps**. Dans le cas d'un habitat en mosaïque, l'évaluation de la surface couverte sera effectuée au niveau de la **mosaïque d'habitats**.

Remarques : plus le temps et la précision consacrés à la délimitation seront importants, meilleur sera le résultat. Les **causes** de l'évolution de la surface de l'habitat étudié doivent être renseignées (boisement, assèchement, etc.). Des **conditions climatiques similaires** entre les deux dates de comparaison choisies sont nécessaires, les habitats humides étant variables d'une année à l'autre suivant leur mise en eau.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Notes
Surface couverte	Fonctionnement général, perspectives, pérennité de l'habitat et des espèces, dynamique de l'habitat	Site	Stabilité, progression	0
			Régression	-10

Paramètre « Structure et fonctions »

Colonisation par la strate arbustive (1-7 m) (%)



Photo 6. Bord de placette envahie par les ligneux bas.

La colonisation par les ligneux constitue une des principales menaces pour les bas-marais calcaires. Ces espèces posent des problèmes d'**ombrage** et d'**enrichissement en matière organique** dû à la dégradation des feuilles. La présence de ligneux indique l'évolution de l'habitat vers un **stade pré-forestier** (Charles et Viry, 2015) et peut être synonyme d'**assèchement** progressif. Deux indicateurs sont proposés concernant la colonisation par les ligneux ; un indicateur de colonisation par la strate arbustive (1-7 m) et un indicateur de colonisation par la strate arborée (> 7 m). Ces deux indicateurs donnent des informations différentes sur la dynamique de l'habitat. L'apparition de ligneux en strate arbustive témoigne d'une dynamique d'évolution de l'habitat **active** au moment de l'évaluation (Photo 6).

Méthode : Le but est ici d'évaluer visuellement le **recouvrement des ligneux bas**, c'est-à-dire la strate arbustive (1-7 m), et de les **identifier**, lorsque cela est possible. Une simple estimation visuelle du recouvrement des ligneux bas à l'échelle de la placette ou bien du polygone sera effectuée. Un relevé phytosociologique ou floristique pourra également être effectué à l'échelle de la placette.

Protocole : Pour évaluer cet indicateur à l'échelle de la placette, il faut dans un premier temps la délimiter. La **forme de la placette** va dépendre de la **configuration du polygone** et pourra ainsi être de forme circulaire, carrée, rectangulaire, linéaire, etc. Les relevés fragmentés sont également possibles si les patches d'habitat ont la même composition floristique, la même physionomie de végétation et sont soumis à une même gestion (l'absence de gestion en fait partie). On évitera de se

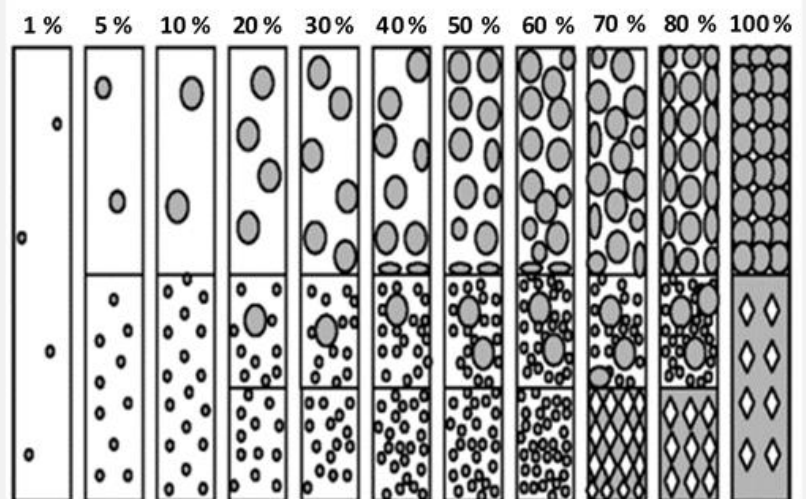


Figure 36. Aide à l'estimation des recouvrements (source : N. Fromont).

placer en marge du polygone où des végétations extérieures à l'habitat pourraient être rencontrées (**effet de lisière**).
Il est conseillé de noter la valeur exacte du recouvrement des ligneux bas (1-7 m), ainsi que les espèces présentes sur la fiche de relevé. Une aide à l'estimation du recouvrement est disponible ci-dessus (Figure 36).

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Notes
Composition floristique	Assèchement, eutrophisation, dynamique naturelle et structure de l'habitat	Placette ou polygone	< 5	0
			5-10	-10
			10-15	-15
			15-20	-20
			> 20	-30

Colonisation par la strate arborée (> 7 m) (%)

La présence de ligneux hauts témoigne d'une dynamique d'évolution **ancienne** des cladiaies vers un stade pré-forestier due à un processus d'assèchement ou tout autre phénomène favorisant l'implantation des ligneux (Photo 7). Seules les **espèces enracinées dans le polygone ou dans la placette** seront prises en compte. Les ligneux hauts causant de l'ombrage en bordure peuvent être enracinés sur un niveau topographique différent, un habitat différent, etc. Ils sont donc à exclusion du relevé.



Photo 7. Cladiaie en cours de colonisation par les ligneux hauts.

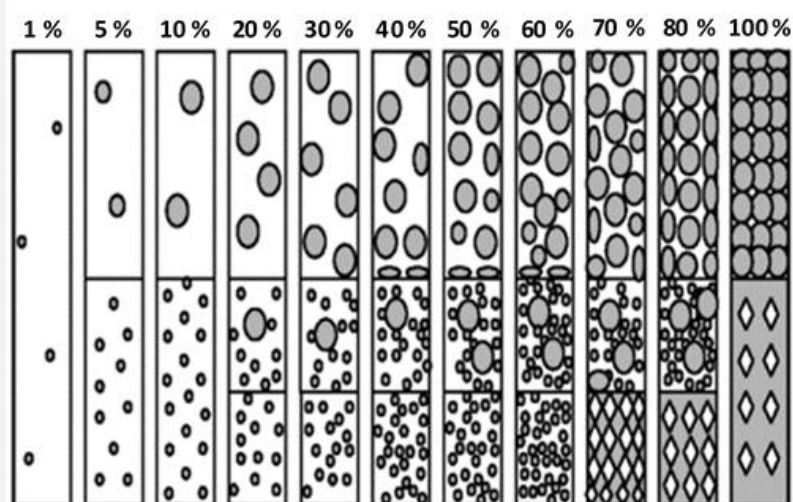


Figure 37. Aide à l'estimation des recouvrements (source : N. Fromont).

Méthode : Le but est ici d'évaluer visuellement le **recouvrement des ligneux hauts**, c'est-à-dire la strate arborée (> 7 m), et de les **identifier**, lorsque cela est possible. Une simple estimation visuelle du recouvrement des ligneux hauts à l'échelle de la placette ou bien du polygone sera effectuée. Un relevé phytosociologique ou floristique pourra également être réalisé à l'échelle de la placette.

Protocole : Pour évaluer cet indicateur à l'échelle de la placette, on utilisera la même

placette utilisée pour mesurer l'indicateur basé sur le recouvrement des ligneux en strate arbustive. Il est conseillé de noter la valeur exacte du recouvrement des ligneux hauts (> 7 m), ainsi que les espèces présentes sur la fiche de relevé. Une aide à l'estimation du recouvrement est disponible ci-dessus (Figure 37).

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Notes
Composition floristique	Assèchement, eutrophisation, dynamique naturelle et structure de l'habitat	Placette ou polygone	< 5	0
			5-15	-10
			> 15	-20

Recouvrement des espèces indicatrices d'un enrichissement trophique (%)

L'eutrophisation est définie comme une élévation du niveau trophique d'un milieu, c'est-à-dire comme un **enrichissement du sol en nutriments (azote et phosphore)**. Elle peut provenir de l'utilisation d'intrants pour l'agriculture ou encore du pâturage, directement sur le polygone d'habitat ou par diffusion au sein du bassin versant. L'eutrophisation peut également provenir de dépôts d'azote atmosphérique, de brûlis, de fauche sans export, etc. Les cladiaies sont des habitats dont la trophie est variable, **oligotrophe à eutrophe**. Les espèces considérées comme indicatrices d'un enrichissement trophique dans les cladiaies sont listées ci-dessous (Tableau 12). La liste proposée présente les espèces qui peuvent être considérées comme franchement eutrophiles pour les cladiaies à **l'échelle nationale**. Cette liste est adaptable au contexte local. Par exemple, en contexte de cladiaies acidiphiles, certaines espèces pourront être rajoutées telles que *Typha angustifolia*, ces milieux étant naturellement moins riches que les cladiaies basiphiles. En contexte tourbeux basique, les molécules de calcium ont tendance à rompre les liaisons entre acides humiques et molécules azotées, favorisant ainsi le relargage de l'azote dans le sol, ce qui augmente sa disponibilité pour les plantes. Les milieux tourbeux basiphiles sont donc naturellement plus riches que les milieux acidiphiles.

Méthode : En ciblant exclusivement les espèces de la liste, on pourra estimer leur seul recouvrement au sein de la placette. Le recouvrement des espèces indicatrices d'un enrichissement trophique pourra également être noté grâce à un relevé phytosociologique ou floristique à l'échelle de la placette.

Protocole : Dans le cas où les indicateurs concernant les ligneux ont été relevés à l'échelle de la placette, on utilisera la même placette pour mesurer l'indicateur. Sinon, il s'agira de la

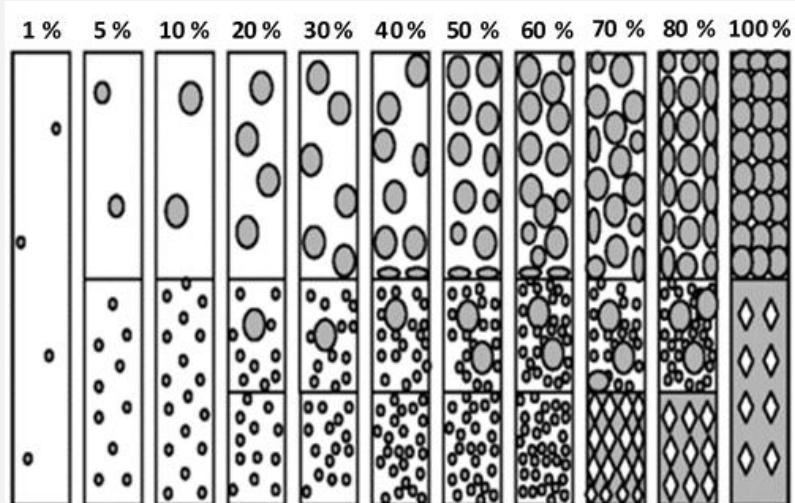


Figure 38. Aide à l'estimation des recouvrements (source : N. Fromont).

délimiter (cf. Protocole de l'indicateur « Colonisation par la strate arbustive »). La valeur de l'indicateur correspondra à la **somme des recouvrements estimés de chaque espèce présente dans la liste**. Une aide à l'estimation du recouvrement est disponible ci-contre (Figure 38). **Il est conseillé de noter la valeur exacte du recouvrement de chaque espèce indicatrice d'un enrichissement trophique présente, ainsi que le nom des espèces sur la fiche de relevé**, en vue du calcul de l'indicateur suivant.

Tableau 12. Espèces indicatrices d'enrichissement trophique pour les cladiaies.



***Caltha palustris* L.**



***Carex acutiformis* Ehrh.**

À la différence de *C. riparia*, base rouge et ligule pointue



***Carex hirta* L.**



***Carex obtusae* Podp.**



©Y. Martin

***Carex riparia* Curtis**

À la différence de *C. acutiformis*, base brune et ligule arrondie



P. Gourdain

***Cirsium palustre* (L.) Scop.**



©P. Rouveyrol

***Convolvulus sepium* L.**



©C. Epicoco

***Epilobium hirsutum* L.**



©Y. Martin

***Epilobium parviflorum* Schreb.**



©P. Gourdain

***Epilobium tetragonum* L.**



Eupatorium cannabinum L.



Filipendula ulmaria (L.) Maxim.



Galium aparine L.



Geum rivale L.



Geum urbanum L.



Humulus lupulus L.



© G. Hunault MNHN-CBNBP

***Lolium perenne* L.**



© Y. Martin

***Ranunculus repens* L.**



© C. Delnatte

***Rubus* spp.**



© G. Arnal

***Schedonorus arundinaceus* (Schreb.) Dumort.**



© G. Arnal

***Scrophularia auriculata* L.**



© C. Delnatte

***Solanum dulcamara* L.**



Sparganium erectum L.



Symphytum officinale L.



Typha latifolia L.



Urtica dioica L.



Veratrum album L.

Remarques : il est fortement recommandé d'utiliser une flore adaptée au contexte local lorsque disponible, en cas de doute.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Notes
Composition floristique	Eutrophisation	Placette	< 5	0
			5-15	-10
			> 15	-20

Nombre d'espèces indicatrices d'un enrichissement trophique

Avec cet indicateur, on évalue la **richesse spécifique des espèces indicatrices d'un enrichissement trophique**. Si l'indicateur est très corrélé au précédent, l'information apportée n'est pas exactement la même dans le sens où, sur une placette, une seule espèce peut être très recouvrante. C'est souvent le cas chez les espèces eutrophiles, qui ont une tendance **monopoliste**. En évaluant la richesse spécifique, on cherche à mettre en évidence des conditions stationnelles **générales**, favorables à l'implantation d'un groupe d'espèces ayant les mêmes exigences écologiques en terme de trophie.

Méthode : La même placette et la même liste (Tableau 12) ayant servi à estimer le recouvrement des espèces indicatrices d'enrichissement trophique seront utilisées. Ces espèces **ayant été précédemment identifiées**, il suffira de les **dénombrer**. **Attention, il s'agit bien d'estimer le nombre d'espèces, et non le nombre de pieds.**

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Notes
Composition floristique	Eutrophisation	Placette	< 2	0
			2-4	-10
			> 4	-20

Paramètre « Altérations »

Somme des atteintes quantifiables en surface

Les tourbières sont sujettes depuis de nombreuses années au **drainage, au piétinement par le bétail, à l'érosion due aux activités anthropiques, au remblaiement, etc.** (Bensettiti *et al.*, 2002 ; Manneville *et al.*, 2006 ; Clément et Gaucherand, 2016) (Photo 8).



Photo 8. Les broyages trop fréquents conduisent à la perte de la structure caractéristique de la cladiaie tout en favorisant l'implantation d'espèces extérieures.

Méthode : On relèvera **toutes les atteintes visibles à l'échelle du polygone** en leur attribuant une estimation de **surface du polygone impactée**.

Protocole : Chaque atteinte relevée se voit attribuer une **note** de 1 à 2 selon son origine (anthropique ou naturelle), la surface d'habitat impactée ou encore sa localisation par rapport au polygone. **La somme des notes attribuées à chaque atteinte donne la note globale de l'indicateur**. Le tableau ci-dessous donne une liste des atteintes quantifiables en surface potentiellement présentes sur les cladiaies (Tableau 13).

Tableau 13. Liste des atteintes quantifiables en surface pouvant affecter les cladiaies.

Atteintes quantifiables (polygone)	Points
Passage de quads, piétinement dû à la fréquentation (< 50 %)	1
Passage de quads, piétinement dû à la fréquentation (> 50 %)	2
Passage d'engins lourds	2
Dépôts de matériaux/décharge	2
Extraction de matériaux/tourbe	2
Plantations en périphérie	1
Incendies	1
Drains	1
Bois mort	1
Passage de sangliers (> 80 %)	1
Curage des berges	2
Broyage	2

Remarques : La liste proposée est non exhaustive et peut être complétée par l'opérateur. Attention toutefois à ne pas ajouter une atteinte pouvant déjà être prise en compte dans le cadre de l'évaluation d'un autre indicateur afin d'éviter toute redondance.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Notes
Atteintes lourdes	Fonctionnement général, connectivité, capacité de résilience	Polygone	Somme des points = 0	0
			Somme des points = 1	-15
			Somme des points ≥ 2	-30

Atteintes difficilement quantifiables en surface

Ce sont des atteintes dont l'impact ne peut être quantifié en surface (Photo 9). Depuis plusieurs décennies, la conservation des tourbières est affectée par les atteintes diffuses telles que **la surfréquentation, les rejets ponctuels, la pollution, etc.** (Bensettiti *et al.*, 2002 ; Clément et Gaucherand, 2016). Dans la continuité des méthodes d'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire, cet indicateur est pris en compte.



Photo 9. Captage d'eau potable sur un site Natura 2000 présentant des habitats tourbeux.

Méthode : Il s'agit d'évaluer l'impact des atteintes difficilement quantifiables en surface à l'échelle du **site ou du bassin versant** sur l'état de conservation de l'habitat.

Protocole : Toutes les atteintes présentes sur le site ou le bassin versant qui peuvent avoir un impact sur l'état de conservation de l'habitat doivent être recensées. Les atteintes potentielles sont listées ci-dessous (Tableau 14). À **dire d'expert**, il s'agit d'évaluer l'impact global de toutes les atteintes recensées sur l'état de conservation de l'habitat.

Tableau 14. Exemple d'atteintes difficilement quantifiables en surface pouvant affecter les cladiaies.

Atteintes difficilement quantifiables en surface
Drainage, assèchement
Activités de pompage, extraction de matériaux
Rejets ponctuels, pollutions
Chaulage
Agriculture avec usage d'intrants
Sports de montagne (ski, etc.)
Surfréquentation
Barrage
Endiguement
Chenalisation
Lac de retenue d'eau
Aménagement chemin carrossable

Remarques : La liste proposée est non exhaustive et peut être complétée avec des atteintes non identifiées ci-dessus.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Notes
Atteintes diffuses	Fonctionnement général, capacité de résilience, pérennité de l'habitat	Site/Bassin versant	Impact négligeable ou nul	0
			Impact moyen	-10
			Impact moyen	-20

Fiche terrain pour l'évaluation de l'état de conservation des cladiaies

Indicateurs à relever à l'échelle de la placette  ou du polygone 

Site Natura 2000	IDPolygone	Date	Auteur(s)	Localisation	Coordonnées GPS	Projection	N° photos

Paramètre	Critère	Indicateur	Résultats attendus	Notes	Résultats observés	Notes associées	Espèces contactées ou Atteintes rencontrées	Recouvrements associés
Structures et fonctions	Composition floristique	Colonisation ligneuse : strate arbustive (1-7 m) (%)	< 5	0				
			5-10	-10				
			10-15	-15				
			15-20	-20				
			> 20	-30				
		Colonisation ligneuse : strate arborée (> 7 m) (%)	< 5	0				
			5-15	-10				
			> 15	-20				
		Recouvrement des espèces indicatrices d'un enrichissement trophique (%)	< 5	0				
			5-15	-10				
			> 15	-20				
		Nombre d'espèces indicatrices d'un enrichissement trophique	< 2	0				
2-4	-10							
> 4	-20							
Altérations	Atteintes lourdes	Somme des atteintes quantifiables en surface	Somme des points = 0	0				
			Somme des points = 1	-15				
			Somme des points ≥ 2	-30				
Note globale à l'échelle de la placette = 100 + somme des notes =							État de la placette =	

Indicateurs à relever à l'échelle du site

Paramètre	Critère	Indicateur	Résultats attendus	Notes	Résultats observés	Notes associées	Surface (année 1)	Surface (année 2)
Surface	Surface couverte	Évolution de la surface couverte par l'habitat	Progression, stabilité	0				
			Régression	-10				
							Atteintes recensées	Impact
Altérations	Atteintes diffuses	Atteintes difficilement quantifiables en surface	Impact négligeable ou nul	0				
			Impact moyen	-10				
			Impact fort	-20				
Note des indicateurs à l'échelle du site =								

Évaluation globale à l'échelle du site

Modalités	Notes
Plus de 70 % des placettes en état favorable	0
Entre 50 et 70 % des placettes en état favorable	-15
50 % des placettes en état favorable et 50 % des placettes en état dégradé	-30
Entre 50 et 70 % des placettes en état dégradé	-45
Plus de 70 % des placettes en état dégradé	-60
Note globale d'état de conservation des cladiaies à l'échelle du site Natura 2000 = 100 + Note liée au pourcentage de placettes en états favorables et/ou défavorables + Note des indicateurs relevés à l'échelle du site =	

Merci d'envoyer les résultats de l'évaluation ainsi que tous vos commentaires à l'adresse suivante :
margaux.mistarz@mnhn.fr

Bibliographie

Bardat J., Bioret F., Botineau M., Bouillet V., Delpéch R., Géhu J.-M., Haury J., Lacoste A., Rameau J.-C., Royer J.-M., Roux G. & Touffet J., 2004. - Prodrôme des végétations de France. Collection Patrimoines Naturels 61, Muséum National d'Histoire Naturelle. 171p.

Bensettiti F., Gaudillat V. & Haury J., 2002. - *Cahiers d'habitats Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats d'intérêt communautaire. Tome 3. Habitats humides*. Édition La Documentation française. 457p.

Clément H. & Gaucherand S., 2016. - BILAN DU PLAN D'ACTION ZONES HUMIDES DE VAL THORENS. Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture. 101p.

Charles M. & Viry D., 2015. - État de conservation des mares temporaires méditerranéennes (UE 3170*), habitat d'intérêt communautaire. Méthode d'évaluation à l'échelle du site. Rapport d'étude. Version 1. Rapport SPN 2015-56. Service du Patrimoine Naturel/Muséum national d'Histoire naturelle, Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques. 64p.

García-Rodeja E., Fraga M.I., Fidalgo C. & González J.A., 2009. - 7210 Áreas pantanosas calcáreas con *Cladium mariscus* y especies de *Caricion davallianae* (*). Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 62p.

Garnier G. & Darinot F., 2013. - Les cladaies, un paradis pour les araignées. Cahiers techniques, CEN Isère. 11p.

Maciejewski L., Seytre L., Van Es J. & Dupont P., 2015. - État de conservation des habitats agropastoraux d'intérêt communautaire. Méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000. Guide d'application. Version 2. Rapport SPN 2015-43. Service du Patrimoine Naturel/Muséum national d'Histoire naturelle. 194p.

Manneville O., Vergne V., Villepoux O. & Matthey W., 2006. - *Le monde des tourbières et des marais: France, Suisse, Belgique et Luxembourg*. Paris : Delachaux et Niestlé. Nouvelle édition, Septembre 2006. 320p.

Mariotti M.G., Pavarino M. & Marsilis S., 2008. - Natura 2000 in Liguria. Atlante degli habitat. Regione Liguria, Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente ligure. 592p.

UMS Patrinat, 2019. - Résultats synthétiques de l'état de conservation des habitats et des espèces, période 2013-2018. Rapportage article 17 envoyé à la Commission européenne, avril 2019.



**État de conservation des « Sources
pétrifiantes avec formation de
travertins (*Cratoneurion*) »
(UE 7220*)**

Guide d'évaluation à l'échelle des
sites Natura 2000



©V. Gaudillat

L'UMS Patrimoine naturel - PatriNat

Centre d'expertise et de données sur la nature



Depuis janvier 2017, l'Unité Mixte de Service Patrimoine naturel assure des missions d'expertise et de gestion des connaissances pour ses trois tutelles, que sont le Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN), l'Office français pour la biodiversité (OFB) et le Centre national de la recherche scientifique (CNRS).

Son objectif est de fournir une expertise fondée sur la collecte et l'analyse de données de la biodiversité et de la géodiversité présentes sur le territoire français, et sur la maîtrise et l'apport de nouvelles connaissances en écologie, sciences de l'évolution et anthropologie. Cette expertise, établie sur une approche scientifique, doit contribuer à faire émerger les questions et à proposer les réponses permettant d'améliorer les politiques publiques portant sur la biodiversité, la géodiversité et leurs relations avec les sociétés et les humains.

En savoir plus : patrinat.fr

Co-directeurs :

Laurent PONCET, directeur en charge du centre de données

Julien TOUROULT, directeur en charge des reportages et de la valorisation

Inventaire National du Patrimoine Naturel



Porté par l'UMS PatriNat, cet inventaire est l'aboutissement d'une démarche qui associe scientifiques, collectivités territoriales, naturalistes et associations de protection de la nature, en vue d'établir une synthèse sur le patrimoine naturel en France. Les données fournies par les partenaires sont organisées, gérées, validées et diffusées par le MNHN. Ce système est un dispositif clé du Système d'Information sur la Nature et les Paysages (SINP) et de l'Observatoire National de la Biodiversité (ONB).

Afin de gérer cette importante source d'informations, le Muséum a construit une base de données permettant d'unifier les données à l'aide de référentiels taxonomiques, géographiques et administratifs. Il est ainsi possible d'accéder à des listes d'espèces par commune, par espace protégé ou par maille de 10x10 km. Grâce à ces systèmes de référence, il est possible de produire des synthèses, quelle que soit la source d'information.

Ce système d'information permet de consolider des informations qui étaient jusqu'à présent dispersées. Il concerne la métropole et l'outre-mer, aussi bien sur la partie terrestre que marine. C'est une contribution majeure pour la connaissance naturaliste, l'expertise, la recherche en macroécologie et l'élaboration de stratégies de conservation efficaces du patrimoine naturel.

En savoir plus : inpn.mnhn.fr

Description de l'habitat



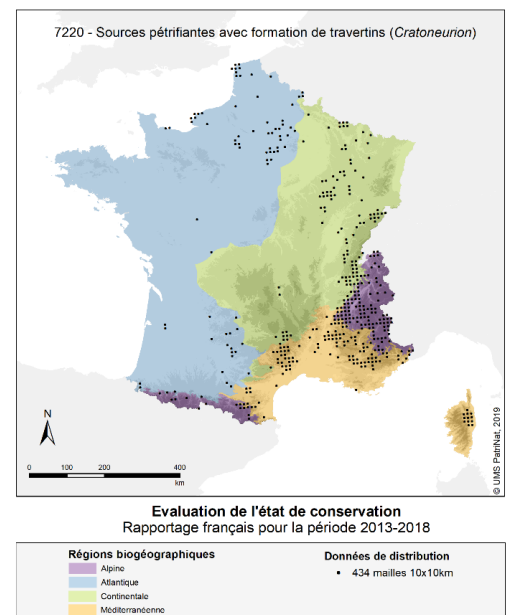
Photo 10. Sources pétrifiantes de Réotier (Hautes-Alpes).

L'habitat « Sources pétrifiantes avec formation de travertins (*Cratoneurion*) » (UE 7220*) est présent au niveau des **sources** où la végétation se développe soit sur des **tufs** (roches sédimentaires biogéniques formées proche des sources d'eau froide de carbonate dissous), soit sur des **travertins** (roches sédimentaires biogéniques formées proche des sources d'eau chaude de carbonate dissous) (Photo 10). La végétation est dominée par des **bryophytes** telles que *Brachythecium rivulare*, *Bryum pseudotriquetrum*,

Palustriella commutata et *Cratoneuron filicinum*. Aux bryophytes peut parfois s'ajouter une strate herbacée plus ou moins dense comprenant essentiellement des Saxifragacées (*Saxifraga aizoides*, *Saxifraga stellaris*, etc.), Brassicacées (*Arabis soyeri* subsp. *subcoriacea*, *Cochlearia pyrenaica*, etc.) et Cypéracées. La présence d'algues est également à noter. L'habitat se trouve essentiellement sur des pentes de l'étage planitiaire à alpin (Bensettiti *et al.*, 2002). L'altitude, les réactions ioniques ou encore le degré d'humidité des stations sont autant de facteurs de variations qui permettent de distinguer **deux types de groupements**. Les groupements de **basses altitudes (< 1 000 m)** correspondent généralement aux **communautés dominées par les bryophytes**. Les **communautés phanérogamiques** (les bryophytes sont toujours présentes) sont plus rares et ont une large amplitude altitudinale. Elles peuvent être retrouvées aux **étages subalpin et alpin**. L'habitat est décliné en un unique habitat élémentaire, « **Communautés des sources et suintements carbonatés** » (7220-1).

À débit et conditions physico-chimiques constants, cet habitat peut rester stable. En revanche, celui-ci peut évoluer vers des **végétations herbacées calcicoles ou ligneuses** lorsque les sources se tarissent (Bensettiti *et al.*, 2002). Parmi les habitats associés ou en contact, on compte les cladaïes (UE 7210*), les tourbières basses alcalines (UE 7230), les groupements alticoles du *Caricion incurvae* (UE 7240*), les pelouses sèches des *Festuco-Brometalia* (UE 6210), les éboulis calcaires (UE 8160*), etc. Pour conserver cet habitat, il est nécessaire de **conserver les habitats qui y sont associés** ainsi que **l'ensemble du système hydrologique**. Il s'agit donc de prendre en compte le **complexe tuffeux dans son entier**, de la source qui l'alimente au cours d'eau en aval.

L'habitat est présent sur **207 sites Natura 2000** en France et est réparti sur **l'ensemble des régions biogéographiques françaises terrestres** (Carte 2). On le retrouve dans l'ensemble des régions sédimentaires et



Carte 2. Distribution de l'habitat code UE 7220* sur le territoire métropolitain.

« Sources pétrifiantes avec formation de travertins (*Cratoneurion*) » (UE 7220*)

orogéniques non cristallines. Le dernier rapportage (2013-2018) de la DHFF fait état d'un état de conservation « **inconnu** » de l'habitat au sein du domaine biogéographique alpin et d'un état « **défavorable inadéquat** » au sein du domaine continental (Tableau 15 et Tableau 16). L'état de conservation a été évalué « **défavorable mauvais** » au sein des domaines atlantique et méditerranéen, avec tendance à la régression au sein de ce dernier (Tableau 17 et Tableau 18) (UMS Patrinat, 2019). Cet habitat recouvrant de petites surfaces et se développant dans un contexte géologique particulier est principalement menacé par le **détournement des sources d'alimentation** en eau tel que les **captages d'eau de surface ou souterraine**, les **pollutions d'origine agricole** (avec l'apparition possible d'algues filamenteuses) et le **changement climatique** (Bensettiti *et al.*, 2002 ; UMS Patrinat, 2019).

Tableau 15. Résultats du dernier rapportage (2013-2018) sur l'état de conservation des sources pétrifiantes avec formation de travertins au sein du domaine biogéographique **alpin**.

Code UE	Aire de répartition	Surface	Structure et fonctions	Perspectives futures	État de conservation
7220*	Favorable	Inconnu	Inconnu	Inconnu	Inconnu

Tableau 16. Résultats du dernier rapportage (2013-2018) sur l'état de conservation des sources pétrifiantes avec formation de travertins au sein du domaine biogéographique **continental**.

Code UE	Aire de répartition	Surface	Structure et fonctions	Perspectives futures	État de conservation
7220*	Favorable	Défavorable inadéquat	Favorable	Favorable	Défavorable inadéquat

Tableau 17. Résultats du dernier rapportage (2013-2018) sur l'état de conservation des sources pétrifiantes avec formation de travertins au sein du domaine biogéographique **atlantique**.

Code UE	Aire de répartition	Surface	Structure et fonctions	Perspectives futures	État de conservation
7220*	Inconnu	Inconnu	Défavorable inadéquat	Défavorable mauvais	Défavorable mauvais

Tableau 18. Résultats du dernier rapportage (2013-2018) sur l'état de conservation des sources pétrifiantes avec formation de travertins au sein du domaine biogéographique **méditerranéen**.

Code UE	Aire de répartition	Surface	Structure et fonctions	Perspectives futures	État de conservation
7220*	Défavorable mauvais	Défavorable mauvais	Défavorable mauvais	Défavorable mauvais	Défavorable mauvais

Pré-grille d'évaluation d'état de conservation

Les indicateurs proposés ci-après sont le résultat de **recherches bibliographiques** (Tableau 19).

Tableau 19. Pré-grille d'indicateurs proposée pour l'évaluation de l'état de conservation de l'habitat « Sources pétrifiantes avec formation de travertins (*Cratoneurion*) » (UE 7220*) à l'échelle des sites Natura 2000.

Paramètre	Critère	Indicateur	Échelle	Résultats attendus
Surface	Surface couverte	Évolution de la surface couverte par l'habitat	Site	Progression, stabilité
				Régression
Structures et fonctions	Composition floristique	Algues du genre <i>Vaucheria</i>	Placette/Polygone/Écocomplexe ?	Absence
				Présence
		Recouvrement des ligneux (%)	Polygone ou placette	< 5
				5-20
				> 20
		Recouvrement de la strate herbacée (%)	Placette	--
				--
	Espèces indicatrices de bon état	Placette	Présence	
			Absence	
	Espèces indicatrices de mauvais état	Placette	Absence	
		Présence		
	Recouvrement des espèces indicatrices de piétinement (%)	Placette	--	
		--		
	Bryophytes spécialisées (Bonus)	Polygone	Présence	
	Composition faunistique	Odonates (Bonus)	Écocomplexe	Présence
Altérations	Atteintes lourdes	Somme des atteintes quantifiables en surface	Polygone	Somme des points = 0
				Somme des points = 1
				Somme des points = 2
				Somme des points ≥ 3
	Atteintes diffuses	Impact des atteintes difficilement quantifiables en surface	Site/Bassin versant	Impact négligeable ou nul
				Impact moyen
			Impact fort	

Les notions de **polygone d'habitat**, **placette** et **écocomplexe** sont définies dans la partie 1 du présent rapport. Les indicateurs sont proposés comme rendant potentiellement compte de l'état de conservation de l'habitat. Ils doivent être discutés, testés sur le terrain, analysés et validés en 2020. Il s'agira alors de proposer une grille d'évaluation semblable à celles proposées pour les autres habitats, avec des **valeurs seuils** et des **notes associées**. La phase de test prévue en 2020 devra également permettre de définir précisément **les limites de l'habitat**, ainsi que les **états de référence**.

Premières descriptions, propositions de protocoles et méthodes

Paramètre « Surface »

Évolution de la surface couverte

Cet indicateur est largement utilisé dans les différentes études de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire à l'échelle des sites Natura 2000. La réduction de surface des bas-marais calcaires est une menace pour leur pérennité et celle des espèces animales et végétales inféodées à ces milieux. La mesure de l'évolution de la surface couverte par l'habitat permet d'observer une **éventuelle fermeture des sites par boisement**, ainsi que des **phénomènes de remblaiement, de drainage, etc.** La surface optimale nécessaire pour le bon fonctionnement de l'habitat est difficile à définir, c'est pourquoi on s'intéressera uniquement à évaluer la **tendance d'évolution de l'habitat** (stabilité, progression ou régression). La démarche à adopter pour la mesure de l'indicateur est résumée ci-dessous (Figure 39).

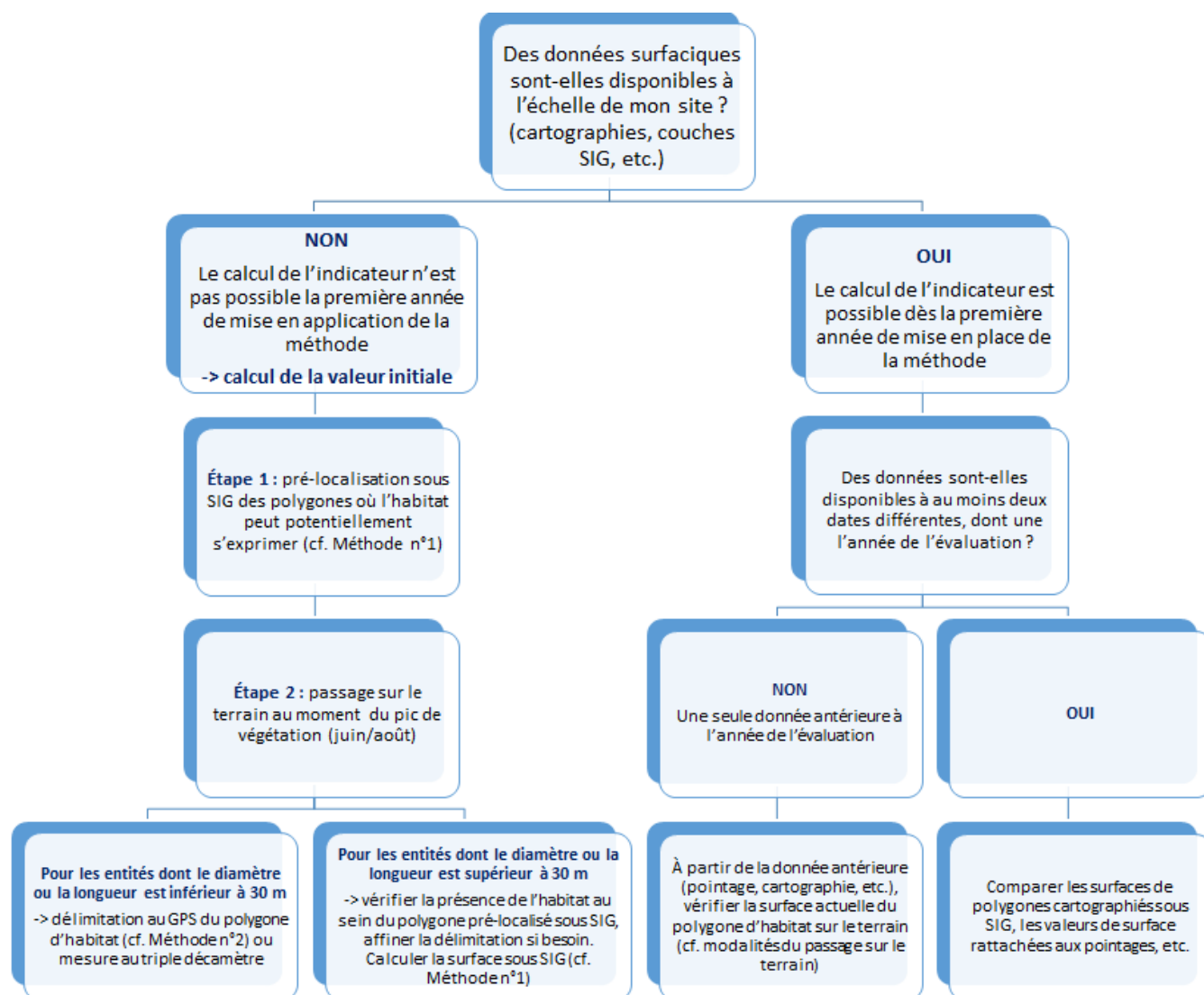


Figure 39. Démarche à adopter pour mesurer l'évolution de la surface couverte par l'habitat à l'échelle du site Natura 2000 en fonction des données disponibles.

Par défaut, on préconisera d'évaluer l'évolution de surface sur un pas de temps de six ans. La régression de surface de l'habitat sera avérée lorsqu'il y a une perte équivalente à 1 % par an. Ce seuil de régression, fixé selon la méthode communautaire du rapportage (art. 17) à 1 % par année, devrait, dans l'idéal, être adapté à l'échelle de chaque site Natura 2000 par l'opérateur. Par ailleurs, le seuil de régression fixé ne doit pas être trop bas afin de prendre en compte le **biais observateur** lors de l'estimation de la surface de l'habitat. La périodicité de l'évaluation, c'est-à-dire le pas de temps entre les données surfaciques, dépend également des données dont l'opérateur dispose.

Méthode n°1 : La pré-localisation des polygones d'habitat où les sources pétrifiantes peuvent potentiellement s'exprimer peut être effectuée sous **Système d'information géographique (SIG)** à l'aide d'**ortho-photographies**, c'est-à-dire des photographies aériennes rectifiées, telles que prises à la verticale. D'autres couches peuvent être utilisées, ces dernières sont présentées ci-dessous (Tableau 20 et Figure 30).

Tableau 20. Exemple de couches exploitables sous SIG afin de procéder au pré-repérage des polygones.

Couche	Source	Utilité
SCAN 25®	©IGN	Repérage de la topographie, des cours d'eau, des toponymes, des mares, etc.
BD ORTHO®	©IGN	Repérage des différents faciès de végétation, des indices de remontées de nappe, des étangs, des mares, etc.
Bing Aerial®	©Microsoft Corporation	Peut se substituer à la couche précédente
Limites des sites Natura 2000 (ZSC)	©UMS Patrinat	Cadrage géographique
Grille de maille 2 500 m x 500 m		Aide à la progression de la photo-interprétation et vérification des mailles



Figure 30. Exemple schématique de délimitation d'une tourbière sous SIG (source : IGN). La présence de l'habitat Sources pétrifiantes est à vérifier sur le terrain.

L'analyse sous SIG ne peut être dispensée d'une **vérification de la présence de l'habitat sur le terrain** si cette dernière n'est pas connue de l'opérateur au préalable. Cette vérification pourra affiner la délimitation des polygones sous SIG.

Protocole : Sous QGIS, la délimitation de l'habitat peut être effectuée à l'aide de l'outil « ajouter une entité » présent dans la barre d'outils de numérisation. Une fois l'entité construite (le polygone d'habitat), sa surface peut être extraite via la calculatrice de champ. Celle-ci crée automatiquement un nouveau champ de surface contenant l'expression « \$area ». À savoir que l'unité du calcul sera celle de la projection. La digitalisation des polygones sera

effectuée à une échelle comprise entre 1/2 500 et 1/1 000.

Méthode n°2 : Une autre méthode consiste à **délimiter les contours des habitats sur le terrain à l'aide d'un GPS** possédant une fonction de tracé avec lequel le tour du polygone d'habitat sera effectué. Une surface pourra ainsi en être extraite sous SIG (Figure 31) ou directement sur le GPS (en fonction du matériel). Cette méthode, applicable notamment aux polygones non digitalisables sous ortho-photographies, est plus précise que la précédente mais demande un coût humain plus important.

Protocole : La fonction tracé (« track » en anglais) dont dispose la plupart des GPS, permet de tracer un parcours plus ou moins précis en fonction de l'intervalle de distance entre les mesures choisies dans le GPS et en fonction de la précision du GPS lui-même. Dans le cas où le calcul de surface n'est pas directement effectué par le GPS, le tracé est à insérer sous SIG puis à convertir en entité polygonale via l'outil « De lignes à polygones » des outils de géométrie. Comme pour la **Méthode n°1**, la surface est extraite via l'expression « \$area », sous QGIS, et comparée à la surface des années antérieures.

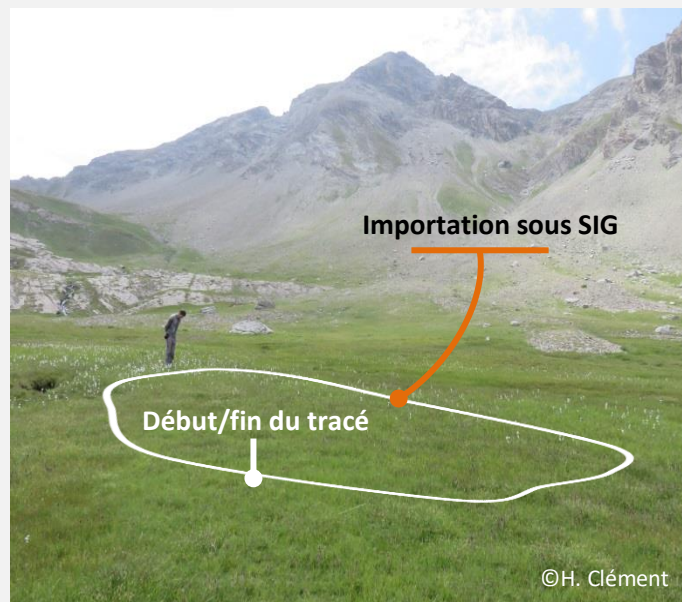


Figure 31. Exemple schématique de délimitation d'un habitat tourbeux à l'aide d'un GPS.

D'autres méthodes existent afin de mesurer la surface (**drones** qui fournissent des images ortho-rectifiées, **photographies prises en ULM**, etc.). En dernier recours, si aucune donnée surfacique n'est disponible et que le temps imparti à la mesure de l'indicateur est faible, l'opérateur, ayant au préalable une bonne connaissance de l'habitat sur le site, pourra utiliser **l'avis d'expert** pour juger de l'évolution de surface.

Lorsque l'habitat est représenté par plusieurs polygones de sources pétrifiantes à l'échelle du site Natura 2000, **la somme des surfaces des polygones correspond à la surface totale de l'habitat**. Suivant la configuration de l'habitat à l'échelle du site Natura 2000 et en fonction du temps dont l'opérateur dispose, on pourra envisager de mesurer l'évolution de surface de l'ensemble des polygones de sources pétrifiantes présents sur le site, ou bien d'effectuer un **échantillonnage de polygones représentatif, à suivre dans le temps**. Dans le cas d'un habitat en mosaïque, l'évaluation de la surface couverte sera effectuée au niveau de la **mosaïque d'habitats**.

Remarques : plus le temps et la précision consacrés à la délimitation seront importants, meilleur sera le résultat. Les **causes** de l'évolution de la surface de l'habitat étudié doivent être renseignées (boisement, assèchement, etc.). Des **conditions climatiques similaires** entre les deux dates de comparaison choisies sont nécessaires, les habitats humides étant variables d'une année à l'autre suivant leur mise en eau.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Notes
Surface couverte	Fonctionnement général, perspectives, pérennité de l'habitat et des espèces, dynamique de l'habitat	Site	Stabilité, progression	0
			Régression	-10

Paramètre « Structures et fonctions »

Algues du genre *Vaucheria*

La présence d'algues du genre *Vaucheria* indique un **enrichissement de l'eau**, particulièrement en **phosphate**, négatif pour l'état de conservation de l'habitat (Lyons et Kelly, 2016). Ce genre d'algues se distingue par la formation de colonies d'apparence vert foncé ou encore noirâtre sous forme de tapis (Tableau 21). Elle indique un niveau élevé de nutriments dans l'eau. L'identification des algues nécessite un microscope. Cet indicateur reste à développer du fait de la difficulté d'application.

Tableau 21. Algue du genre *Vaucheria* (à gauche, en vue d'ensemble ; à droite, siphon et organes reproducteurs au microscope).



Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus
Composition floristique	Perspectives futures, eutrophisation, dysfonctionnement	Placette/Polygone/Écocomplexe ?	Absence
			Présence

Recouvrement des ligneux (%)

La présence d'arbustes dans cet habitat semble être négative pour sa conservation. Un fort recouvrement des ligneux (*Calluna vulgaris*, *Acer* spp., *Fraxinus* spp., *Rubus* spp., *Salix* spp., *Hedera* spp., etc.), dans les régions non boisées, peut mener à un **assèchement de l'habitat** (Lyons et Kelly, 2016 ; Hugonnot *et al.*, 2019).

Méthode : Le but est ici d'évaluer visuellement le **recouvrement des ligneux** et de les **identifier**, lorsque cela est possible. Une simple estimation visuelle du recouvrement des ligneux à l'échelle de la placette ou bien du polygone sera effectuée. Un relevé phytosociologique ou floristique pourra également être réalisé à l'échelle de la placette.

Protocole : Pour évaluer cet indicateur à l'échelle de la placette, il faut dans un premier temps la délimiter. La **forme de la placette** va dépendre de la **configuration du polygone** et pourra ainsi être de forme circulaire, carrée, rectangulaire, linéaire, etc. Les relevés fragmentés sont également possibles si les patches d'habitat ont la même composition floristique, la même physionomie de végétation et sont soumis à une même gestion (l'absence de gestion en fait partie). On évitera de se placer en marge du polygone où des végétations extérieures à l'habitat pourraient être rencontrées (**effet de lisière**). **Il est conseillé de noter la valeur exacte du recouvrement des ligneux, ainsi que les espèces présentes sur la fiche de relevé.** Une aide à l'estimation du recouvrement est disponible ci-dessus (Figure 32).

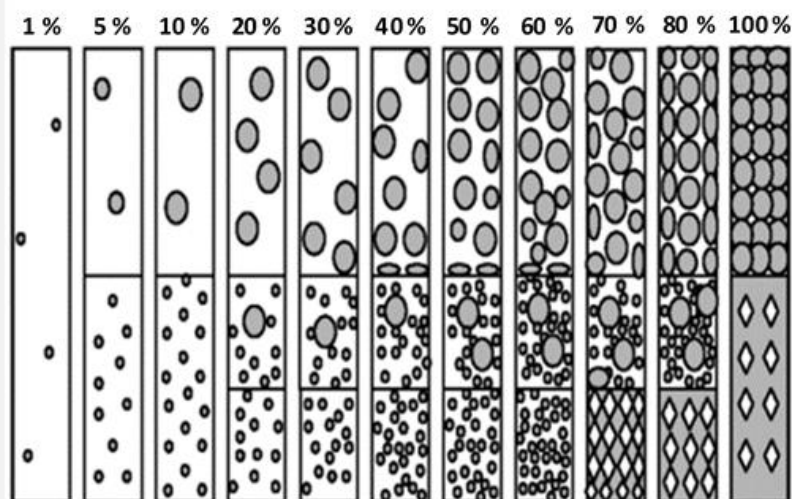


Figure 32. Aide à l'estimation des recouvrements (source : N. Fromont).

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus
Composition floristique	Assèchement, eutrophisation, dynamique naturelle et structure de l'habitat	Placette ou polygone	< 5
			5-20
			> 20

Recouvrement de la strate herbacée (%)

Comme le recouvrement des ligneux, l'apparition de plantes herbacées, notamment **d'espèces de pelouses calcicoles**, est un signe d'assèchement du milieu (Hugonnot *et al.*, 2019). Il s'agira de tester l'indicateur sur le terrain afin de juger de sa pertinence, l'habitat comprenant **deux types de groupements**, un à dominance **bryophytique** et un à dominance **phanérogamique**. On appellera **strate herbacée**, la strate (généralement **inférieure à 1 m**, les grands héliophytes étant à inclure dans cette strate) incluant **toutes les espèces herbacées et ptéridophytes**. Pour éviter toute redondance avec l'indicateur précédent, il a été choisi d'exclure les ligneux. Les bryophytes, quant à elles, appartiennent à la strate bryophytique et ne sont pas à inclure dans l'indicateur.

Méthode : Une simple estimation visuelle du recouvrement total des espèces herbacées et ptéridophytes sera effectuée. Le recouvrement de la strate herbacée pourra également être noté grâce à un relevé phytosociologique ou floristique à l'échelle de la placette.

Protocole : Dans le cas où le recouvrement des ligneux a été relevé à l'échelle de la placette, on utilisera la même placette pour mesurer l'indicateur. Sinon, il s'agira de la délimiter (cf. Protocole de l'indicateur « Recouvrement des ligneux »). La valeur de l'indicateur correspondra à la **somme des recouvrements estimés de chaque espèce herbacée et de ptéridophyte présente. Les ligneux et bryophytes ne sont pas à prendre en compte.** Une aide à l'estimation du recouvrement est disponible ci-contre (Figure 33). **Il est conseillé de noter la valeur exacte du recouvrement de chaque espèce herbacée présente, ainsi que le nom des espèces sur la fiche de relevé, en vue du calcul des indicateurs suivants.**

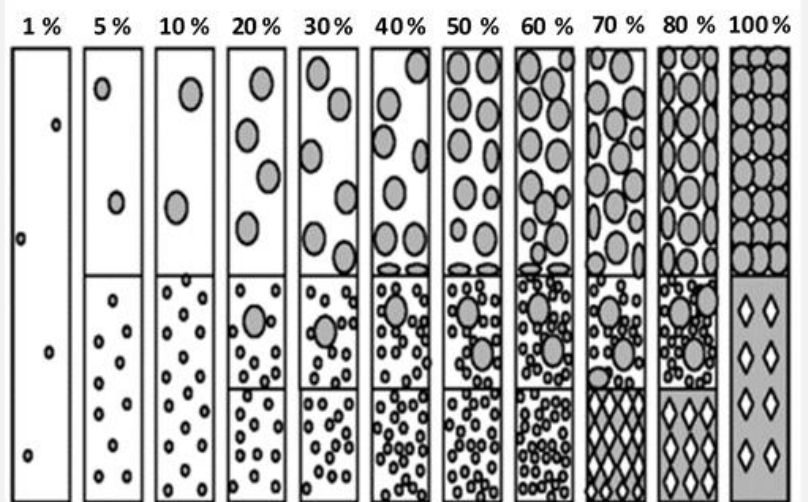


Figure 33. Aide à l'estimation des recouvrements (source : N. Fromont).

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus
Composition floristique	Assèchement	Placette	--
			--

Espèces indicatrices d'un bon état

Bien que rare, la présence des espèces de bryophytes *Hymenostylium recurvirostrum*, *Mesoptychia bantriensis*, *Orthothecium rufescens* et *Tomentypnum nitens* semble indiquer un très bon état de l'habitat. Les espèces ***Aneura pinguis***, ***Apopellia endiviifolia***, *Campylium stellatum*, *Carex lepidocarpa*, *C. panicea*, *Didymodon tophaceus*, ***Equisetum telmateia***, *Eucladium verticillatum*, ***Jungermannia atrovirens***, ***Lysimachia tenella***, *Palustriella commutata*, *P. falcata*, *Philonotis calcarea*, ***Pinguicula vulgaris***, ***Saxifraga aizoides*** et *Scorpidium cossonii* (en gras les espèces les plus faciles à identifier sur le terrain) font partie des espèces indicatrices d'un bon état de conservation de l'habitat et sont plus communes (Lyons et Kelly, 2016). L'indicateur doit être validé et développé, le cas échéant, via consultation des experts.

Méthode : En ciblant exclusivement les espèces de la liste (Tableau 22), on pourra rechercher leur seule présence au sein de la placette. La présence des espèces indicatrices de bon état pourra également être notée grâce à un relevé phytosociologique ou floristique à l'échelle de la placette.

Protocole : On utilisera la même placette utilisée pour la mesure du recouvrement de la strate herbacée. **Il est conseillé de noter le nom de chaque espèce indicatrice de bon état sur la fiche de relevé.**

Tableau 22. Espèces indicatrices de bon état pour les sources pétrifiantes.



Aneura pinguis (L.) Dumort



Apopellia endiviifolia (Dicks.) Nebel & D. Quandt



Campylium stellatum (Hedw.) Lange & C.E.O. Jensen



Carex lepidocarpa Tausch



Carex panicea L.



Didymodon tophaceus (Brid.) Lisa



©A.-H. Paradis & R. Poncet

***Equisetum telmateia* Ehrh.**



©H. Tinguy

***Eucladium verticillatum* (With.) Bruch & Schimp.**



©M. Lapointe

***Hymenostylium recurvirostrum* (Hewd.) Dixon**



© H. TINGUY

***Jungermannia atrovirens* Dumort.**



©M. Mistarz

***Lysimachia tenella* L.**



©P. Boudier

***Mesoptychia bantriensis* (Hook.) L.Söderstr. & Váňa**



Orthothecium rufescens (Dicks. Ex Brid.) Schimp.



Palustriella commutata (Hedw.) Ochyra



Palustriella falcata (Brid.) Hedenäs



Philonotis calcarea (Bruch & Schimp.) Schimp.



Pinguicula vulgaris L.



Saxifraga aizoides L.



Scorpidium cossonii (Schimp.) Hedenäs



Tomentypnum nitens (Hedw.) Loeske

Remarques : il est fortement recommandé d'utiliser une flore adaptée au contexte local lorsque disponible, en cas de doute.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus
Composition floristique	Bon état de conservation de l'habitat (à préciser)	Placette	Présence
			Absence

Espèces indicatrices d'un mauvais état

Les espèces *Dactylis glomerata*, *Epilobium hirsutum*, *Eupatorium cannabinum*, *Helosciadium nodiflorum*, *Heracleum sphondylium*, *Juncus effusus*, *Petasites hybridus*, *Phragmites australis*, *Rumex obtusifolius* et *Urtica dioica* sont mentionnées comme étant compétitrices des espèces caractéristiques de l'habitat (Lyons et Kelly, 2016). Ces espèces sont parfois présentes en marge de l'habitat. Lorsqu'elles sont présentes au sein de l'habitat dans la partie où le tuf est créé, cela peut indiquer une **perturbation** et une **quantité anormale de nutriments**. L'**eutrophisation** est une des menaces les plus importantes pour cet habitat. Les bryophytes sont très sensibles aux modifications et à la qualité de l'eau. Un enrichissement en éléments nutritifs comme l'azote et le phosphore est défavorable à l'état de conservation (Boucard *et al.*, 2013 ; Hugonnot *et al.*, 2019). Comme le précédent indicateur, celui-ci doit être validé et développé, le cas échéant, via consultation des experts.

Méthode : En ciblant exclusivement les espèces de la liste (Tableau 23), on pourra rechercher leur seule présence au sein de la placette. La présence des espèces indicatrices de mauvais état pourra également être notée grâce à un relevé phytosociologique ou floristique à l'échelle de la placette.

Protocole : On utilisera la même placette utilisée pour la mesure de l'indicateur précédent. **Il est conseillé de noter le nom de chaque espèce indicatrice de mauvais état sur la fiche de relevé.**

Tableau 23. Espèces indicatrices d'un mauvais état pour les sources pétrifiantes.



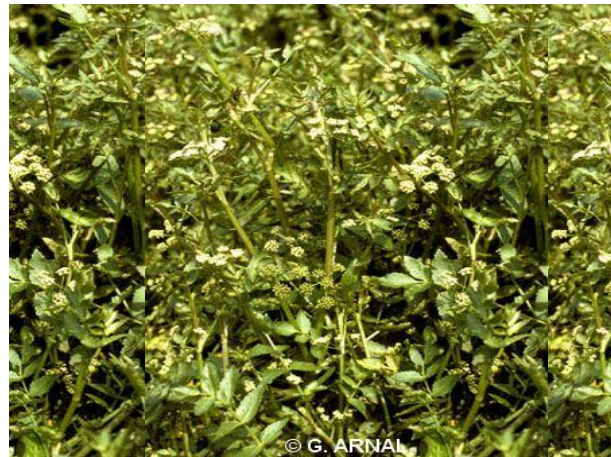
***Dactylis glomerata* L.**



***Epilobium hirsutum* L.**



***Eupatorium cannabinum* L.**



***Helosciadium nodiflorum* (L.) W.D.J.Koch**



***Heracleum sphondylium* L.**



***Juncus effusus* L.**



Petasites hybridus (L.) G.Gaertn., B.Mey. & Scherb.



Phragmites australis (Cav.) Trin. Ex Steud.



Rumex obtusifolius L.



Urtica dioica L.

Remarques : il est fortement recommandé d'utiliser une flore adaptée au contexte local lorsque disponible, en cas de doute.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus
Composition floristique	Perturbation, eutrophisation (à préciser)	Placette	Absence
			Présence

Recouvrement des espèces indicatrices de piétinement (%)

Les bryophytes sont particulièrement sensibles au **piétinement** lorsque celui-ci est trop important (Hugonnot *et al.*, 2019). Comme l'indicateur précédent, celui-ci doit être validé et développé, le cas échéant, via consultation des experts. Une liste d'espèces devra être créée.

Méthode : En ciblant exclusivement les espèces de la liste que l'opérateur aura créée, on pourra estimer leur seul recouvrement au sein de la placette. Le recouvrement des espèces indicatrices de piétinement pourra également être noté grâce à un relevé phytosociologique ou floristique à l'échelle de la placette.

Protocole : On utilisera la même placette utilisée pour la mesure de l'indicateur précédent. Une aide au recouvrement est disponible ci-contre (Figure 34). **Il est conseillé de noter le nom de chaque espèce indicatrice de piétinement, ainsi que le recouvrement associé, sur la fiche de relevé.**

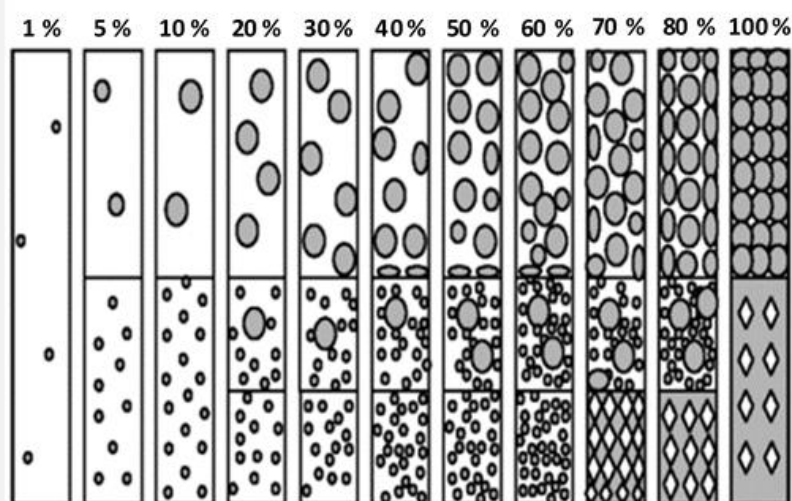


Figure 34. Aide à l'estimation des recouvrements (source : N. Fromont).

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus
Composition floristique	Piétinement, destructions des espèces caractéristiques de l'habitat (en particulier les bryophytes)	Placette	--
			--

Bryophytes spécialisées (Bonus)

L'indicateur reste à développer et devra être validé (Boucard *et al.*, 2013 ; Hugonnot *et al.*, 2019).

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus
Composition floristique	Bon fonctionnement de l'habitat	Placette	Présence

Odonates (Bonus)

L'indicateur reste à développer, notamment concernant les **larves d'odonates** (Pešić *et al.*, 2017), et devra être validé. Des questions se posent néanmoins quant à la pertinence de l'indicateur dans le **cas des végétations alticoles**.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus
Composition faunistique	Fonctionnalité de l'habitat	Écocomplexe	Présence

Paramètre « Altérations »

Somme des atteintes quantifiables en surface

Les tourbières sont sujettes depuis de nombreuses années au **drainage**, au **piétinement par le bétail**, à l'**érosion due aux activités anthropiques, au remblaiement, etc.** (Bensettiti *et al.*, 2002 ; Manneville *et al.*, 2006 ; Clément et Gaucherand, 2016). La perturbation de la couche de bryophytes est un point important dans la dégradation de l'état de conservation de cet habitat. Moins de 10 % de la surface devrait être perturbé. Cela inclut le **piétinement**, les **traces de véhicules**, etc. qui peuvent amener à l'érosion du terrain. Du fait de la dépendance de cet habitat des apports en eau réguliers, la présence de **drains** (fossés, etc.), à hauteur de 10 % de la surface ou plus, est négatif pour sa conservation. En état de conservation favorable, moins de 5 % de la surface doit présenter des signes d'érosion.

Méthode : On relèvera **toutes les atteintes visibles à l'échelle du polygone** en leur attribuant une estimation de **surface du polygone impactée**.

Protocole : Chaque atteinte relevée se voit attribuer une **note** de 1 à 2 selon son origine (anthropique ou naturelle), la surface d'habitat impactée ou encore sa localisation par rapport au polygone. **La somme des notes attribuées à chaque atteinte donne la note globale de l'indicateur**. Le tableau ci-dessous donne une liste des atteintes quantifiables en surface potentiellement présentes sur les sources pétrifiantes (Tableau 24).

Tableau 24. Liste des atteintes quantifiables en surface pouvant affecter les sources pétrifiantes.

Atteintes quantifiables (polygone)	Points
Passage de quads, piétinement dû à la fréquentation (< 50 %)*	1
Passage de quads, piétinement dû à la fréquentation (> 50 %)*	2
Passage de sangliers (> 80 %)	1
Artificialisation des berges	2
Passage d'engins lourds	2
Dépôts de matériaux/décharge	2
Extraction de matériaux/tourbe	2
Plantations en périphérie	1
Plantations au centre*	2
Drains	1
Incendies	1
Bois mort	1
Curage des berges	2
Broyage	2

Remarques : La liste proposée est non exhaustive et peut être complétée par l'opérateur. Attention toutefois à ne pas ajouter une atteinte pouvant déjà être prise en compte dans le cadre de l'évaluation d'un autre indicateur afin d'éviter toute redondance. C'est notamment le cas en l'état avec les indicateurs marqués d'un *, redondants avec les indicateurs de composition floristique.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus
Atteintes lourdes	Fonctionnement général, connectivité, capacité de résilience	Polygone	0
			1
			2
			3
			≥ 4

Atteintes dont l'impact est difficilement quantifiable en surface



Photo 11. Captage d'eau potable sur un site Natura 2000 présentant des habitats tourbeux.

Ce sont des atteintes dont l'impact ne peut être quantifié en surface (Photo 11). Depuis plusieurs décennies, la conservation des tourbières est affectée par les atteintes diffuses telles que **la surfréquentation, les rejets ponctuels, la pollution, etc.** (Bensettiti *et al.*, 2002 ; Clément et Gaucherand, 2016). Dans la continuité des méthodes d'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire, cet indicateur est pris en compte. La complétude de la liste des atteintes diffuses évoluera suite aux différentes phases de terrain.

Méthode : Il s'agit d'évaluer l'**impact** des atteintes difficilement quantifiables en surface à l'échelle du **site ou du bassin versant** sur l'état de conservation de l'habitat.

Protocole : Toutes les atteintes présentes sur le site ou le bassin versant qui peuvent avoir un impact sur l'état de conservation de l'habitat doivent être recensées. Les atteintes potentielles sont listées ci-dessous (Tableau 25). À **dire d'expert**, il s'agit d'évaluer l'impact global de toutes les atteintes recensées sur l'état de conservation de l'habitat.

Tableau 25. Exemple d'atteintes difficilement quantifiables en surface pouvant affecter les sources pétrifiantes.

Atteintes difficilement quantifiables en surface
Drainage, assèchement
Activités de pompage, extraction de matériaux
Rejets ponctuels, pollutions
Chaulage
Agriculture avec usage d'intrants
Sports de montagne (ski, etc.)
Surfréquentation
Barrage
Endiguement
Chenalisation
Lac de retenue d'eau
Aménagement chemin carrossable

Remarques : La liste proposée est non exhaustive et peut être complétée par l'opérateur.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Notes
Atteintes diffuses	Fonctionnement général, capacité de résilience, pérennité de l'habitat	Site/Bassin versant	Impact négligeable ou nul	0
			Impact moyen	-10
			Impact moyen	-20

Bibliographie

Bensettiti F., Gaudillat V. & Hauray J., 2002. - *Cahiers d'habitats Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats d'intérêt communautaire. Tome 3. Habitats humides*. Éd. La Documentation française. 457p.

Boucard E., Scagni J. & Voirin M., 2013. - Étude et cartographie des sources pétrifiantes avec formation de travertins (*Cratoneurion* – code Natura 2000 : *7220) du site Natura 2000 FR4301334 : « Petite Montagne du Jura ». Mosaïque environnement & esope, Communauté de communes de la Petite Montagne. 43p.

Clément H. & Gaucherand S., 2016. - BILAN DU PLAN D'ACTION ZONES HUMIDES DE VAL THORENS. Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture. 101p.

Hugonnot V., Vanderpert H. & Granato L., 2019. - Mise en place d'un suivi de la végétation des tufs - Guide méthodologique. Réserve Naturelle Régionale de Saint-Maurin, Conservatoire d'espaces naturels Provence-Alpes-Côte d'Azur. 28p.

Lyons M.D. & Kelly D.L., 2016. - Monitoring guidelines for the assessment of petrifying springs in Ireland. *Irish Wildlife Manuals* n°34. National Parks and Wildlife Service, Department of Arts, Heritage, Regional, Rural and Gaeltacht Affairs. 73p.

Manneville O., Vergne V., Villepoux O. & Matthey W., 2006. - *Le monde des tourbières et des marais : France, Suisse, Belgique et Luxembourg*. Paris : Delachaux et Niestlé. Nouvelle édition, Septembre 2006. 320p.

Pešić, V., Gligorović, B., Savić, A., & Buczyński, P., 2017. - Ecological patterns of Odonata assemblages in karst springs in central Montenegro. *Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems*, 418, 3.

UMS Patrinat, 2019. - Résultats synthétiques de l'état de conservation des habitats et des espèces, période 2013-2018. Rapportage article 17 envoyé à la Commission européenne, avril 2019.



**État de conservation des
« Tourbières basses alcalines »
(UE 7230)**
Guide d'évaluation à l'échelle des sites
Natura 2000



© M. Mistarz

L'UMS Patrimoine naturel - PatriNat

Centre d'expertise et de données sur la nature



Depuis janvier 2017, l'Unité Mixte de Service Patrimoine naturel assure des missions d'expertise et de gestion des connaissances pour ses trois tutelles, que sont le Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN), l'Office français pour la biodiversité (OFB) et le Centre national de la recherche scientifique (CNRS).

Son objectif est de fournir une expertise fondée sur la collecte et l'analyse de données de la biodiversité et de la géodiversité présentes sur le territoire français, et sur la maîtrise et l'apport de nouvelles connaissances en écologie, sciences de l'évolution et anthropologie. Cette expertise, établie sur une approche scientifique, doit contribuer à faire émerger les questions et à proposer les réponses permettant d'améliorer les politiques publiques portant sur la biodiversité, la géodiversité et leurs relations avec les sociétés et les humains.

En savoir plus : patrinat.fr

Co-directeurs :

Laurent PONCET, directeur en charge du centre de données

Julien TOUROULT, directeur en charge des rapportages et de la valorisation

Inventaire National du Patrimoine Naturel



Porté par l'UMS PatriNat, cet inventaire est l'aboutissement d'une démarche qui associe scientifiques, collectivités territoriales, naturalistes et associations de protection de la nature, en vue d'établir une synthèse sur le patrimoine naturel en France. Les données fournies par les partenaires sont organisées, gérées, validées et diffusées par le MNHN. Ce système est un dispositif clé du Système d'Information sur la Nature et les Paysages (SINP) et de l'Observatoire National de la Biodiversité (ONB).

Afin de gérer cette importante source d'informations, le Muséum a construit une base de données permettant d'unifier les données à l'aide de référentiels taxonomiques, géographiques et administratifs. Il est ainsi possible d'accéder à des listes d'espèces par commune, par espace protégé ou par maille de 10x10 km. Grâce à ces systèmes de référence, il est possible de produire des synthèses, quelle que soit la source d'information.

Ce système d'information permet de consolider des informations qui étaient jusqu'à présent dispersées. Il concerne la métropole et l'outre-mer, aussi bien sur la partie terrestre que marine. C'est une contribution majeure pour la connaissance naturaliste, l'expertise, la recherche en macroécologie et l'élaboration de stratégies de conservation efficaces du patrimoine naturel.

En savoir plus : inpn.mnhn.fr

Description de l'habitat

L'habitat « Tourbières basses alcalines » est caractérisé par un sol généralement tourbeux (horizon histique), constitué de matière organique, constamment gorgé d'eau, avec le développement d'une stratification végétale comprenant une **strate muscinale** composée de **mousses brunes** (**Hypnacées** telles que *Drepanocladus* spp., *Scorpidium* spp. et *Campylium stellatum*) généralement productrices de tourbe et d'une **strate herbacée basse** dominée par des **Cypéracées** (*Carex* spp., *Eleocharis* spp., *Eriophorum* spp., *Schoenus* spp.) **calciphiles** (Bensettiti *et al.*, 2002 ; Kleszczewski, 2007 ; Šefferoová Stanová *et al.*, 2008). L'habitat se développe sur



Photo 12. Communautés alpines du *Caricion davalliana* (UE 7230) (Mercantour).

différents types de terrains tels que les pentes en moyenne montagne, les dépressions humides dunaires et en plaine. Il est fortement lié à son alimentation hydrique en **eau mésotrophe à oligotrophe**, parfois **eutrophe, riche en bases** et la plupart du temps **calcaire**. Le **pH** est compris **entre 6 et 8**. **La nappe d'eau est souvent stable et proche de la surface** du sol lorsque l'habitat est en bon état de conservation (Bensettiti *et al.*, 2002 ; Mróz, 2013). Au niveau phytosociologique, les tourbières basses alcalines sont rattachées aux alliances du ***Caricion davalliana*** (communautés planitiales à montagnardes d'affinités continentale et alpine) (Photo 12) et de l'***Hydrocotylo vulgaris-Schoenion nigricantis*** (communautés planitiales d'affinité atlantique) (Photo 13), appartenant à la classe des ***Scheuchzerio palustris-Caricetea fuscae***. Si ces communautés sont relativement basses et oligotrophes, des végétations plus hautes et plus eutrophes appartenant à une autre classe, les ***Phragmito australis-Magnocaricetea elatae***, peuvent être rattachées à l'habitat (Bensettiti *et al.*, 2002). Ces « bas-marais à hautes herbes » relèvent de deux associations, le ***Lathyro palustris-Lysimachietum vulgaris*** et le ***Thelypterido palustris-Phragmitetum australis***



Photo 13. Communautés planitiales de l'*Hydrocotylo vulgaris-Schoenion nigricantis* (UE 7230) (Picardie).

(alliance du ***Magnocaricion elatae***) et se rencontrent notamment en Picardie ou en Champagne-Ardenne. Pour certains opérateurs, ces bas-marais à hautes herbes peuvent résulter d'un enrichissement trophique des bas-marais de l'***Hydrocotylo vulgaris-Schoenion nigricantis***. Le recouvrement des héliophytes, c'est-à-dire des plantes enracinées dans l'eau dont les parties aériennes restent émergées, comme *Phragmites australis*, *Cladium mariscus* ou encore *Typha* spp. y est généralement supérieur à 30 % (Photo 14). En dépit de sa variabilité, l'habitat a été décliné en un seul habitat élémentaire,

« Végétation des bas-marais neutro-alcalins » (7230-1)

(Bensettiti *et al.*, 2002).

En montagne, ce type d'habitat peut être stable au-dessus de 1 000 m d'altitude. En plaine, il évolue naturellement et de manière progressive vers une formation ligneuse constituée de *Frangula alnus*, *Salix* spp. ou encore *Alnus glutinosa*, qui remplacent les espèces indicatrices du milieu. Lorsque les tourbières basses alcalines s'eutrophisent, la quantité élevée de nutriments favorise la dominance des espèces de mégaphorbiaie telles que *Convolvulus sepium*, *Eupatorium cannabinum*, etc. Lorsque le sol est gorgé d'eau, l'habitat peut se voir envahir par des héliophytes. Enfin, dans un contexte d'acidification (ombrotrophisation notamment), les sphaignes peuvent coloniser l'habitat et modifier son évolution naturelle vers une tourbière de transition (UE 7140) ou acidiphile (UE 7110*) (Bensettiti *et al.*, 2002 ; Lopez-Pinot, 2010).

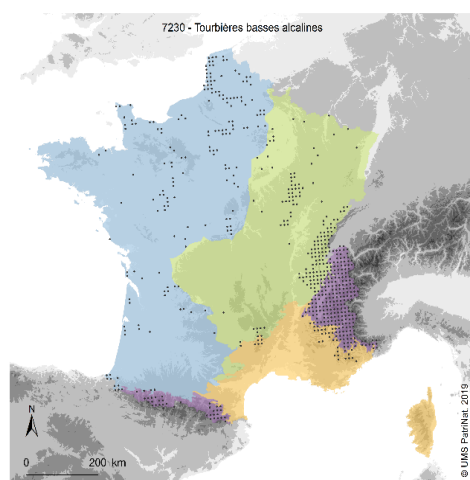


© H. Clément

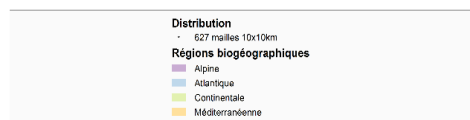
Photo 14. Communautés planitiaires du *Thelypterido palustris-Phragmitetum australis* (UE 7230)

Dans ces conditions, des espèces acidiphiles coloniseront progressivement l'habitat jusqu'à exclure les communautés neutro-alcalines. Les tourbières basses alcalines sont souvent présentes en mosaïque avec d'autres habitats d'intérêt communautaire comme les végétations à *Cladium mariscus* (UE 7210*), les tourbières hautes actives (UE 7110*), les tourbières de transition et tremblantes (UE 7140) ou encore les prairies à molinie sur calcaire et argile (*Molinion caeruleae*) (UE 6410).

Cet habitat est présent dans 239 sites Natura 2000 de l'étage planitiaire à l'étage subalpin et s'observe sur une grande partie du territoire français en régions calcaires (Carte 3). Il est toutefois en forte régression en France et en Europe (Bensettiti *et al.*, 2002 ; Šefferoová Stanová *et al.*, 2008). Le dernier rapportage (2013-2018) de la DHFF fait état d'un état de conservation « défavorable inadéquat » de l'habitat au sein du domaine biogéographique alpin (Tableau 26) (UMS Patrinat, 2019).



Évaluation de l'état de conservation
Rapportage français pour la période 2013-2018



Carte 3. Répartition de l'habitat (UE 7230) sur le territoire métropolitain.

Tableau 26. Résultats du dernier rapportage (2013-2018) sur l'état de conservation des tourbières basses alcalines au sein du domaine biogéographique alpin.

Code UE	Aire de répartition	Surface	Structure et fonctions	Perspectives futures	État de conservation
7230	Favorable	Favorable	État inconnu	Défavorable inadéquat	Défavorable inadéquat

L'état de conservation a été jugé « **défavorable mauvais** » au sein des domaines atlantique, continental et méditerranéen, avec tendances à la régression pour ces deux derniers (Tableau 27, Tableau 28 et Tableau 29).

Tableau 27. Résultats du dernier rapportage (2013-2018) sur l'état de conservation des tourbières basses alcalines au sein du domaine biogéographique **atlantique**.

Code UE	Aire de répartition	Surface	Structure et fonctions	Perspectives futures	État de conservation
7230	Défavorable inadéquat	Défavorable mauvais	Défavorable mauvais	Défavorable mauvais	Défavorable mauvais

Tableau 28. Résultats du dernier rapportage (2013-2018) sur l'état de conservation des tourbières basses alcalines au sein du domaine biogéographique **continental**.

Code UE	Aire de répartition	Surface	Structure et fonctions	Perspectives futures	État de conservation
7230	Favorable	Défavorable inadéquat	Défavorable inadéquat	Défavorable mauvais	Défavorable mauvais

Tableau 29. Résultats du dernier rapportage (2013-2018) sur l'état de conservation des tourbières basses alcalines au sein du domaine biogéographique **méditerranéen**.

Code UE	Aire de répartition	Surface	Structure et fonctions	Perspectives futures	État de conservation
7230	Favorable	Défavorable mauvais	Défavorable inadéquat	Défavorable mauvais	Défavorable mauvais

Cet habitat est principalement menacé par le **changement de son régime hydrique**, dû au **drainage agricole**, aux **captages d'eau de surface et souterraine**, au **changement climatique**, à l'**ennoisement** ou encore à la **populiculture** (Sundberg, 2004 ; Bartula *et al.*, 2011 ; UMS Patrinat, 2019). L'**abandon de la fauche et du pâturage extensif** constitue une menace (UMS Patrinat, 2019). Ces pratiques empêchent la colonisation par les ligneux sur une majorité de sites (Bensettiti *et al.*, 2002 ; Šefferoová Stanová *et al.*, 2008).

États de référence et limites de l'habitat

Préalablement à l'évaluation de l'état de conservation, il est nécessaire de fixer les limites de l'habitat considéré (à partir de quand l'entité peut être rattachée à l'habitat, même en état très dégradé, ou à partir de quand l'entité ne peut plus être rattachée à l'habitat). La détermination des **états favorables choisis** et des **états optimaux souhaités** est **propre à chaque site Natura 2000** et **doit être effectuée par l'opérateur**. Le tableau ci-dessous présente un ensemble de descripteurs pouvant aider à construire les différents états de référence des tourbières basses alcalines à l'échelle d'un site Natura 2000 (Tableau 30). Ces exemples de descripteurs doivent permettre d'aider à fixer les **notes de référence sur le gradient d'état de conservation** à l'échelle du site Natura 2000 (dégradé, altéré, états favorables choisis, états optimaux souhaités). Les courtes descriptions des autres habitats sont issues du Prodrôme des végétations de France 1 (Bardat *et al.*, 2004). Les descripteurs étant peu divergents entre l'état dégradé et l'état altéré, on gardera à l'esprit qu'un **état dégradé** correspond à un état de l'habitat dont la **restauration** impliquerait des **moyens importants et très coûteux**.

Tableau 30. Descripteurs possibles pour la définition des états de référence correspondant aux tourbières basses alcalines (UE 7230) (liste non exhaustive).

Autres habitats	Dégradé	Altéré	États favorables choisis	États optimaux souhaités
<p>Prairies des Agrostietea stoloniferae : végétations des sols engorgés ou inondables, minéraux, mésotrophes à eutrophes</p> <p>Prairies des Molinio caeruleae-Juncetea acutiflori : végétations hygrophiles à mésohygrophiles, oligotrophes à mésotrophes</p> <p>Végétations des Filipendulo ulmariae-Convulvetea sepium : mégaphorbiaies planitiaies à montagnardes, méso-eutrophes à eutrophes, inondables à humides</p> <p>Végétations méso-hygrophiles des Mulgedio alpini-Aconitetea variegati : végétations méso-hygrophiles à hautes herbes des régions montagneuses et boréales, montagnardes à subalpines</p> <p>Si <i>Cladium mariscus</i> est plus recouvrant qu'une ou plusieurs espèces caractéristiques des tourbières basses alcalines (<i>Juncus subnodulosus</i>, <i>Carex davalliana</i>, <i>Schoenus nigricans</i>, etc.), l'habitat est à rattacher aux cladiaies (UE 7210*)</p> <p>Roselières des Phragmito australis-Magnocaricetea elatae (hors associations du <i>Thelypterido palustris-Phragmitetum australis</i> et du <i>Lathyro palustris-Lysimachietum vulgaris</i>)</p> <p>Végétations des Franguletea dodonei : fourrés mésotrophes à oligotrophes se développant sur substrats humides ou secs</p> <p>Végétations des Alnetea glutinosae : forêts d'aulnes, de bouleaux ou de saules des dépressions marécageuses sur sol engorgé une grande partie de l'année</p>	<p>La présence d'espèces eutrophiles est systématique (sauf exception)</p> <p>La présence de ligneux en strate arbustive est possible</p> <p>Les atteintes d'origine anthropique sont possibles</p> <p>La présence d'espèces liées au piétinement est possible</p> <p>La présence de ligneux en strate arborée est possible</p> <p><i>Phragmites australis</i> peut être très dynamique (hors bas-marais à hautes herbes)</p>	<p>La présence d'espèces eutrophiles est possible</p> <p>La présence de ligneux en strate arbustive est possible</p> <p>Les atteintes d'origine anthropique sont possibles</p> <p>La présence d'espèces liées au piétinement est possible</p> <p>La présence de ligneux en strate arborée est possible</p> <p><i>Phragmites australis</i> peut être très dynamique (hors bas-marais à hautes herbes)</p>	<p>La présence d'espèces eutrophiles est possible (recouvrement inférieur ou égal à 1/3, soit 33 %, maximum trois espèces)</p> <p>La présence de ligneux en strate arbustive est possible</p> <p>Les atteintes d'origine anthropique sont possibles (maximum une atteinte)</p> <p>La présence de ligneux en strate arborée est possible</p> <p>La présence d'espèces liées au piétinement est possible</p> <p><i>Phragmites australis</i> peut être dynamique (hors bas-marais à hautes herbes)</p>	<p>L'habitat est très stable</p> <p>Aucune espèce de ligneux n'est présente en strate arborée</p> <p>Aucune atteinte d'origine anthropique n'est observable (sauf exception)</p> <p>La présence de ligneux en strate arbustive est possible mais limitée (recouvrement inférieur à 5 %)</p> <p>La présence d'espèces eutrophiles est possible mais limitée (recouvrement inférieur à 5 %)</p> <p>La présence d'espèces liées au piétinement est possible (recouvrement inférieur à 20 %)</p> <p><i>Phragmites australis</i> n'est jamais dynamique (hors bas-marais à hautes herbes)</p>

Grille d'évaluation d'état de conservation

Paramètre	Critère	Indicateur	Échelle	Résultats attendus	Notes
Surface	Surface couverte	Évolution de la surface couverte par l'habitat	Site	Progression, stabilité	0
				Régression	-10
Structures et fonctions	Composition floristique	Colonisation ligneuse : strate arbustive (1-7 m) (%)	Polygone ou placette	< 5	0
				5-25	-15
				25-50	-30
				> 50	-45
		Colonisation ligneuse : strate arborée (> 7 m) (%)	Polygone ou placette	< 15	0
				15-75	-5
				> 75	-10
				Recouvrement des espèces indicatrices d'un enrichissement trophique (%)	Placette
		10-30	-20		
		30-50	-40		
		> 50	-60		
		Recouvrement des espèces liées au pâturage (%)	Placette	< 5	0
	5-25			-15	
	25-50			-30	
> 50	-45				
Composition faunistique	Invertébrés (bonus) : <i>Vertigo geyeri</i> (montagne), <i>V. angustior</i> (plaine)	Polygone ou placette	Présence	+10	
Altérations	Atteintes lourdes	Recouvrement des atteintes quantifiables en surface	Polygone	Somme des points = 0	0
				Somme des points = 1	-5
				Somme des points = 2	-10
				Somme des points ≥ 3	-15
	Atteintes diffuses	Impact des atteintes difficilement quantifiables en surface	Site/Bassin versant	Nul ou faible	0
				Moyen	-10
				Fort	-20

Les notions de **polygone d'habitat** et **placette** sont définies dans la partie 1 du présent rapport. Pour les tourbières basses alcalines, on prévoira une **placette de 25 à 100 m²** en fonction de la taille du polygone d'habitat et de la diversité floristique au sein du polygone. La **forme de la placette sera adaptée à la forme du polygone** (circulaire, rectangulaire, linéaire, etc.). L'agrandissement de la taille de la placette permettra de contacter le maximum d'espèces occasionnelles. Les passages de terrain permettant l'évaluation de l'état de conservation devront être effectués au moment du **pic de végétation**, c'est-à-dire en **juin/début juillet (en plaine)**, les relevés doivent être effectués avant la période de mise en pâture, si possible) et en **juillet/août (en montagne)**.

Description des indicateurs

Paramètre « Surface »

Évolution de la surface couverte par l'habitat

Cet indicateur est largement utilisé dans les différentes études de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire à l'échelle des sites Natura 2000. La réduction de surface des bas-marais calcaires est une menace pour leur pérennité et celle des espèces animales et végétales inféodées à ces milieux. La mesure de l'évolution de la surface couverte par l'habitat permet d'observer une **éventuelle fermeture des sites par boisement**, ainsi que des **phénomènes de remblaiement, de drainage, etc.** La surface optimale nécessaire pour le bon fonctionnement de l'habitat est difficile à définir, c'est pourquoi on s'intéressera uniquement à évaluer la **tendance d'évolution de l'habitat** (stabilité, progression ou régression). La démarche à adopter pour la mesure de l'indicateur est résumée ci-dessous (Figure 35).

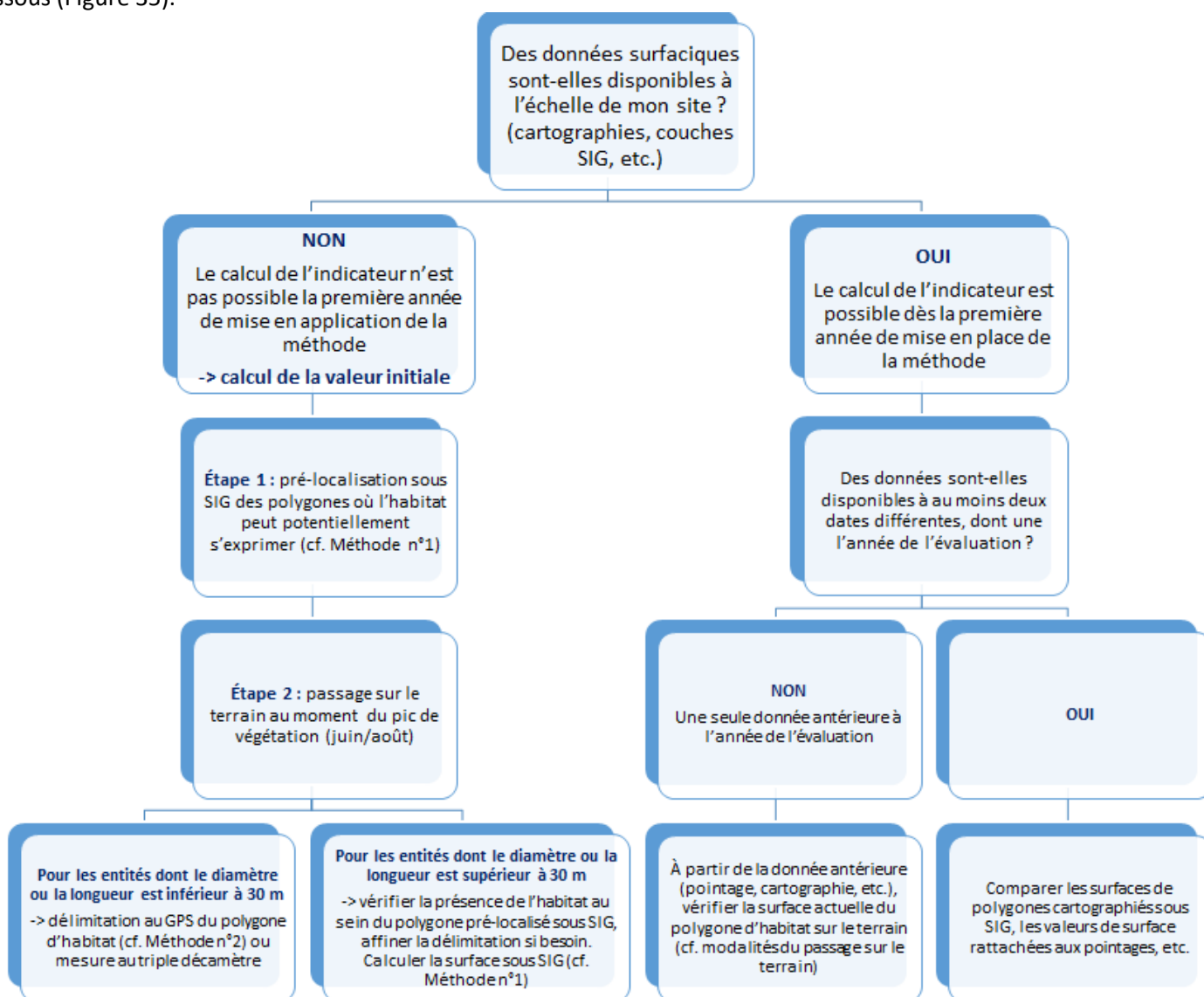


Figure 35. Démarche à adopter pour mesurer l'évolution de la surface couverte par l'habitat à l'échelle du site Natura 2000 en fonction des données disponibles.

Par défaut, on préconisera d'évaluer l'évolution de surface sur un pas de temps de six ans. La régression de surface de l'habitat sera avérée lorsqu'il y a une perte équivalente à 1 % par an. Ce seuil de régression, fixé selon la méthode communautaire du rapportage (art. 17) à 1 % par année, devrait, dans l'idéal, être adapté à l'échelle de chaque site Natura 2000 par l'opérateur. Par ailleurs, le seuil de régression fixé ne doit pas être trop bas afin de prendre en compte le **biais observateur** lors de l'estimation de la surface de l'habitat. La périodicité de l'évaluation, c'est-à-dire le pas de temps entre les données surfaciques, dépend également des données dont l'opérateur dispose.

Méthode n°1 : La pré-localisation des polygones d'habitat où les tourbières basses alcalines peuvent potentiellement s'exprimer peut être effectuée sous **Système d'information géographique (SIG)** à l'aide d'**ortho-photographies**, c'est-à-dire des photographies aériennes rectifiées, telles que prises à la verticale. D'autres couches peuvent être utilisées, ces dernières sont présentées ci-dessous (Tableau 31 et Figure 36).

Tableau 31. Exemple de couches exploitables sous SIG afin de procéder au pré-repérage des polygones.

Couche	Source	Utilité
SCAN 25®	©IGN	Repérage de la topographie, des toponymes, des mares, etc.
BD ORTHO®	©IGN	Repérage des différents faciès de végétation, des indices de remontées de nappe, des étangs, des mares, etc.
Bing Aerial®	©Microsoft Corporation	Peut se substituer à la couche précédente
Limites des sites Natura 2000 (ZSC)	©UMS Patrinat	Cadrage géographique
Grille de maille 2 500 m x 500 m		Aide à la progression de la photo-interprétation et vérification des mailles



L'analyse sous SIG ne peut être dispensée d'une **vérification de la présence de l'habitat sur le terrain** si cette dernière n'est pas connue de l'opérateur au préalable. Cette vérification pourra affiner la délimitation des polygones sous SIG.

Protocole : Sous QGIS, la délimitation de l'habitat peut être effectuée à l'aide de l'outil « ajouter une entité » de la barre d'outils de numérisation. Une fois l'entité construite (le polygone d'habitat), sa surface peut être extraite via la calculatrice de champ. Celle-ci crée automatiquement un nouveau champ de surface contenant l'expression « \$area ». À savoir que l'unité du calcul sera celle de la projection. La digitalisation

Figure 36. Exemple schématique de délimitation d'une tourbière sous SIG (source : IGN). La présence de l'habitat Tourbières basses alcalines est à vérifier sur le terrain.

des polygones sera effectuée à une échelle comprise entre 1/2 500 et 1/1 000.

Méthode n°2 : Une autre méthode consiste à **délimiter les contours des habitats sur le terrain à l'aide d'un GPS** possédant une fonction de tracé avec lequel le tour du polygone d'habitat sera effectué. Une surface pourra ainsi en être extraite sous SIG (Figure 37) ou directement sur le GPS (en fonction du matériel). Cette méthode, applicable notamment aux polygones non digitalisables sous ortho-photographies, est plus précise que la précédente mais demande un coût humain plus important.

Protocole : La fonction tracé (« track » en anglais) dont dispose la plupart des GPS, permet de tracer un parcours plus ou moins précis en fonction de l'intervalle de distance entre les mesures choisies dans le GPS et en fonction de la précision du GPS lui-même. Dans le cas où le calcul de surface n'est pas directement effectué par le GPS, le tracé est à insérer sous SIG puis à convertir en entité polygonale via l'outil « De lignes à polygones » des outils de géométrie. Comme pour la **Méthode n°1**, la surface est extraite via l'expression « \$area », sous QGIS, et comparée à la surface des années antérieures.

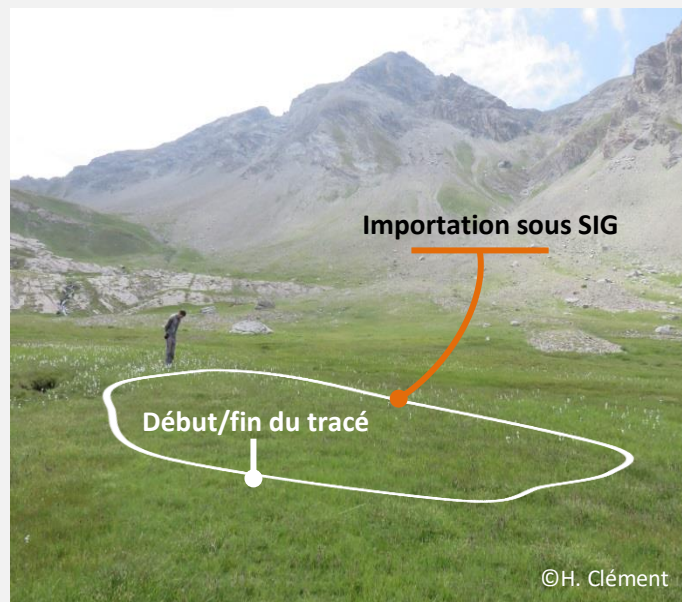


Figure 37. Exemple schématique de délimitation d'une tourbière basse alcaline à l'aide d'un GPS.

D'autres méthodes existent afin de mesurer la surface (**drones** qui fournissent des images ortho-rectifiées, **photographies prises en ULM**, etc.). En dernier recours, si aucune donnée surfacique n'est disponible et que le temps imparti à la mesure de l'indicateur est faible, l'opérateur, ayant au préalable une bonne connaissance de l'habitat sur le site, pourra utiliser l'**avis d'expert** pour juger de l'évolution de surface.

Lorsque l'habitat est représenté par plusieurs polygones de tourbières basses alcalines à l'échelle du site Natura 2000, **la somme des surfaces des polygones correspond à la surface totale de l'habitat**. Suivant la configuration de l'habitat à l'échelle du site Natura 2000 et en fonction du temps dont l'opérateur dispose, on pourra envisager de mesurer l'évolution de surface de l'ensemble des polygones de tourbières basses alcalines présents sur le site, ou bien d'effectuer un **échantillonnage de polygones représentatif, à suivre dans le temps**. Dans le cas d'un habitat en mosaïque, l'évaluation de la surface couverte sera effectuée au niveau de la **mosaïque d'habitats**.

Remarques : plus le temps et la précision consacrés à la délimitation seront importants, meilleur sera le résultat. Les **causes** de l'évolution de la surface de l'habitat étudié doivent être renseignées (boisement, assèchement, etc.). Des **conditions climatiques similaires** entre les deux dates de comparaison choisies sont nécessaires, les habitats humides étant variables d'une année à l'autre suivant leur mise en eau.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Notes
Surface couverte	Fonctionnement général, perspectives, pérennité de l'habitat et des espèces, dynamique de l'habitat	Site	Stabilité, progression	0
			Régression	-10

Paramètre « Structure et fonctions »

Colonisation par la strate arbustive (1-7 m) (%)



Figure 38. Présence d'espèces des genres *Salix* et *Pinus* sur une tourbière basse alcaline des Hautes-Alpes.

La colonisation par les ligneux est l'une des principales menaces qui pèsent sur les tourbières basses alcalines (Cholet et Magnon, 2010). Ces espèces posent des problèmes d'ombrage et d'enrichissement en matière organique dû à la dégradation des feuilles. La présence de ligneux indique l'évolution de l'habitat vers un stade pré-forestier (Charles et

Viry, 2015) et peut être synonyme d'assèchement progressif (Figure 38). Elle aura pour conséquences la fermeture du milieu par boisement, une baisse du niveau de la nappe d'eau ainsi que de l'activité turfigène (production de tourbe par les bryophytes et les trachéophytes). Dans les tourbières basses alcalines, les ligneux tels que *Salix spp.*, *Frangula alnus*, *Pinus spp.* ou encore *Larix spp.* semblent influencer négativement l'état de conservation de l'habitat. Deux indicateurs sont proposés concernant la colonisation par les ligneux ; un indicateur de colonisation par la strate arbustive (1-7 m) et un indicateur de colonisation par la strate arborée (> 7 m). Ces deux indicateurs donnent des informations différentes sur la dynamique de l'habitat. L'apparition de ligneux en strate arbustive témoigne d'une dynamique d'évolution de l'habitat active au moment de l'évaluation.

Méthode : Le but est ici d'évaluer visuellement le recouvrement des ligneux bas, c'est-à-dire la strate arbustive (1-7 m), et de les identifier, lorsque cela est possible. Une simple estimation visuelle du recouvrement des ligneux bas à l'échelle de la placette ou bien du polygone sera effectuée. Un relevé phytosociologique ou floristique pourra également être réalisé à l'échelle de la placette.

Protocole : Pour évaluer cet indicateur à l'échelle de la placette, il faut dans un premier

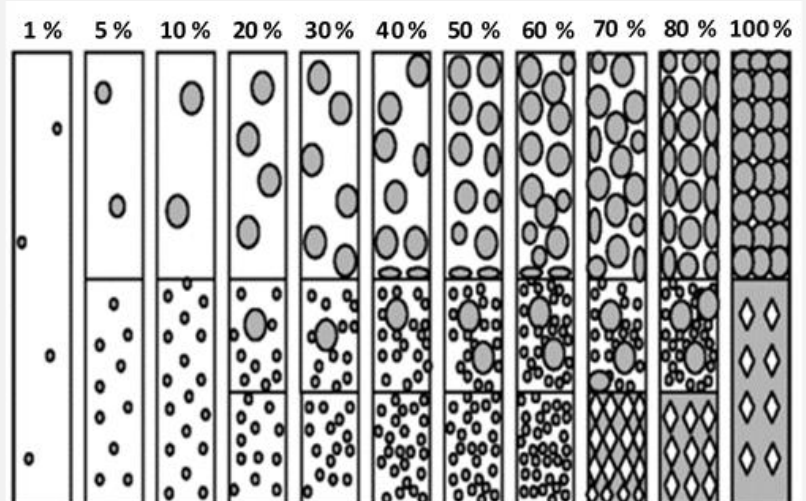


Figure 39. Aide à l'estimation des recouvrements (source : N. Fromont).

temps la délimiter. La **forme de la placette** va dépendre de la **configuration du polygone** et pourra ainsi être de forme circulaire, carrée, rectangulaire, linéaire, etc. Les relevés fragmentés sont également possibles si les patches d'habitat ont la même composition floristique, la même physionomie de végétation et sont soumis à une même gestion (l'absence de gestion en fait partie). On évitera de se placer en marge du polygone où des végétations extérieures à l'habitat pourraient être rencontrées (**effet de lisière**). **Il est conseillé de noter la valeur exacte du recouvrement des ligneux bas (1-7 m), ainsi que les espèces présentes sur la fiche de relevé.** Une aide à l'estimation du recouvrement est disponible ci-dessus (Figure 39 et Figure 40).

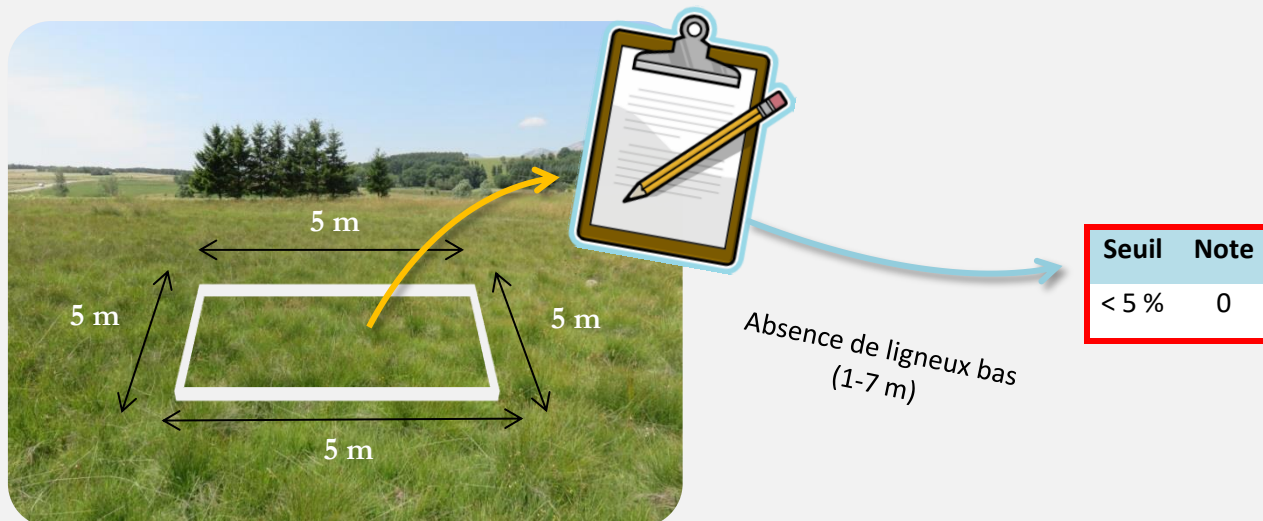


Figure 40. Du relevé à l'échelle de la placette de tourbière basse alcaline à l'attribution de la note correspondante.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Notes
Composition floristique	Assèchement, eutrophisation, dynamique naturelle et structure de l'habitat	Placette ou polygone	< 5	0
			5-25	-15
			25-50	-30
			> 50	-45

Colonisation par la strate arborée (> 7 m) (%)

La présence de ligneux hauts témoigne d'une dynamique d'évolution **ancienne** des tourbières basses alcalines vers un stade pré-forestier due à un processus d'assèchement ou tout autre phénomène favorisant l'implantation des ligneux (Photo 15). Seules les **espèces enracinées dans le polygone ou dans la placette** seront prises en compte. Les ligneux hauts causant de l'ombrage en bordure peuvent être enracinés sur un niveau topographique différent, un habitat différent, etc. Ils sont donc à exclure du relevé.



Photo 15. Tourbière basse alcaline ombragée par un sapin (*Abies* sp.) planté sur le polygone.

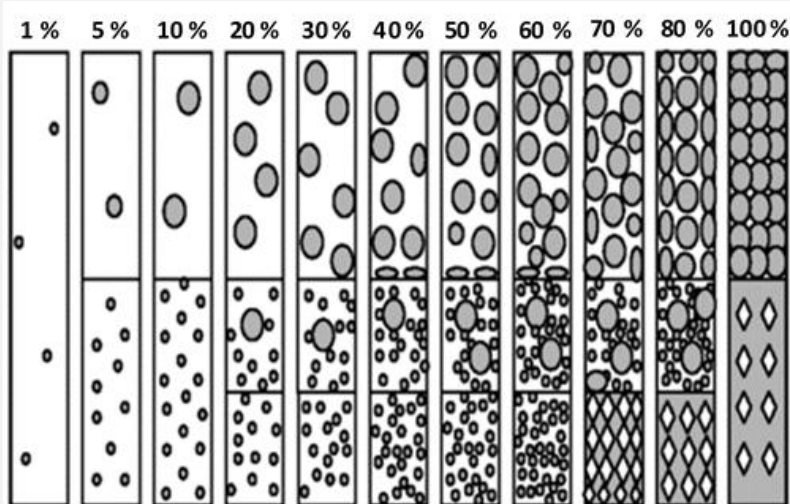


Figure 41. Aide à l'estimation des recouvrements (source : N. Fromont).

Méthode : Le but est ici d'évaluer visuellement le **recouvrement des ligneux hauts**, c'est-à-dire la **strate arborée (> 7 m)**, et de les **identifier**, lorsque cela est possible. Une simple estimation visuelle du recouvrement des ligneux hauts à l'échelle de la placette ou bien du polygone sera effectuée. Un relevé phytosociologique ou floristique pourra également être réalisé à l'échelle de la placette.

Protocole : Pour évaluer cet indicateur à l'échelle de la placette, on utilisera la même

placette utilisée pour mesurer l'indicateur basé sur le recouvrement des ligneux en strate arbustive (Figure 40). **Il est conseillé de noter la valeur exacte du recouvrement des ligneux hauts (> 7 m), ainsi que les espèces présentes sur la fiche de relevé.** Une aide à l'estimation du recouvrement est disponible ci-dessus (Figure 41).

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Notes
Composition floristique	Assèchement, eutrophisation, dynamique naturelle et structure de l'habitat	Placette ou polygone	< 15	0
			15-75	-5
			> 75	-10

Recouvrement des espèces indicatrices d'un enrichissement trophique (%)

L'eutrophisation est définie comme une élévation du niveau trophique d'un milieu, c'est-à-dire comme un **enrichissement du sol en nutriments (azote et phosphore)**. Elle peut provenir de l'utilisation d'intrants pour l'agriculture ou encore du pâturage, directement sur le polygone d'habitat ou par diffusion au sein du bassin versant.

L'eutrophisation peut également provenir de dépôts d'azote atmosphérique, de brûlis, de fauche sans export, etc. Les tourbières basses alcalines sont des habitats dont la trophie est variable, **oligotrophe à mésotrophe**, parfois **eutrophe** (cas des bas-marais à hautes herbes). Les espèces considérées comme indicatrices d'un enrichissement trophique dans les tourbières basses alcalines sont listées ci-dessous (Tableau 32). La liste proposée présente les espèces qui peuvent être considérées comme franchement eutrophiles pour les tourbières basses alcalines à **l'échelle nationale**. Cette liste est adaptable au contexte local, notamment vis-à-vis des alliances en présence (*Caricion davallianae*, *Hydrocotylo vulgaris-Schoenion nigricantis*, *Magnocaricion elatae*).

Méthode : En ciblant exclusivement les espèces de la liste, on pourra estimer leur seul recouvrement au sein de la placette. Le recouvrement des espèces indicatrices d'un enrichissement trophique pourra également être noté grâce à un relevé phytosociologique ou floristique à l'échelle de la placette.

Protocole : Dans le cas où les indicateurs concernant les ligneux ont été relevés à l'échelle de la placette, on utilisera la même placette pour mesurer l'indicateur. Sinon, il s'agira de la délimiter (cf. Protocole de l'indicateur « Colonisation par la strate arbustive »). La valeur de l'indicateur correspondra à la **somme des recouvrements estimés de chaque espèce présente dans la liste**. Une aide à l'estimation du recouvrement est disponible ci-dessus (Figure 42). **Il est conseillé de noter la valeur exacte du recouvrement de chaque espèce indicatrice d'un enrichissement trophique présente, ainsi que le nom des espèces sur la fiche de relevé.**

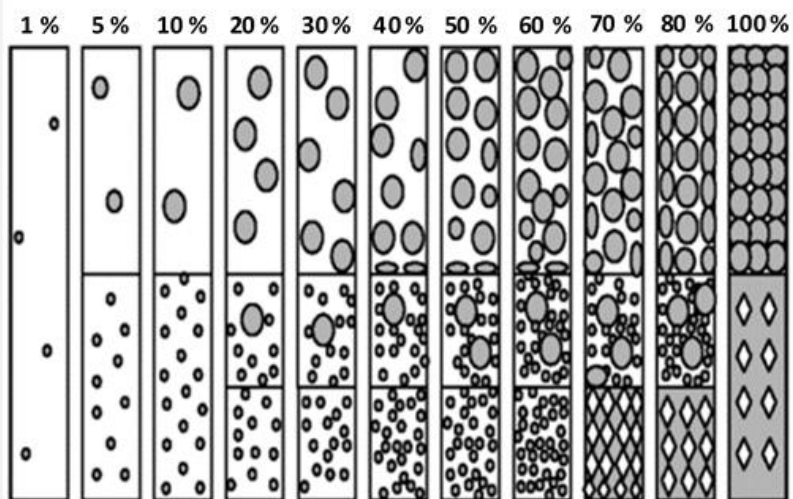


Figure 42. Aide à l'estimation des recouvrements (source : N. Fromont).

Tableau 32. Espèces indicatrices d'un enrichissement trophique pour les tourbières basses alcalines.



***Caltha palustris* L.**



***Carex acutiformis* Ehrh.**

À la différence de *C. riparia*, base rouge et ligule pointue



© P. Gourdain

***Carex hirta* L.**



© M. Mistarz

***Carex obtrubae* Podp.**



© Y. Martin

***Carex riparia* Curtis**

À la différence de *C. acutiformis*, base brune et ligule arrondie



P. Gourdain

***Cirsium palustre* (L.) Scop.**



© P. Rouveyrol

***Convolvulus sepium* L.**



© C. Epicoco

***Epilobium hirsutum* L.**



© Y. Martin

***Epilobium parviflorum* Schreb.**



© P. Gourdain

***Epilobium tetragonum* L.**



P. Gourdain

***Eupatorium cannabinum* L.**



© I.-J. Milan

***Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.**



© Y. Martin

***Galium aparine* L.**



P. Gourdain

***Geum rivale* L.**



***Geum urbanum* L.**



***Humulus lupulus* L.**



***Lolium perenne* L.**



***Ranunculus repens* L.**



***Rubus* spp.**



***Schedonorus arundinaceus* (Schreb.) Dumort.**



©G. Arnal

***Scrophularia auriculata* L.**



©C. Delnatte

***Solanum dulcamara* L.**



©P. Rouveyrol

***Sparganium erectum* L.**



©A. Lacoëuilne

***Symphytum officinale* L.**



© Y. Martin

***Typha latifolia* L.**



© Y. Martin

***Urtica dioica* L.**



Veratrum album L.

Remarques : il est fortement recommandé d'utiliser une flore adaptée au contexte local lorsque disponible, en cas de doute.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Notes
Composition floristique	Eutrophisation	Placette	< 10	0
			10-30	-20
			30-50	-40
			> 50	-60

Recouvrement des espèces liées au pâturage (%)

Le **surpâturage** est une atteinte récurrente sur les tourbières basses alcalines. Bien que ces habitats soient pâturés depuis des siècles, il s'agit là de rendre compte de l'**intensité du pâturage** via une liste d'espèces dont l'apparition témoigne d'une pression pastorale importante (piétinement, abroustissement, etc.), à l'échelle nationale. Seules les espèces liées à ces phénomènes ont été retenues, les espèces indicatrices d'un enrichissement trophique étant prises en compte dans l'indicateur précédent. La liste est non exhaustive et est adaptable à l'échelle locale.

Méthode : En ciblant exclusivement les espèces de la liste (Tableau 33), on pourra estimer leur seul recouvrement au sein de la placette. Le recouvrement des espèces liées au pâturage pourra également être noté grâce à un relevé phytosociologique ou floristique à l'échelle de la placette.

Protocole : La même placette ayant servi à estimer le recouvrement des espèces indicatrices d'un enrichissement trophique sera utilisée. La valeur de l'indicateur correspondra à la **somme des recouvrements estimés de chaque espèce présente dans la liste**. Une aide à l'estimation du recouvrement est disponible ci-dessous (Figure 43). **Il est conseillé de noter la valeur exacte du recouvrement de chaque espèce liée au pâturage présente, ainsi que le nom des espèces sur la fiche de relevé.**

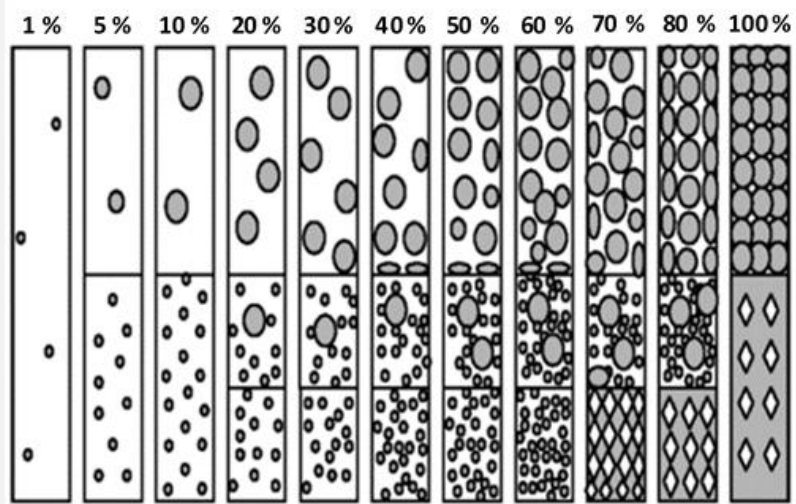


Figure 43. Aide à l'estimation des recouvrements (source : N. Fromont).

Tableau 33. Espèces liées au pâturage pour les tourbières basses alcalines.



Alopecurus geniculatus L.



Alopecurus bulbosus L.



Argentina anserina (L.) Rydb.



Blysmus compressus (L.) Panz. ex Link



Carex disticha Huds.



Carex hordeistichos Vill.



Cynosurus cristatus L.



Geum montanum L.



Hordeum secalinum Schreb.



Juncus acutiflorus Ehrh. ex Hoffm.



© Y. Martin

***Juncus compressus* Jacq.**



© Y. Martin

***Juncus inflexus* L.**



© J. Thevenot

***Lotus corniculatus* L.**



© O. Rouquard'h

***Lotus pedunculatus* Cav.**



© Y. Martin

***Mentha longifolia* (L.) Huds.**



© P. Rouveyrol

***Nardus stricta* L.**



Nasturtium microphyllum Boenn. ex Rchb.



Plantago lanceolata L.



Plantago major L.



Pulicaria dysenterica (L.) Bernh.



Ranunculus acris L.



Schedonorus pratensis (Huds.) P.Beauv.



Scorzoneroïdes autumnalis (L.) Moench



Taraxacum spp.



Trifolium fragiferum L.



Trifolium pratense L.



Trifolium repens L.



Triglochin palustris L.

Remarques : il est fortement recommandé d'utiliser une flore adaptée au contexte local lorsque disponible, en cas de doute.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Notes
Composition floristique	Piétinement, abrouissement, déstructuration	Placette	< 5	0
			5-25	-15
			25-50	-30
			> 50	-45

Invertébrés (bonus)

Les **invertébrés** sont sensibles aux conditions de leurs habitats. Leurs générations courtes permettent une réponse numérique rapide lors de la modification de ces conditions. Les **mollusques** sont de bons bio-indicateurs de la qualité d'un habitat, du fait de leur mobilité restreinte (Lasne, 2018). Ceux du **genre *Vertigo*** peuvent être présents en grande quantité dans les tourbières, au niveau de la litière et des bryophytes. Ils sont sensibles aux conditions climatiques et aux activités anthropiques (exploitation de la tourbe, drainage, urbanisation, pâturage, etc.). La présence de ***Vertigo geyeri*** en montagne et celle de ***Vertigo angustior*** en plaine semblent corrélées à des tourbières basses alcalines jugées en bon état (Tableau 34). ***V. geyeri*** étant inféodé aux **milieux ouverts**, la dynamique naturelle de fermeture des milieux par boisement est une menace. Le **taux de calcium** mais aussi le **taux de saturation hydrique** (quelques dizaines de centimètres de variation du niveau d'eau au maximum sur une année) sont deux autres facteurs primordiaux pour le maintien de l'espèce. Cependant, une baisse de population d'une année sur l'autre peut être due aux fluctuations du niveau hydrique, et non à un réel déclin de la population. ***V. angustior***, lui, semble indifférent au substrat mais se développe sur des **milieux très engorgés** tels que les marais alcalins (Hesnard, 2008). L'absence de ces espèces n'indique pas un mauvais état de conservation de l'habitat, c'est pourquoi l'indicateur est proposé en bonus. On gardera à l'esprit que les inventaires malacologiques peuvent être destructifs des espèces végétales et animales visées (les deux espèces de *Vertigo* sont inscrites à l'Annexe II de la DHFF).

Tableau 34. Fiches descriptives des deux espèces considérées.



Vertigo angustior Jeffreys

Gastéropode terrestre millimétrique (< 2 mm)
Très hygrophile
L'ouverture de la coquille présente cinq à six dents
Préfère les marais alcalins



Vertigo geyeri Lindholm

Gastéropode terrestre millimétrique (< 2 mm)
Calciphile
L'ouverture de la coquille présente quatre petites dents, caractéristiques de l'espèce
Rattachable au *Caricetum davallianae*

Méthode : il existe plusieurs méthodes pour inventorier les mollusques. L'échantillonnage sera réalisé en **période humide d'avril à octobre**, l'inventaire des mollusques étant rendu difficile en période sèche à cause de la litière. On pourra s'inspirer de la méthode du « Wet sieving » (Horsák, 2003), utiliser la chasse à vue, le tamisage du sol, etc., mais la méthode utilisée devra être **la moins intrusive possible**. Les individus vivants et les coquilles vides seront prises en compte à l'échelle du polygone d'habitat (ou de sa placette représentative). Le choix de la méthode est laissé au

gestionnaire en **fonction du temps** alloué à l'évaluation de l'état de conservation. Il est rappelé que le statut de protection de plusieurs espèces de *Vertigo* nécessite l'obtention préalable d'une autorisation de manipulation.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Notes
Composition faunistique	Fonctionnement hydrologique, structure de l'habitat, niveau trophique	Polygone ou placette	Présence	+10

Paramètre « Altérations »

Somme des atteintes quantifiables en surface

Les tourbières sont sujettes depuis de nombreuses années au **drainage, au piétinement par le bétail, à l'érosion due aux activités anthropiques, au remblaiement, etc.** (Bensettiti *et al.*, 2002 ; Manneville *et al.*, 2006 ; Clément et Gaucherand, 2016) (Photo 16).



Photo 16. Tourbière basse alcaline avec plantations d'épicéa (*Picea abies*) et pin sylvestre en périphérie (*Pinus sylvestris*).

Méthode : On relèvera **toutes les atteintes visibles à l'échelle du polygone** en leur attribuant une estimation de **surface du polygone impactée**.

Protocole : Chaque atteinte relevée se voit attribuer une **note** de 1 à 2 selon son origine (anthropique ou naturelle), la surface d'habitat impactée ou encore sa localisation par rapport au polygone. **La somme des notes attribuées à chaque atteinte donne la note globale de l'indicateur**. Le tableau ci-dessous donne une liste des atteintes quantifiables en surface potentiellement présentes sur les tourbières basses alcalines (Tableau 35).

Tableau 35. Liste des atteintes quantifiables en surface pouvant affecter les tourbières basses alcalines.

Atteintes quantifiables (polygone)	Points
Passage de quads, piétinement dû à la fréquentation (< 50 %)	1
Passage de quads, piétinement dû à la fréquentation (> 50 %)	2
Passage d'engins lourds	2
Dépôts de matériaux/décharge	2
Extraction de matériaux/tourbe	2
Plantations en périphérie	1
Incendies	1
Drains	1
Bois mort	1
Passage de sangliers (> 80 %)	1
Curage des berges	2
Broyage	2

Remarques : La liste proposée est non exhaustive et peut être complétée par l'opérateur. Attention toutefois à ne pas ajouter une atteinte pouvant déjà être prise en compte dans le cadre de l'évaluation d'un autre indicateur afin d'éviter toute redondance.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Notes
Atteintes lourdes	Fonctionnement général, connectivité, capacité de résilience	Polygone	Somme des points = 0	0
			Somme des points = 1	-5
			Somme des points = 2	-10
			Somme des points ≥ 3	-15

Atteintes difficilement quantifiables en surface

Ce sont des atteintes dont l'impact ne peut être quantifié en surface (Photo 17). Depuis plusieurs décennies, la conservation des tourbières est affectée par les atteintes diffuses telles que **la surfréquentation, les rejets ponctuels, la pollution, etc.** (Bensettiti *et al.*, 2002 ; Clément et Gaucherand, 2016). Dans la continuité des méthodes d'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire, cet indicateur est pris en compte.

Méthode : Il s'agit d'évaluer l'impact des atteintes difficilement quantifiables en surface à l'échelle du **site ou du bassin versant** sur l'état de conservation de l'habitat.

Protocole : Toutes les atteintes présentes sur le site ou le bassin versant qui peuvent avoir un impact sur l'état de conservation de l'habitat doivent être recensées. Les atteintes potentielles sont listées ci-dessous (Tableau 36). À dire d'expert, il s'agit d'évaluer l'impact global de toutes les atteintes recensées sur l'état de conservation de l'habitat.



Photo 17. Captage d'eau potable sur un site Natura 2000 présentant des habitats tourbeux alcalins.

Tableau 36. Exemple d'atteintes difficilement quantifiables en surface pouvant affecter les tourbières basses alcalines.

Atteintes difficilement quantifiables en surface
Drainage, assèchement
Activités de pompage, extraction de matériaux
Rejets ponctuels, pollutions
Chaulage
Agriculture avec usage d'intrants
Sports de montagne (ski, etc.)
Surfréquentation
Barrage
Endiguement
Chenalisation
Lac de retenue d'eau
Aménagement chemin carrossable

Remarques : La liste proposée est non exhaustive et peut être complétée avec des atteintes non identifiées ci-dessus.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Notes
Atteintes diffuses	Fonctionnement général, capacité de résilience, pérennité de l'habitat	Site/Bassin versant	Impact négligeable ou nul	0
			Impact moyen	-10
			Impact moyen	-20

Fiche terrain pour l'évaluation de l'état de conservation des tourbières basses alcalines

Indicateurs à relever à l'échelle de la placette  ou du polygone 

Site Natura 2000	IDPolygone	Date	Auteur(s)	Localisation	Coordonnées GPS	Projection	N° photos

Paramètre	Critère	Indicateur	Résultats attendus	Notes	Résultats observés	Notes associées	Espèces contactées ou Atteintes rencontrées	Recouvrements associés
Structures et fonctions	Composition floristique	Colonisation ligneuse : strate arbustive (1-7 m) (%)	< 5	0				
			5-25	-15				
			25-50	-30				
			> 50	-45				
		Colonisation ligneuse : strate arborée (> 7 m) (%)	< 15	0				
			15-75	-5				
			> 75	-10				
		Recouvrement des espèces indicatrices d'un enrichissement trophique (%)	< 10	0				
			10-30	-20				
			30-50	-40				
			> 50	-60				
	Recouvrement des espèces liées au pâturage (%)	< 5	0					
		5-25	-15					
		25-50	-30					
		> 50	-45					
Composition faunistique	Invertébrés <i>Vertigo geyeri</i> (montagne), <i>V. angustior</i> (plaine)	Présence	+10					
Altérations	Atteintes lourdes	Somme des atteintes quantifiables en surface	Somme des points = 0	0				
			Somme des points = 1	-5				
			Somme des points = 2	-10				
			Somme des points ≥ 3	-15				
Note globale à l'échelle de la placette = 100 + somme des notes =							État de la placette =	

Indicateurs à relever à l'échelle du site

Paramètre	Critère	Indicateur	Résultats attendus	Notes	Résultats observés	Notes associées	Surface (année 1)	Surface (année 2)
Surface	Surface couverte	Évolution de la surface couverte par l'habitat	Progression, stabilité	0				
			Régression	-10				
							Atteintes recensées	Impact
Altérations	Atteintes diffuses	Atteintes difficilement quantifiables en surface	Impact négligeable ou nul	0				
			Impact moyen	-10				
			Impact fort	-20				
Note des indicateurs à l'échelle du site =								

Évaluation globale à l'échelle du site

Modalités	Notes
Plus de 70 % des placettes en état favorable	0
Entre 50 et 70 % des placettes en état favorable	-15
50 % des placettes en état favorable et 50 % des placettes en état dégradé	-30
Entre 50 et 70 % des placettes en état dégradé	-45
Plus de 70 % des placettes en état dégradé	-60
Note globale d'état de conservation des tourbières basses alcalines à l'échelle du site Natura 2000 = 100 + Note liée au pourcentage de placettes en états favorables et/ou défavorables + Note des indicateurs relevés à l'échelle du site =	

Merci d'envoyer les résultats de l'évaluation ainsi que tous vos commentaires à l'adresse suivante :
margaux.mistarz@mnhn.fr

Bibliographie

Bardat J., Bioret F., Botineau M., Boullet V., Delpéch R., Géhu J.-M., Haury J., Lacoste A., Rameau J.-C., Royer J.-M., Roux G. & Touffet J., 2004. - Prodrôme des végétations de France. Collection Patrimoines Naturels 61, Muséum National d'Histoire Naturelle. 171p.

Bartula M., Stojšić V., Perić R. & Seeberg Kitnæs K., 2011. - Protection of Natura 2000 Habitat Types in the Ramsar Site "Zasavica Special Nature Reserve" in Serbia. *Natural Areas Journal* 31(4): 349–57

Bensettiti F., Gaudillat V. & Haury J., 2002. - *Cahiers d'habitats Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats d'intérêt communautaire. Tome 3. Habitats humides*. Éd. La Documentation française. 457p.

Charles M. & Viry D., 2015. - État de conservation des mares temporaires méditerranéennes (UE 3170*), habitat d'intérêt communautaire. Méthode d'évaluation à l'échelle du site. Rapport d'étude. Version 1. Rapport SPN 2015-56. Service du Patrimoine Naturel/Muséum national d'Histoire naturelle, Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques. 64p.

Cholet J. & Magnon G., 2010. - Tourbières des montagnes françaises - Nouveaux éléments de connaissance, de réflexion & gestion. Pôle-relais Tourbières, Fédération des Conservatoires d'Espaces Naturels. 35p.

Clément H. & Gaucherand S., 2016. - *BILAN DU PLAN D'ACTION ZONES HUMIDES DE VAL THORENS*. Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture. 101p.

Hesnard O., 2008. - *Vertigo moulinsiana* (DUPUY, 1849) & *Vertigo angustior* JEFFREYS, 1830 dans les marais du plateau de Langres et le site de la montagne de Reims. Centre permanent d'initiatives pour l'environnement Collines normandes. 84p.

Horsák M., 2003. - How to sample mollusc communities in mires easily. *Malacologica Bohemoslovaca* 2: 11-14

Kluszczewski M., 2007. - Elaboration de critères d'évaluation de l'état de conservation des habitats naturels du Parc National des Cévennes. Conservatoire des Espaces Naturels du Languedoc-Roussillon. 65p.

Lasne O., 2018. - Étude de l'habitat et des exigences écologiques du *Vertigo geyeri* Lindholm, 1925 dans le massif jurassien. Conservatoire botanique national de Franche-Comté – Observatoire régional des Invertébrés. 36p.

Lopez-Pinot D., 2010. - Les tourbières alcalines à *Liparis* de Loesel. *Asters*. 19p.

Manneville O., Vergne V., Villepoux O. & Matthey W., 2006. - *Le monde des tourbières et des marais: France, Suisse, Belgique et Luxembourg*. Paris: Delachaux et Niestlé. Nouvelle édition, Septembre 2006. 320p.

Mroz W., 2013. - Monitoring of natural habitats. Methodological guide for 5 natural habitats: 3110, 6210, 6520, 7230 and 9180. GIOŚ. 97p.

National Parks and Wildlife Service, 2008. - The Status of EU Protected Habitats and Species in Ireland. Conservation Status in Ireland of Habitats and Species listed in the European Council Directive on the Conservation of Habitats, Flora and Fauna 92/43/EEC. Department of the Environment, Heritage and Local Government. 135p.

ŠeffEROVÁ StanOVÁ V., ŠeffER J. & Janák M., 2008. - Management of Natura 2000 habitats Alkaline fens 7230. 20, *DAPHNE-Institute of Applied Ecology*, Slovakia. 24p.

Sundberg S., 2004. - Underlag till Övervakningsprogram För Rikkärr. *Uppsala Universitet*. 24p.

UMS Patrinat, 2019. - Résultats synthétiques de l'état de conservation des habitats et des espèces, période 2013-2018. Rapportage article 17 envoyé à la Commission européenne, avril 2019.



**État de conservation des
« Formations pionnières alpines du
Caricion bicoloris-atrofuscae »
(UE 7240*)**

Guide d'évaluation à l'échelle des
sites Natura 2000



©M. Reich

L'UMS Patrimoine naturel - PatriNat

Centre d'expertise et de données sur la nature



Depuis janvier 2017, l'Unité Mixte de Service Patrimoine naturel assure des missions d'expertise et de gestion des connaissances pour ses trois tutelles, que sont le Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN), l'Office français pour la biodiversité (OFB) et le Centre national de la recherche scientifique (CNRS).

Son objectif est de fournir une expertise fondée sur la collecte et l'analyse de données de la biodiversité et de la géodiversité présentes sur le territoire français, et sur la maîtrise et l'apport de nouvelles connaissances en écologie, sciences de l'évolution et anthropologie. Cette expertise, établie sur une approche scientifique, doit contribuer à faire émerger les questions et à proposer les réponses permettant d'améliorer les politiques publiques portant sur la biodiversité, la géodiversité et leurs relations avec les sociétés et les humains.

En savoir plus : patrinat.fr

Co-directeurs :

Laurent PONCET, directeur en charge du centre de données

Julien TOUROULT, directeur en charge des rapportages et de la valorisation

Inventaire National du Patrimoine Naturel



Porté par l'UMS PatriNat, cet inventaire est l'aboutissement d'une démarche qui associe scientifiques, collectivités territoriales, naturalistes et associations de protection de la nature, en vue d'établir une synthèse sur le patrimoine naturel en France. Les données fournies par les partenaires sont organisées, gérées, validées et diffusées par le MNHN. Ce système est un dispositif clé du Système d'Information sur la Nature et les Paysages (SINP) et de l'Observatoire National de la Biodiversité (ONB).

Afin de gérer cette importante source d'informations, le Muséum a construit une base de données permettant d'unifier les données à l'aide de référentiels taxonomiques, géographiques et administratifs. Il est ainsi possible d'accéder à des listes d'espèces par commune, par espace protégé ou par maille de 10x10 km. Grâce à ces systèmes de référence, il est possible de produire des synthèses, quelle que soit la source d'information.

Ce système d'information permet de consolider des informations qui étaient jusqu'à présent dispersées. Il concerne la métropole et l'outre-mer, aussi bien sur la partie terrestre que marine. C'est une contribution majeure pour la connaissance naturaliste, l'expertise, la recherche en macroécologie et l'élaboration de stratégies de conservation efficaces du patrimoine naturel.

En savoir plus : inpn.mnhn.fr

Description de l'habitat

Cet habitat est caractérisé par des **formations herbacées humides** colonisant les **bords de torrents et rivières froides, de l'étage collinéen à l'étage alpin**. Il se développe sur des substrats **calcaires et oligotrophes**, composés de **dépôts de limons grossiers, de sables et de graviers** (Bensettiti *et al.*, 2002 ; Abdulhak et Sanz, 2012). Le substrat est parfois **tourbeux**. Ces groupements sont régulièrement soumis aux **perturbations**, ce qui assure un rajeunissement régulier du milieu. La déstabilisation du milieu conditionne la dynamique de la végétation à l'état de **gazons** composés d'espèces caractéristiques telles que *Carex bicolor*, *Juncus arcticus*, *Carex microglochin*, *Carex atrofuscae*, *Carex maritima*, etc. (Fort et Vivat, 2005).



Photo 18. *Caricion incurvae* (7240-1) dans le parc de la Vanoise.

Les formations alpines du *Caricion bicoloris-atrofuscae* regroupent deux types d'habitats élémentaires (Bensettiti *et al.*, 2002). Le premier, les « **Groupements pionniers des bords de torrents alpins** » (7240-1), sont des reliques postglaciaires retrouvées aux **étages subalpin et alpin** (Photo 18). Ces groupements sont rattachés à l'alliance phytosociologique du *Caricion incurvae*. En cas d'assèchement ou en l'absence de perturbations, l'habitat peut évoluer vers des pelouses alpines, des formations arbustives basses à saules ou des végétations de bas-marais neutro-alcalins (UE 7230) (*Caricion davallianae*) (Bensettiti *et al.*, 2002 ; Fort et Vivat, 2005). Il est régulièrement retrouvé en mosaïque avec ces communautés et celles des combes à neige (*Salicetea herbaceae*). L'habitat élémentaire comprend plusieurs **types**, en fonction des espèces caractéristiques présentes (Tableau 37).

Tableau 37. Les différents types et espèces caractéristiques associées au *Caricion incurvae* (7240-1).



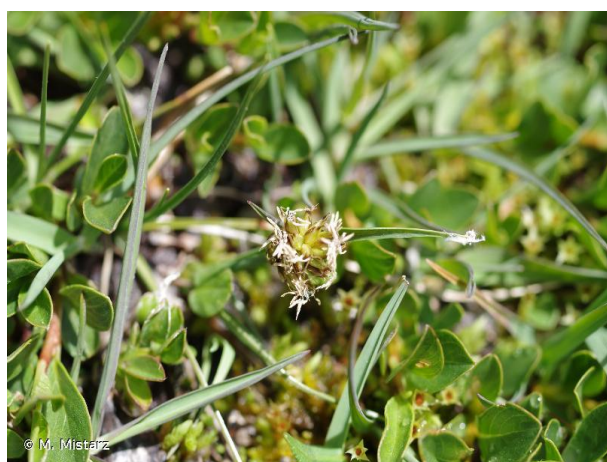
Type à *Juncus arcticus*
Juncetum arctici



Type à *Carex microglochin*
Caricetum microglochinis



**Type à *Carex bipartita* et *Trichophorum pumilum*
*Kobresietum simplusculae***



**Type à *Carex maritima* et *Carex bicolor*
*Junco triglumis-Caricetum bicoloris***



**Type à *Carex atrofusca*
*Caricetum atrofuscae-vaginatae***

L'expression des types est conditionnée par plusieurs facteurs tels que le niveau d'engorgement du sol, la topographie, la nature du substrat, etc. Ces derniers peuvent coexister au sein d'une même station de l'habitat

« Formations pionnières alpines du *Caricion bicoloris-atrofuscae* (UE 7240*) »

générique. Le *Caricion incurvae* peut se situer en contact avec les végétations acidiphiles de l'*Eriophorion scheuchzeri* de niveau topographique inférieur. Dans la succession, apparaît le type à *Carex bicolor* sur alluvions. Lorsque le substrat est enrichi en matière organique, le type à *Juncus arcticus* peut se développer. Enfin, le type à *Carex microglochin* se développe sur des niveaux topographiques légèrement supérieurs.

Le deuxième habitat élémentaire correspond aux « **Formations riveraines à Petite massette de l'étage collinéen des régions alpine et périalpine et d'Alsace** » (7240-2), qui se rencontrent plutôt aux étages collinéen et montagnard inférieur (Bensettiti *et al.*, 2002) (Photo 19). Ces formations, qui peuvent être caractérisées par la **seule présence de *Typha minima*** (Photo 20), se développent sur des plages de dépôts d'alluvions calcaires (Greulich, 2017). *T. minima* est héliophile et ne supporte pas la concurrence avec d'autres espèces, ce qui lui confère son statut d'**espèce pionnière** (Köhler, 2006 ; Prunier *et al.*, 2010). D'autres espèces sont retrouvées dans cet habitat comme *Calamagrostis epigejos*, *Myricaria germanica*, *Salix* spp., etc. (Bensettiti *et al.*, 2002 ; Greulich, 2017). L'habitat doit être régulièrement soumis aux **crues**, essentielles au maintien de celui-ci, puisqu'elles permettent un rajeunissement et empêchent la formation de ripisylves. L'apport en matériaux fins, lors des crues, est également un élément essentiel au maintien de cet habitat (Prunier *et al.*, 2010). Le rattachement phytosociologique de cet habitat élémentaire est sujet à débat. Parfois rattaché au *Caricion incurvae* ou au *Caricion davallianae*, son rattachement au



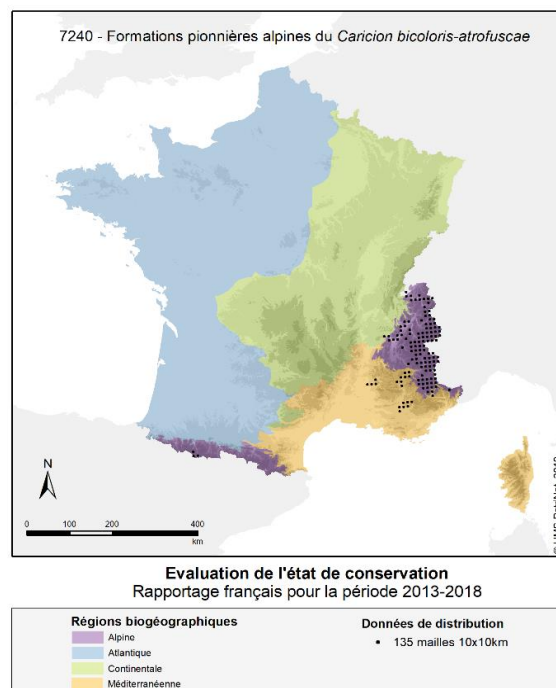
Photo 19. Formation riveraine à petite massette le long de l'Isère.

Phalaridion arundinaceae paraît plus approprié à basse altitude (Villaret *et al.*, 2019). Si ce rattachement est confirmé, l'habitat ne serait plus considéré comme étant d'intérêt communautaire. Pour les formations plus alticoles, un rattachement à l'*Epilobion fleischeri* est également envisageable (UE 3220). En attendant de futures précisions quant à l'interprétation phytosociologique des formations riveraines à petite massette, ces dernières seront traitées sous le code **7240-2**.



Photo 20. *Typha minima* (7240-2) sur les bords de l'Isère.

Les formations pionnières alpines du *Caricion bicoloris-atrofuscae* sont réparties dans les **régions biogéographiques alpine et méditerranéenne** (Carte 4). Au total, **25 sites Natura 2000** sont répertoriés sur le territoire métropolitain comme abritant l'habitat générique. Le dernier rapportage (2013-2018) de la DHFF rend compte d'un état de conservation « **défavorable inadéquat** » pour cet habitat au sein du domaine biogéographique alpin (Tableau 38) (UMS Patrinat, 2019). L'habitat générique n'a pas été évalué au sein du domaine méditerranéen. Les formations alpines du *Caricion bicoloris-atrofuscae* sont principalement menacées par les **aménagements** et les **rectifications des cours d'eau** qui perturbent le régime des crues, la **surfréquentation**, le **changement climatique**, les **pollutions d'origine agricole**, les **espèces envahissantes** et l'**extraction de matériaux** (Fort et Vivat, 2005 ; Greulich, 2017 ; UMS Patrinat, 2019).



Carte 4. Répartition de l'habitat (UE 7240*) sur le territoire métropolitain.

Tableau 38. Résultats du dernier rapportage (2013-2018) sur l'état de conservation des formations pionnières alpines du *Caricion bicoloris-atrofuscae* au sein du domaine biogéographique **alpin**.

Code UE	Aire de répartition	Surface	Structure et fonctions	Perspectives futures	État de conservation
7240*	Inconnu	Défavorable inadéquat	Défavorable inadéquat	Défavorable inadéquat	Défavorable inadéquat

Du fait des différences importantes existant entre les deux habitats élémentaires, deux pré-grilles d'évaluation sont proposées

1- Formations pionnières alpines du *Caricion incurvae* (7240-1)

États de référence et limites de l'habitat

Préalablement à l'évaluation de l'état de conservation, il est nécessaire de fixer les limites de l'habitat considéré (à partir de quand l'entité peut être rattachée à l'habitat, même en état très dégradé, ou à partir de quand l'entité ne peut plus être rattachée à l'habitat). La détermination des états favorables choisis et des états optimaux souhaités est **propre à chaque site Natura 2000 et doit être effectuée par l'opérateur**. Le tableau ci-dessous présente un ensemble de descripteurs pouvant aider à construire les différents états de référence des formations pionnières alpines du *Caricion incurvae* à l'échelle d'un site Natura 2000 (Tableau 39). Ces exemples de descripteurs doivent permettre d'aider à fixer les **notes de référence sur le gradient d'état de conservation** à l'échelle du site Natura 2000 (dégradé, altéré, états favorables choisis, états optimaux souhaités). Ils sont issus d'une première phase de terrain effectuée en 2019 et devront être précisés lors de la Version 2 du présent guide, notamment en tenant compte des **types**. Les courtes descriptions des autres habitats sont issues du Prodrôme des végétations de France 1 (Bardat *et al.*, 2004).

Tableau 39. Descripteurs possibles pour la définition des états de référence correspondant aux formations pionnières alpines du *Caricion incurvae* (7240-1) (liste non exhaustive).

Autres habitats	Dégradé	Altéré	États favorables choisis	États optimaux souhaités
Végétations des <i>Arrhenatheretea elatioris</i> : prairies mésophiles à méso-hygrophiles, mésotrophes à eutrophes	La présence d'espèces nitrophiles est systématique (jusqu'à quatre espèces)	La présence d'espèces nitrophiles est possible (jusqu'à trois espèces)	Les espèces caractéristiques de l'habitat sont bien représentées	L'habitat est stable , généralement dû à un bon régime de perturbations
Végétations des <i>Festuco-Seslerietea caeruleae</i> : pelouses calcicoles nordiques et orophiles	La présence d'espèces liées au piétinement est systématique (jusqu'à trois espèces)	La présence d'espèces liées au piétinement est possible (jusqu'à deux espèces)	La présence d'espèces nitrophiles est possible (jusqu'à trois espèces) La présence d'espèces liées au piétinement est possible (jusqu'à deux espèces)	La présence d'espèces nitrophiles est possible (jusqu'à deux espèces) La présence d'espèces liées au piétinement est possible (jusqu'à deux espèces)
Végétations des <i>Salicetea herbaceae</i> : pelouses des combes à neige	La présence de saules nains est possible	La présence de saules nains est possible	La présence de saules nains est possible	La présence de saules nains est possible
Végétations du <i>Caricion davallianae</i> (UE 7230, Tourbières basses alcalines)				

Pré-grille d'évaluation d'état de conservation

Les indicateurs proposés ci-après sont le résultat de recherches bibliographiques et d'une première phase de terrain (Tableau 40).

Tableau 40. Pré-grille d'indicateurs proposée pour l'évaluation de l'état de conservation de l'habitat « Groupements pionniers des bords de torrents alpins » (7240-1) à l'échelle des sites Natura 2000 (* : les indicateurs dont les seuils/références pourront varier selon les types).

Paramètre	Critère	Indicateur	Échelle	Résultats attendus
Surface	Surface couverte	Évolution de la surface couverte par l'habitat	Site	Progression, stabilité
				Régression
Structures et fonctions	Caractéristiques du sol	Quantité de sédiments fins (%)*	Polygone ou placette	--
		Type de tourbe*	Polygone ou placette	--
	Composition floristique	Recouvrement de la strate herbacée (%)*	Polygone ou placette	--
		<u>OU</u> Recouvrement de sol nu (%)*	Polygone ou placette	--
		Colonisation par les saules nains (%)	Polygone ou placette	< 10
				≥ 10
		Recouvrement des espèces liées au piétinement (%)	Placette	--
		<u>ET/OU</u> Nombre d'espèces liées au piétinement	Placette	--
		Recouvrement des espèces nitrophiles (%)	Placette	--
		<u>ET/OU</u> Nombre d'espèces nitrophiles	Placette	--
		Recouvrement des espèces indicatrices d'atterrissement (%)	Placette	--
		<u>ET/OU</u> Nombre d'espèces indicatrices d'atterrissement	Placette	--
	Altérations	Atteintes lourdes	Somme des atteintes quantifiables en surface	Polygone
Somme des points = 1				
Somme des points ≥ 2				
Atteintes diffuses		Atteintes difficilement quantifiables en surface	Site/Bassin versant	Impact négligeable ou nul
				Impact moyen
				Impact fort

Les notions de **polygone d'habitat** et **placette** sont définies dans la partie 1 du présent rapport. Les indicateurs sont proposés comme rendant potentiellement compte de l'état de conservation de l'habitat. Suite à une première phase de terrain effectuée en 2019, ils doivent, à nouveau, être discutés, testés sur le terrain, analysés et validés en 2020. Il s'agira alors de proposer une grille d'évaluation semblable à celles proposées pour les autres habitats, avec des **valeurs seuils** et des **notes associées**. La phase de test prévue en 2020 devra également permettre de compléter **les limites de l'habitat**, les **états de référence** et la description des **différents types**. Pour l'heure, l'on proposera d'effectuer les relevés d'indicateurs au mois de **juillet**. La placette correspondra à un **quadrat de 5 à 10 m²**.

Paramètre « Surface »

Évolution de la surface couverte

Cet indicateur est largement utilisé dans les différentes études de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire à l'échelle des sites Natura 2000. La réduction de surface des bas-marais calcaires est une menace pour leur pérennité et celle des espèces animales et végétales inféodées à ces milieux. La mesure de l'évolution de la surface couverte par l'habitat permet d'observer une **éventuelle fermeture des sites par boisement**, ainsi que des **phénomènes de remblaiement, de drainage, etc.** La surface optimale nécessaire pour le bon fonctionnement de l'habitat est difficile à définir, c'est pourquoi on s'intéressera uniquement à évaluer la **tendance d'évolution de l'habitat** (stabilité, progression ou régression). La démarche à adopter pour la mesure de l'indicateur est résumée ci-dessous (Figure 44).

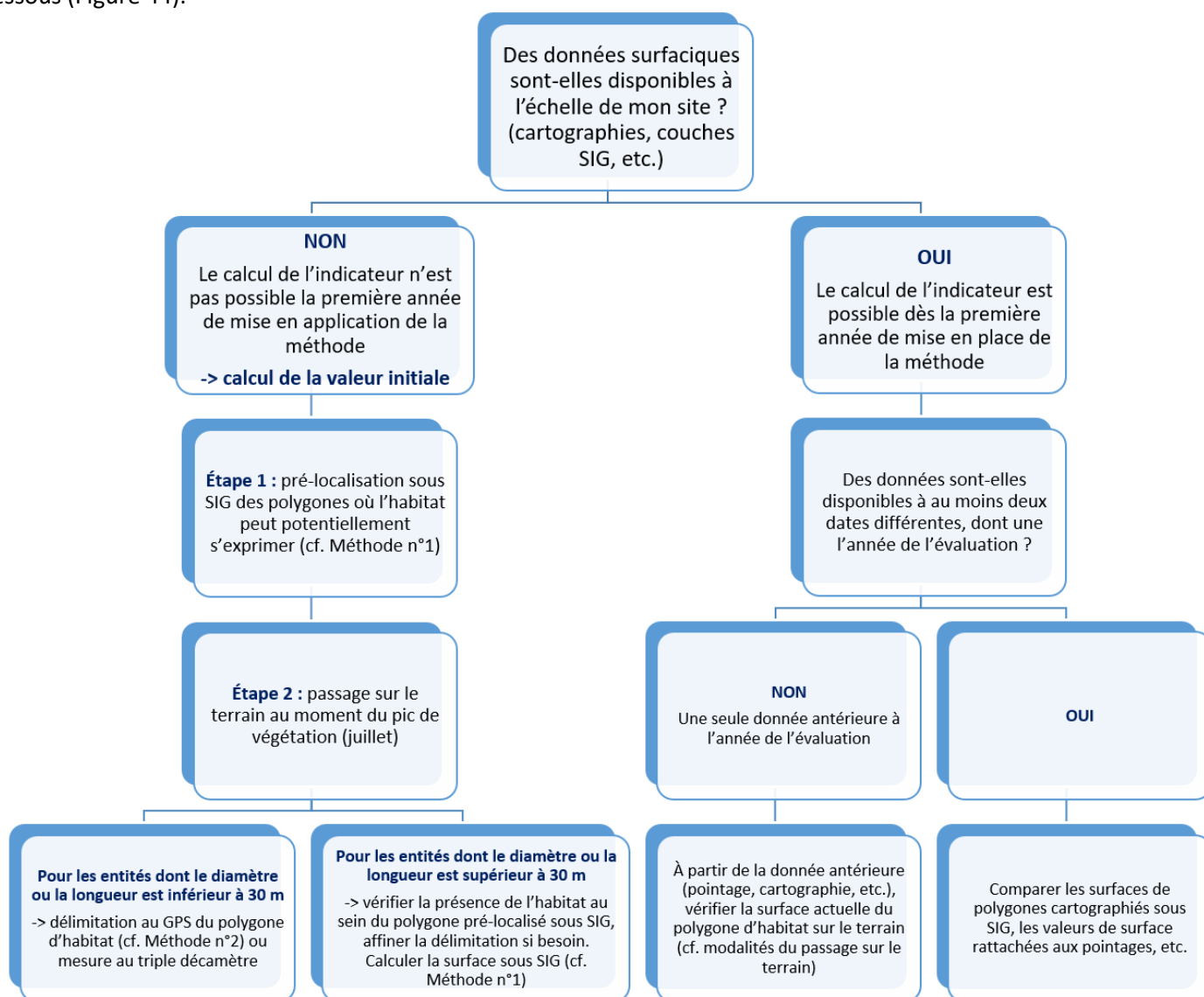


Figure 44. Démarche à adopter pour mesurer l'évolution de la surface couverte par l'habitat à l'échelle du site Natura 2000 en fonction des données disponibles.

Par défaut, on préconisera d'évaluer l'évolution de surface sur un pas de temps de six ans. La régression de surface de l'habitat sera avérée lorsqu'il y a une perte équivalente à 1 % par an. Ce seuil de régression, fixé selon la méthode communautaire du rapportage (art. 17) à 1 % par année, devrait, dans l'idéal, être adapté à l'échelle de chaque site Natura 2000 par l'opérateur. Par ailleurs, le seuil de régression fixé ne doit pas être trop bas afin de prendre en compte le **biais observateur** lors de l'estimation de la surface de l'habitat. La périodicité de l'évaluation, c'est-à-dire le pas de temps entre les données surfaciques, dépend également des données dont l'opérateur dispose.

Méthode n°1 : La pré-localisation des polygones d'habitat où les formations du *Caricion incurvae* peuvent potentiellement s'exprimer peut être effectuée sous **Système d'information géographique (SIG)** à l'aide **d'orthophotographies**, c'est-à-dire des photographies aériennes rectifiées, telles que prises à la verticale. D'autres couches peuvent être utilisées, ces dernières sont présentées ci-dessous (Tableau 41).

Tableau 41. Exemple de couches exploitables sous SIG afin de procéder au pré-repérage des polygones.

Couche	Source	Utilité
SCAN 25®	©IGN	Repérage de la topographie, des cours d'eau, des toponymes, des mares, etc.
BD ORTHO®	©IGN	Repérage des différents faciès de végétation, des indices de remontées de nappe, des étangs, des mares, etc.
Bing Aerial®	©Microsoft Corporation	Peut se substituer à la couche précédente
Limites des sites Natura 2000 (ZSC)	©UMS Patrinat	Cadrage géographique
Grille de maille 2 500 m x 500 m		Aide à la progression de la photo-interprétation et vérification des mailles

L'analyse sous SIG ne peut être dispensée d'une **vérification de la présence de l'habitat sur le terrain** si cette dernière n'est pas connue de l'opérateur au préalable. Cette vérification pourra affiner la délimitation des polygones sous SIG.

Protocole : Sous QGIS, la délimitation de l'habitat peut être effectuée à l'aide de l'outil « ajouter une entité » présent dans la barre d'outils de numérisation. Une fois l'entité construite (le polygone d'habitat), sa surface peut être extraite via la calculatrice de champ. Celle-ci crée automatiquement un nouveau champ de surface contenant l'expression « \$area ». À savoir que l'unité du calcul sera celle de la projection. La digitalisation des polygones sera effectuée à une échelle comprise entre 1/2 500 et 1/1 000.

Méthode n°2 : Une autre méthode consiste à **délimiter les contours des habitats sur le terrain à l'aide d'un GPS** possédant une fonction de tracé avec lequel le tour du polygone d'habitat sera effectué. Une surface pourra ainsi en être extraite sous SIG (Figure 45) ou directement sur le GPS (en fonction du matériel). Cette méthode, applicable notamment aux polygones non digitalisables sous ortho-photographies, est plus précise que la précédente mais demande un coût humain plus important.

Protocole : La fonction tracé (« track » en anglais) dont dispose la plupart des GPS, permet de tracer un parcours plus ou moins précis en fonction de l'intervalle de distance entre les mesures choisies dans le GPS et en fonction de la précision du GPS lui-même. Dans le cas où le calcul de surface n'est pas directement effectué par le GPS, le tracé est à insérer sous SIG puis à convertir en entité polygonale via l'outil « De lignes à polygones » des outils de géométrie. Comme pour la **Méthode n°1**, la surface est extraite via l'expression « \$area », sous QGIS, et comparée à la surface des années antérieures.

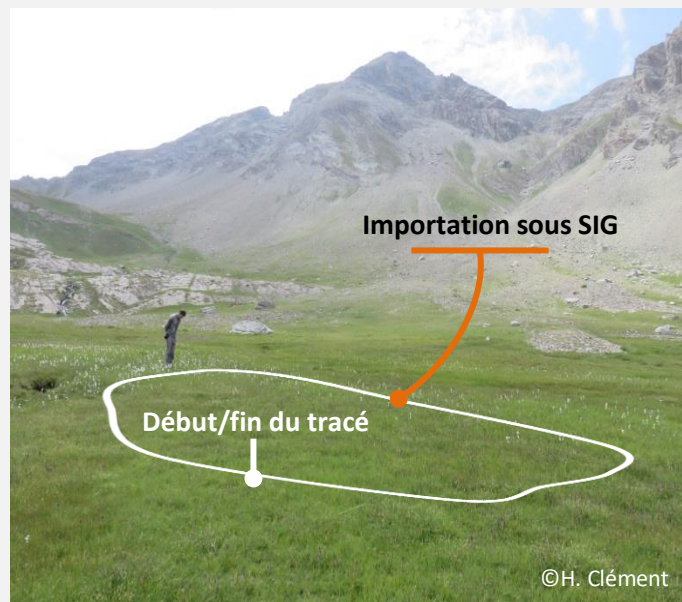


Figure 45. Exemple schématique de délimitation d'un habitat tourbeux alticole à l'aide d'un GPS.

D'autres méthodes existent afin de mesurer la surface (**drones** qui fournissent des images ortho-rectifiées, **photographies prises en ULM**, etc.). En dernier recours, si aucune donnée surfacique n'est disponible et que le temps imparti à la mesure de l'indicateur est faible, l'opérateur, ayant au préalable une bonne connaissance de l'habitat sur le site, pourra utiliser **l'avis d'expert** pour juger de l'évolution de surface.

Lorsque l'habitat est représenté par plusieurs polygones du *Caricion incurvae* à l'échelle du site Natura 2000, **la somme des surfaces des polygones correspond à la surface totale de l'habitat**. Suivant la configuration de l'habitat à l'échelle du site Natura 2000 et en fonction du temps dont l'opérateur dispose, on pourra envisager de mesurer l'évolution de surface de l'ensemble des polygones du *Caricion incurvae* présents sur le site, ou bien d'effectuer un **échantillonnage de polygones représentatif, à suivre dans le temps**. Dans le cas d'un habitat en mosaïque, ce qui est souvent le cas pour les formations du *Caricion incurvae*, l'évaluation de la surface couverte sera effectuée au niveau de la **mosaïque d'habitats**.

Remarques : plus le temps et la précision consacrés à la délimitation seront importants, meilleur sera le résultat. Les **causes** de l'évolution de la surface de l'habitat étudié doivent être renseignées (boisement, assèchement, etc.). Des **conditions climatiques similaires** entre les deux dates de comparaison choisies sont nécessaires, les habitats humides étant variables d'une année à l'autre suivant leur mise en eau.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Notes
Surface couverte	Fonctionnement général, perspectives, pérennité de l'habitat et des espèces, dynamique de l'habitat	Site	Stabilité, progression	0
			Régression	-10

Paramètre « Structures et fonctions »

Quantité de sédiments fins (%)*

Le rajeunissement du milieu par des **perturbations** (par exemple, l'alluvionnement) est essentiel à la conservation de cet habitat (Bonnet *et al.*, 2017 ; Genis et Fort, 2018). L'habitat possédant des **types différents**, cet indicateur est très variable d'un type à l'autre. Il sera à considérer seulement pour un type, ou à adapter aux différents types de l'habitat. Il reste à développer.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus
Caractéristiques du sol	Dynamique des crues, fréquence des perturbations	Placette ou polygone	--
			--

Type de tourbe*

L'habitat possédant des **types différents**, cet indicateur est très variable d'un type à l'autre. Le type à *Juncus arcticus* apparaît comme étant celui où la tourbe est bien présente. *A contrario*, les types à *Carex bicolor* peuvent se développer sur un substrat totalement dénué de tourbe. L'indicateur sera à considérer seulement pour un type, ou à adapter aux différents types de l'habitat. Il reste à développer.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus
Caractéristiques du sol	Engorgement, minéralisation	Placette ou polygone	--
			--

Recouvrement de la strate herbacée (%)* OU Recouvrement de sol nu (%)*

L'habitat possédant des **types différents**, ces indicateurs sont très variables d'un type à l'autre. Le type à *Juncus arcticus* est proche des communautés du *Caricion davallianae* (UE 7230), avec de forts recouvrements de la strate herbacée. Entre les quatre types suivants, certains sont plus pionniers que d'autres. Les valeurs de recouvrement herbacé y sont moins importantes. Ces indicateurs seront à considérer seulement pour un type, ou à adapter aux différents types de l'habitat. Il s'agira de relever **l'un ou l'autre des indicateurs**. Ces derniers restent à développer.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus
Composition floristique	Dynamique des perturbations	Placette ou polygone	--
			--

Colonisation par les saules nains (%)



Photo 21. *Salix helvetica* est un saule nain pouvant être rencontré sur l'habitat.

Sur cet habitat, seuls des ligneux bas tels que les saules nains (*Salix foetida*, *S. retusa*, *S. breviserata*, *S. reticulata*, *S. serpyllifolia*, *S. helvetica*, etc.) (Photo 21) sont retrouvés, du fait de l'altitude. Ces ligneux mettent du temps à se développer (Fort et Vivat, 2005). **Seules les espèces n'ayant pas leur place au sein de l'habitat seront à prendre en compte.** C'est le cas, par exemple, de *Salix foetida*. La liste de saules nains à prendre en compte reste à élaborer.

Méthode : Le but est ici d'évaluer visuellement le **recouvrement des saules nains** et de les **identifier**, lorsque cela est possible. Une simple estimation visuelle du recouvrement des saules nains à l'échelle de la placette ou bien du polygone sera effectuée. Un relevé phytosociologique ou floristique pourra également être réalisé à l'échelle de la placette. **Attention, seules les espèces n'ayant pas leur place au sein de l'habitat sont à prendre en compte.**

Protocole : Pour évaluer cet indicateur à l'échelle de la placette, il faut dans un premier temps la délimiter. **Un quadrat de 5 à 10 m² pourra être mis en place.** Les relevés fragmentés sont également possibles si les patchs d'habitat ont la même composition floristique, la même physionomie de végétation et sont soumis à une même gestion (l'absence de gestion en fait partie). On évitera de se placer en marge du polygone où des végétations extérieures à l'habitat pourraient être rencontrées (**effet de lisière**). **Il est conseillé de noter la valeur exacte du recouvrement des saules nains, ainsi que les espèces présentes sur la fiche de relevé.** Une aide à l'estimation du recouvrement est disponible ci-dessus (Figure 46).

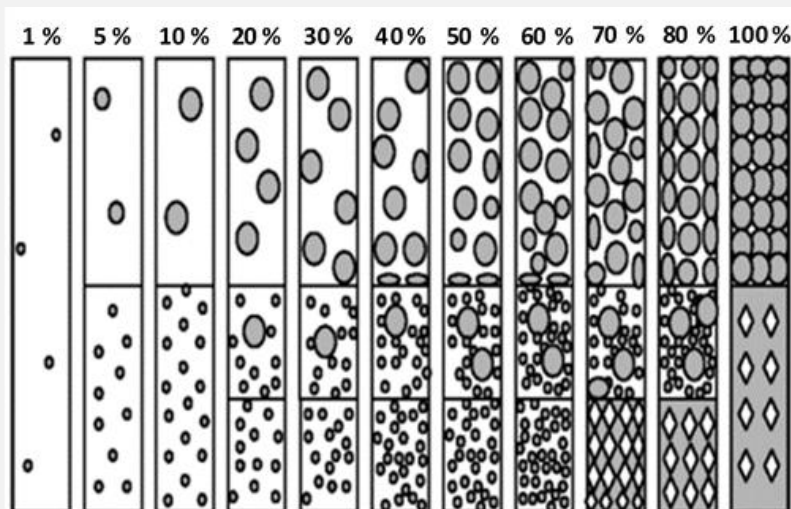


Figure 46. Aide à l'estimation des recouvrements (source : N. Fromont).

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus
Composition floristique	Assèchement, eutrophisation, dynamique et structure de l'habitat	Placette ou polygone	< 10
			≥ 10

Recouvrement ET/OU Nombre des espèces liées au piétinement (%)

Le **piétinement**, dû au **pâturage** ou à la **fréquentation humaine**, est une des menaces les plus importantes pour cet habitat (Fort et Vivat, 2005). Les deux indicateurs restent à tester mais une première liste d'espèces à prendre en compte est proposée ci-dessous (Tableau 42). Les modalités de relevé sur le terrain seront à préciser, le cas échéant.

Méthode : En ciblant exclusivement les espèces de la liste, on pourra estimer leur seul recouvrement ou nombre au sein de la placette. Le recouvrement et/ou le nombre d'espèces liées au piétinement pourront également être notés grâce à un relevé phytosociologique ou floristique à l'échelle de la placette.

Protocole : On utilisera le même quadrat utilisé pour la mesure de la colonisation par les saules nains lorsque relevé à l'échelle de la placette (sinon, cf. Protocole de l'indicateur « Colonisation par les saules nains »).

Une aide au recouvrement est disponible ci-contre (Figure 47). **Il est conseillé de noter le nom de chaque espèce liée au piétinement, ainsi que le recouvrement associé, le cas échéant, sur la fiche de relevé.**

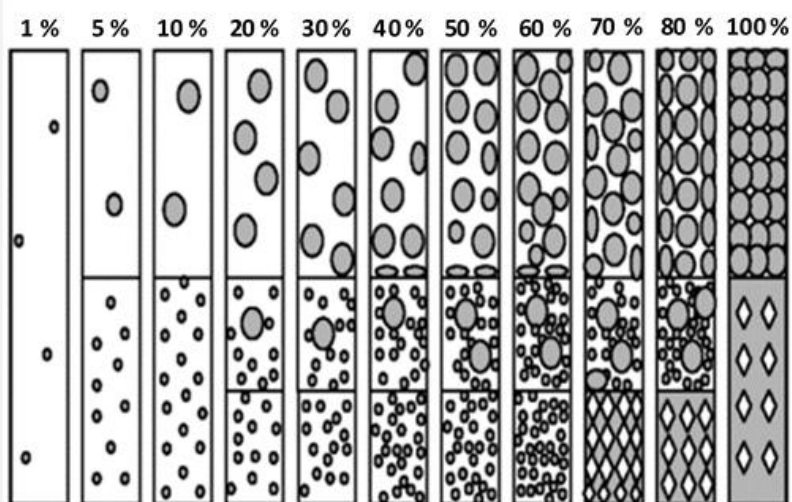


Figure 47. Aide à l'estimation des recouvrements (source : N. Fromont).

Tableau 42. Espèces liées au piétinement rencontrées sur les formations du *Caricion incurvae*.



Blysmus compressus (L.) Panz. ex Link



Cirsium spp. [ici *Cirsium spinosissimum* (L.) Scop.]



© J. Thevenot

***Geum montanum* L.**



© R. Dupré MNHN/CBNBP

***Leontodon* spp.**



© Y. Martin

***Pilosella* spp.**



© O. Nawrot

***Poa supina* Schrad.**



© Y. Martin

***Scorzoneroides* spp.**



© Escudier

***Taraxacum* spp.**



Trichophorum cespitosum (L.) Hartm.



Veronica serpyllifolia subsp. *humifusa* (Dicks.) Syme

Remarques : il est fortement recommandé d'utiliser une flore adaptée au contexte local lorsque disponible, en cas de doute.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus
Composition floristique	Piétinement	Placette	--
			--

Recouvrement ET/OU Nombre des espèces nitrophiles (%)

L'**enrichissement trophique du substrat**, notamment à cause du **pâturage**, est une menace pour cet habitat (Fort et Vivat, 2005 ; Abdulhak et Sanz, 2012). Les deux indicateurs restent à tester, mais une première liste d'espèces à prendre en compte est proposée ci-dessous (Tableau 43). Les modalités de relevé sur le terrain seront à préciser, le cas échéant.

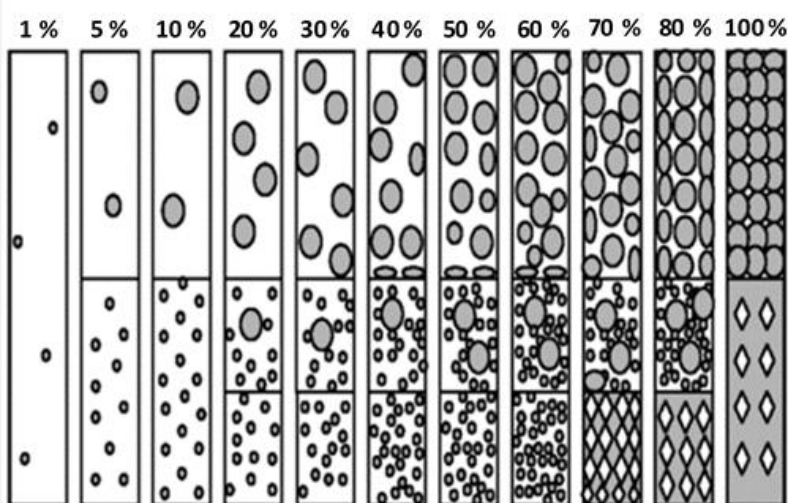


Figure 48. Aide à l'estimation des recouvrements (source : N. Fromont).

Méthode : En ciblant exclusivement les espèces de la liste, on pourra également estimer leur seul recouvrement ou nombre au sein de la placette. Le recouvrement et/ou le nombre d'espèces nitrophiles pourront également être notés grâce à un relevé phytosociologique ou floristique à l'échelle de la placette.

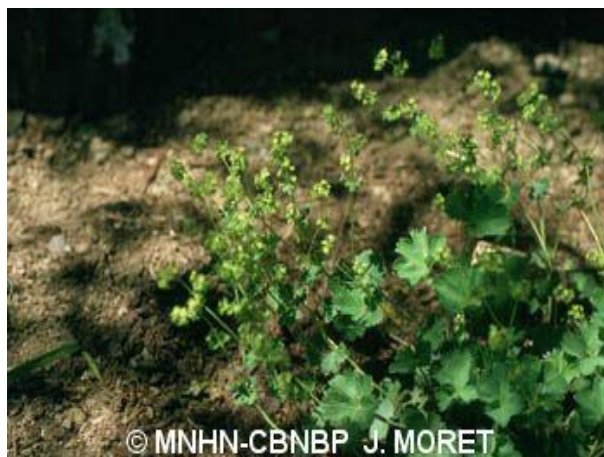
Protocole : On utilisera le même quadrat utilisé pour la mesure du recouvrement et/ou nombre d'espèces liées au piétinement. Une aide au recouvrement est disponible ci-contre (Figure

48). Il est conseillé de noter le nom de chaque espèce nitrophile, ainsi que le recouvrement associé, le cas échéant, sur la fiche de relevé.

Tableau 43. Espèces nitrophiles rencontrées sur les formations du *Caricion incurvae*.



Alchemilla glabra Neygenf.



Alchemilla flabellata Buser



Cirsium spinosissimum (L.) Scop.



Poa alpina L.



Scorzoneroides autumnalis (L.) Moench



Scorzoneroides pyrenaica (Gouan) Holub

Taraxacum flos-lacus Štěpánek & Kirschner

Remarques : il est fortement recommandé d'utiliser une flore adaptée au contexte local lorsque disponible, en cas de doute.

« Formations pionnières alpines du *Caricion bicoloris-atrofuscae* (UE 7240*) »

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus
Composition floristique	Enrichissement trophique	Placette	--
			--

Recouvrement ET/OU Nombre d'espèces d'atterrissement (%)

Une augmentation du recouvrement ou de la richesse spécifique des espèces indicatrices d'atterrissement est liée à la **dynamique naturelle de l'habitat** (Figure 49). Cela se traduit par l'apparition d'espèces de **pelouses alpines** au sein des formations du *Caricion incurvae* (Van Es et Vivat, 2003). La difficulté réside dans la mise en place d'une liste d'espèces restreinte à quelques espèces clairement indicatrices d'assèchement. L'habitat est souvent en mosaïque. Les deux indicateurs restent à tester mais une première liste d'espèces à prendre en compte est proposée ci-dessous (Tableau 44). **Cette dernière est très large et devra être restreinte lors des prochaines phases de tests.** Les modalités de relevé sur le terrain seront à préciser, le cas échéant.



Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4
<i>Saxifraga aizoides</i> et <i>Agrostis stolonifera</i> sur alluvions	<i>Carex bicolor</i> commence à s'installer dû à l'accumulation de sédiments	Bas-marais à <i>Carex bicolor</i>	Atterrissement conduisant la formation d'une à butte à <i>Salix reticulata</i> à <i>Carex bicolor</i>



Stades dynamiques du type à *Carex bicolor*

Figure 49. Types à *Carex bicolor* et dynamique d'atterrissement.

Méthode : En ciblant exclusivement les espèces de la liste, on pourra estimer leur seul recouvrement ou nombre au sein de la placette. Le recouvrement ou le nombre d'espèces d'atterrissement pourra également être noté grâce à un relevé phytosociologique ou floristique à l'échelle de la placette. **Cette liste est à restreindre à quelques espèces connues comme étant clairement indicatrices d'un assèchement.**

Protocole : On utilisera le même quadrat utilisé pour la mesure du recouvrement et/ou nombre d'espèces liées au piétinement. Une aide au recouvrement est disponible ci-contre (Figure 50). **Il est conseillé de noter le nom de chaque espèce d'atterrissement, ainsi que le recouvrement associé, le cas échéant, sur la fiche de relevé.**

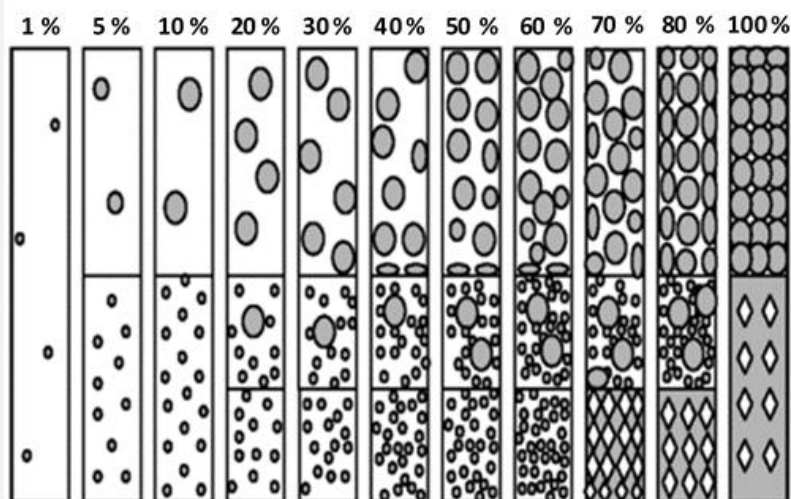


Figure 50. Aide à l'estimation des recouvrements (source : N. Fromont).

Tableau 44. Espèces potentiellement indicatrices d'atterrissement sur les formations du *Caricion incurvae*.

Nom scientifique
<i>Agrostis rupestris</i> All.
<i>Antennaria carpatica</i> (Wahlenb.) Bluff & Fingerh.
<i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaertn.
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.
<i>Bellardiochloa variegata</i> (Lam.) Kerguélen
<i>Bistorta vivipara</i> (L.) Delarbre (si recouvrement > 25 %)
<i>Campanula scheuchzeri</i> subsp. <i>scheuchzeri</i> Vill.
<i>Carex myosuroides</i> Vill.
<i>Carex sempervirens</i> Vill.
<i>Centaurea uniflora</i> L.
<i>Colchicum alpinum</i> DC.
<i>Crepis blattarioides</i> Vill.
<i>Deschampsia flexuosa</i> (L.) Trin.
<i>Dianthus pavonius</i> Tausch
<i>Erigeron alpinus</i> L.
<i>Erigeron glabratus</i> Hoppe & Hornsch. ex Bluff & Fingerh.
<i>Erigeron neglectus</i> A. Kern.
<i>Erigeron schleicheri</i> Gremli
<i>Erigeron uniflorus</i> L.
<i>Festuca halleri</i> All.
<i>Festuca laevigata</i> Gaudin
<i>Festuca paniculata</i> (L.) Schinz & Thell.
<i>Festuca pumila</i> Chaix
<i>Festuca violacea</i> Gaud.
<i>Geum montanum</i> L.
<i>Helictochloa versicolor</i> subsp. <i>versicolor</i> (Vill.) Romero Zarco
<i>Hieracium alpinum</i> L.
<i>Hieracium berardianum</i> Arv.-Touv.
<i>Hieracium glaciale</i> Lachnal.
<i>Hieracium helleri</i> Vill.
<i>Hieracium piliferum</i> Hoppe
<i>Hieracium subnivale</i> Gren.

<i>Juncus trifidus</i> L.
<i>Lathyrus occidentalis</i> (Fisch. & C.A.Mey.) Fritsch
<i>Lloydia serotina</i> Reich.
<i>Luzula lutea</i> (All.) DC.
<i>Luzula spicata</i> (L.) DC.
<i>Nardus stricta</i> L.
<i>Pachypleurum mutellinoides</i> (Crantz) Holub
<i>Phyteuma globulariifolium</i> Sternb. & Hoppe
<i>Phyteuma michelii</i> All.
<i>Pilosella lactucella</i> (Wallr.) P.D.Sell & C.West
<i>Plantago alpina</i> L.
<i>Poa alpina</i> L.
<i>Potentilla grandiflora</i> L.
<i>Primula vitaliana</i> L.
<i>Scorzoneroïdes pyrenaica</i> (Gouan) Holub
<i>Sempervivum arachnoideum</i> L.
<i>Sempervivum montanum</i> L.
<i>Silene acaulis</i> subsp. <i>bryoides</i> (Jord.) Nyman
<i>Taraxacum apenninum</i> Dahlst. ex H.Lindb.
<i>Trifolium alpinum</i> L.
<i>Veronica alpina</i> L.
<i>Veronica aphylla</i> L.
<i>Veronica bellidioides</i> L.
<i>Viola calcarata</i> L.

Remarques : il est fortement recommandé d'utiliser une flore adaptée au contexte local lorsque disponible, en cas de doute.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus
Composition floristique	Assèchement, diminution de la fréquence des crues, déconnexion de la nappe	Placette	--
			--

Paramètre « Altérations »

Somme des atteintes quantifiables en surface

Les tourbières sont sujettes depuis de nombreuses années au **drainage**, au **piétinement par le bétail**, à l'**érosion due aux activités anthropiques, au remblaiement, etc.** (Bensettiti *et al.*, 2002 ; Manneville *et al.*, 2006 ; Clément et Gaucherand, 2016).

Méthode : On relèvera **toutes les atteintes visibles à l'échelle du polygone** en leur attribuant une estimation de **surface du polygone impactée**.

Protocole : Chaque atteinte relevée se voit attribuer une **note** de 1 à 2 selon son origine (anthropique ou naturelle), la surface d'habitat impactée ou encore sa localisation par rapport au polygone. **La somme des notes attribuées à**

chaque atteinte donne la note globale de l'indicateur. Le tableau ci-dessous donne une liste des atteintes quantifiables en surface potentiellement présentes sur les bas-marais calcaires (Tableau 45).

Tableau 45. Liste des atteintes quantifiables en surface pouvant affecter les bas-marais calcaires.

Atteintes quantifiables (polygone)	Points
Passage de quads, piétinement dû à la fréquentation (< 50 %)**	1
Passage de quads, piétinement dû à la fréquentation (> 50 %)**	2
Passage de sangliers (> 80 %)	1
Artificialisation des berges	2
Passage d'engins lourds	2
Dépôts de matériaux/décharge	2
Extraction de matériaux/tourbe	2
Plantations en périphérie	1
Plantations au centre**	2
Drains**	1
Incendies	1
Bois mort	1
Curage des berges	2
Broyage	2

Remarques : La liste proposée est non exhaustive et peut être complétée par l'opérateur. Attention toutefois à ne pas ajouter une atteinte pouvant déjà être prise en compte dans le cadre de l'évaluation d'un autre indicateur afin d'éviter toute redondance. C'est notamment le cas en l'état avec les indicateurs marqués d'un **, redondants avec les indicateurs de composition floristique.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus
Atteintes lourdes	Fonctionnement général, connectivité, capacité de résilience	Polygone	Somme des points = 0
			Sommes des points = 1
			Sommes des points ≥ 2

Atteintes dont l'impact est difficilement quantifiable en surface

Ce sont des atteintes dont l'impact ne peut être quantifié en surface (Photo 22). Depuis plusieurs décennies, la conservation des tourbières est affectée par les atteintes diffuses telles que **la surfréquentation, les rejets ponctuels, la pollution, etc.** (Bensettiti *et al.*, 2002 ; Clément et Gaucherand, 2016). Dans la continuité des méthodes d'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire, cet indicateur est pris en compte. La complétude de la liste des atteintes diffuses évoluera suite aux différentes phases de terrain.

Méthode : Il s'agit d'évaluer l'impact des atteintes difficilement quantifiables en surface à l'échelle du **site ou du bassin versant** sur l'état de conservation de l'habitat.

Protocole : Toutes les atteintes présentes sur le site ou le bassin versant qui peuvent avoir un impact sur l'état de conservation de l'habitat doivent être recensées. Les atteintes potentielles sont listées ci-dessous (Tableau 46). À **dire d'expert**, il s'agit d'évaluer l'impact global de toutes les atteintes recensées sur l'état de conservation de l'habitat.



Photo 22. Captage d'eau potable sur un site Natura 2000 présentant des habitats tourbeux.

Tableau 46. Exemple d'atteintes difficilement quantifiables en surface pouvant affecter les formations du *Caricion incurvae*.

Atteintes difficilement quantifiables
Drainage, assèchement
Activités de pompage, extraction de matériaux
Rejets ponctuels, pollutions (refuges, STEP, ...)
Chaulage
Agriculture avec usage d'intrants
Sports de montagne (ski, etc.)
Surfréquentation
Barrage
Endiguement
Chenalisation
Lac de retenue d'eau
Aménagement chemin carrossable
Température ***
Enneigement ***

*** ces atteintes peuvent être difficile à évaluer, mais ne sont pas à négliger. Une baisse des températures et la diminution de l'enneigement peut avoir des conséquences fortes sur cet habitat, comme par exemple, une diminution des perturbations essentielles au maintien de l'habitat.

Remarques : La liste proposée est non exhaustive et peut être complétée par l'opérateur.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Notes
Atteintes diffuses	Fonctionnement général, capacité de résilience, pérennité de l'habitat	Site/Bassin versant	Impact négligeable ou nul	0
			Impact moyen	-10
			Impact moyen	-20

2- Formations riveraines à petite massette de l'étage collinéen des régions périalpine et alpine (7240-2)

États de référence et limites de l'habitat

Préalablement à l'évaluation de l'état de conservation, il est nécessaire de fixer les limites de l'habitat considéré (à partir de quand l'entité peut être rattachée à l'habitat, même en état très dégradé, ou à partir de quand l'entité ne peut plus être rattachée à l'habitat). La détermination des états favorables choisis et des états optimaux souhaités est **propre à chaque site Natura 2000 et doit être effectuée par l'opérateur**. Le tableau ci-dessous présente un ensemble de descripteurs pouvant aider à construire les différents états de référence des formations riveraines à petite massette à l'échelle d'un site Natura 2000 (Tableau 47). Ces exemples de descripteurs doivent permettre d'aider à fixer les **notes de référence sur le gradient d'état de conservation** à l'échelle du site Natura 2000 (dégradé, altéré, états favorables choisis, états optimaux souhaités). Ils sont issus d'une première phase de terrain effectuée en 2019 et devront être précisés lors de la Version 2 du présent guide. Les courtes descriptions des autres habitats sont issues du Prodom des végétations de France 1 (Bardat *et al.*, 2004).

Tableau 47. Descripteurs possibles pour la définition des états de référence correspondant aux formations riveraines à petite massette (7240-2) (liste non exhaustive).

Autres habitats	Dégradé	Altéré	États favorables choisis	États optimaux souhaités
<p>Végétations des <i>Filipendulo ulmariae- Convolvuletea sepium</i> : mégaphorbiaies planitiaies à montagnardes, méso-eutrophes à eutrophes, inondables à humides</p> <p>Végétations des <i>Salicetea purpureae</i> : végétations forestières et arbustives riveraines</p>	<p>La dynamique vers un stade forestier est bien avancée (nombreuses espèces en strates arborée et arbustive, avec des recouvrements dépassant 50 %)</p> <p>Les espèces indicatrices d'un enrichissement trophique sont présentes</p>	<p><i>Typha minima</i> est peu recouvrante</p> <p>Aucune espèce n'est présente en strate arborée</p>	<p><i>T. minima</i> est bien recouvrante</p> <p>Aucune espèce n'est présente en strate arborée</p>	<p>L'habitat est régulièrement soumis aux perturbations</p> <p><i>T. minima</i> est bien recouvrante</p> <p>Aucune espèce n'est présente en strate arborée</p>

Pré-grille d'évaluation d'état de conservation

Les indicateurs proposés ci-après sont le résultat de recherches bibliographiques et d'une première phase de terrain (Tableau 48).

Tableau 48. Pré-grille d'indicateurs proposée pour l'évaluation de l'état de conservation de l'habitat « Formations riveraines à petite massette » (7240-2) à l'échelle des sites Natura 2000.

Paramètre	Critère	Indicateur	Échelle	Résultats attendus	
Surface	Surface couverte	Évolution de la surface couverte par l'habitat	Tronçon de cours d'eau/Cours d'eau	Progression, stabilité	
				Régression	
Structures et fonctions	Caractéristiques du sol	Épaisseur de la couche sablo-limoneuse (cm)	Polygone ou placette	--	
				--	
	Composition floristique	Composition floristique	Nombre d'espèces dans la strate arborée (> 7 m)	Polygone ou placette	--
			Colonisation ligneuse : strate arbustive (1-7 m) (%)	Polygone ou placette	--
			<u>ET/OU</u> Nombre d'espèces dans la strate arbustive (1-7 m)	Polygone ou placette	--
			Recouvrement des espèces indicatrices d'un enrichissement trophique (%)	Placette	--
			<u>ET/OU</u> Nombre d'espèces indicatrices d'un enrichissement trophique	Placette	--
			Recouvrement des espèces monopolistes (%)	Placette	--
			<u>ET/OU</u> Nombre d'espèces monopolistes	Placette	--
			<u>OU</u> Présence d'espèces monopolistes	Placette	Absence Présence
Composition faunistique	Orthoptères (bonus)	Polygone	Présence		
Altérations	Atteintes lourdes	Recouvrement des atteintes quantifiables en surface	Polygone/Tronçon	Somme des points = 0	
				Somme des points = 1	
				Somme des points ≥ 2	
	Atteintes diffuses	Impact des atteintes difficilement quantifiables en surface	Site/Bassin versant	Nul ou faible	
				Moyen Fort	

Les notions de **polygone d'habitat** et **placette** sont définies dans la partie 1 du présent rapport. La notion de **tronçon** n'a pas encore de définition précise et sera à travailler lors de la prochaine phase de test. Les indicateurs sont proposés comme rendant potentiellement compte de l'état de conservation de l'habitat. Suite à une première phase

de terrain effectuée en 2019, ils doivent, à nouveau, être discutés, testés sur le terrain, analysés et validés en 2020. Il s'agira alors de proposer une grille d'évaluation semblable à celles proposées pour les autres habitats, avec des **valeurs seuils** et des **notes associées**. La phase de test prévue en 2020 devra également permettre de compléter **les limites de l'habitat**, les **états de référence** et les **échelles de travail** (site, tronçon, cours d'eau, etc.). Pour l'heure, l'on préconisera d'effectuer les relevés d'indicateurs durant le mois de **juillet**.

Paramètre « Surface »

Évolution de la surface couverte

Cet indicateur est largement utilisé dans les différentes études de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire. La mesure de l'évolution de la surface couverte par l'habitat permet d'observer une **éventuelle fermeture des sites par boisement**, ainsi que des **phénomènes de remblaiement, de drainage, etc.** La surface optimale nécessaire pour le bon fonctionnement de l'habitat est difficile à définir et **l'expression de l'habitat est conditionnée par les crues**, c'est pourquoi on s'intéressera uniquement à évaluer la **tendance d'évolution de l'habitat** (stabilité, progression ou régression). La démarche à adopter pour la mesure de l'indicateur est résumée ci-dessous (Figure 50).

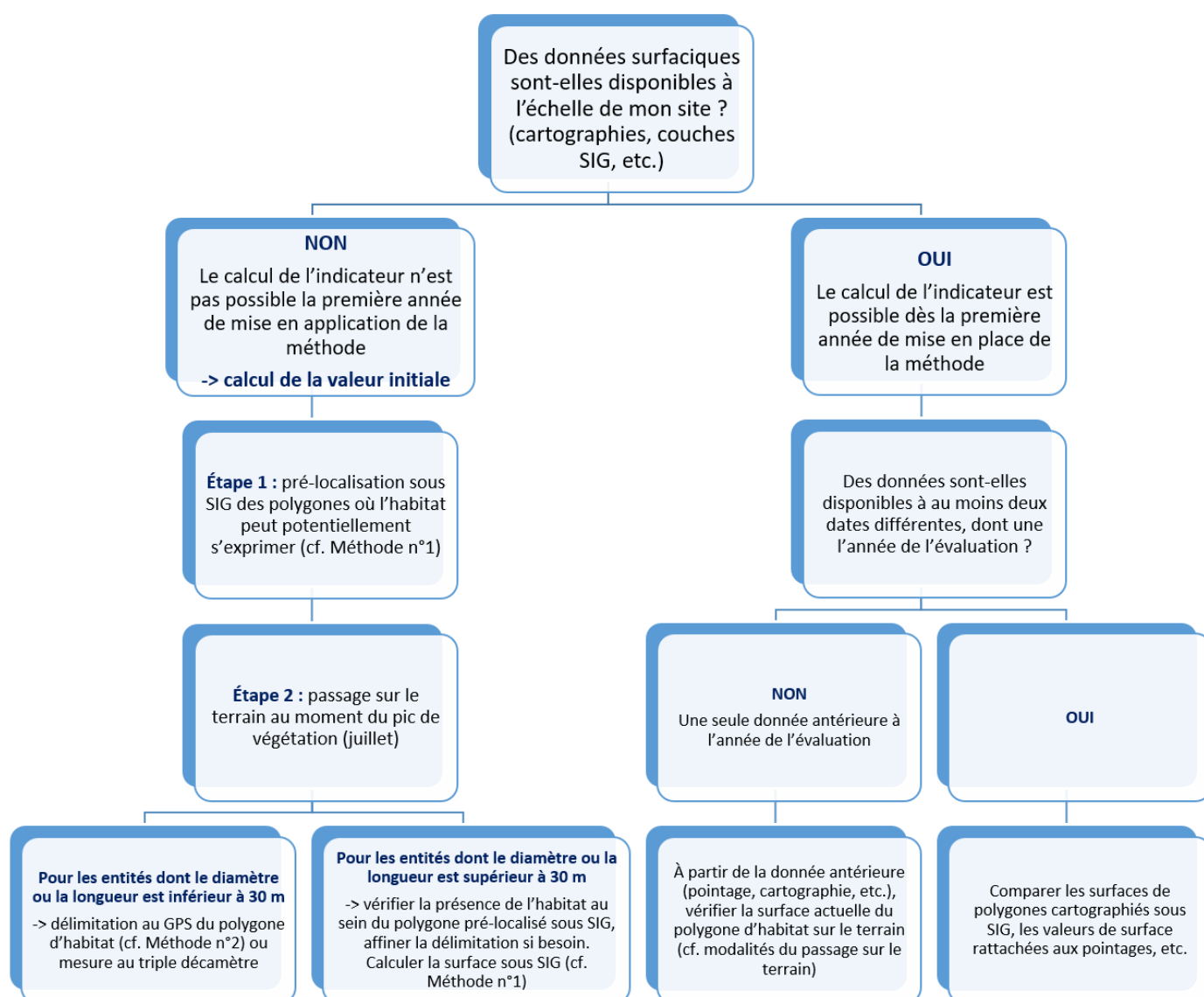


Figure 50. Démarche à adopter pour mesurer l'évolution de la surface couverte par l'habitat à l'échelle du site Natura 2000 en fonction des données disponibles.

Par défaut, on préconisera d'évaluer l'évolution de surface sur un pas de temps de six ans. La régression de surface de l'habitat sera avérée lorsqu'il y a une perte équivalente à 1 % par an. Ce seuil de régression, fixé selon la méthode communautaire du rapportage (art. 17) à 1 % par année, devrait, dans l'idéal, être adapté à l'échelle de chaque site Natura 2000 par l'opérateur. Par ailleurs, le seuil de régression fixé ne doit pas être trop bas afin de prendre en compte le **biais observateur** lors de l'estimation de la surface de l'habitat. La périodicité de l'évaluation, c'est-à-dire le pas de temps entre les données surfaciques, dépend également des données dont l'opérateur dispose.

Méthode n°1 : La pré-localisation des polygones d'habitat où les formations riveraines à petite massette peuvent potentiellement s'exprimer peut être effectuée sous **Système d'information géographique (SIG)** à l'aide **d'orthophotographies**, c'est-à-dire des photographies aériennes rectifiées, telles que prises à la verticale. D'autres couches peuvent être utilisées, ces dernières sont présentées ci-dessous (Tableau 49).

Tableau 49. Exemple de couches exploitables sous SIG afin de procéder au pré-repérage des polygones.

Couche	Source	Utilité
SCAN 25®	©IGN	Repérage de la topographie, des cours d'eau, des toponymes, des mares, etc.
BD ORTHO®	©IGN	Repérage des différents faciès de végétation, des indices de remontées de nappe, des étangs, des mares, etc.
Bing Aerial®	©Microsoft Corporation	Peut se substituer à la couche précédente
Limites des sites Natura 2000 (ZSC)	©UMS Patrinat	Cadrage géographique
Grille de maille 2 500 m x 500 m		Aide à la progression de la photo-interprétation et vérification des mailles. Les mailles peuvent être remplacées par des tronçons préalablement délimités.

L'analyse sous SIG ne peut être dispensée d'une **vérification de la présence de l'habitat sur le terrain** si cette dernière n'est pas connue de l'opérateur au préalable. Cette vérification pourra affiner la délimitation des polygones sous SIG.

Protocole : Il s'agira de délimiter des **tronçons fixes spatialement** ou bien de **prospector par maille**. Les tronçons seront définis comme des **portions du cours d'eau (Viry, 2013)**. Cette définition devra être précisée lors de la **prochaine phase de terrain**. Le **nombre de tronçons prospectés** dépendra du temps dont l'opérateur dispose pour effectuer l'évaluation. Sous Qgis, la délimitation de l'habitat peut être effectuée à l'aide de l'outil « ajouter une entité » présent dans la barre d'outils de numérisation. Une fois l'entité construite (le polygone d'habitat), sa surface peut être extraite via la calculatrice de champ. Celle-ci crée automatiquement un nouveau champ de surface contenant l'expression « \$area ». À savoir que l'unité du calcul sera celle de la projection. La digitalisation des polygones sera effectuée à une échelle comprise entre 1/2 500 et 1/1 000.

Méthode n°2 : Une autre méthode consiste à **délimiter les contours des habitats sur le terrain à l'aide d'un GPS** possédant une fonction de tracé avec lequel le tour du polygone d'habitat sera effectué. Une surface pourra ainsi en être extraite sous SIG ou directement sur le GPS (en fonction du matériel). Cette méthode, applicable notamment aux

polygones non digitalisables sous ortho-photographies, est plus précise que la précédente mais demande un coût humain plus important.

Protocole : La fonction tracé (« track » en anglais) dont dispose la plupart des GPS, permet de tracer un parcours plus ou moins précis en fonction de l'intervalle de distance entre les mesures choisies dans le GPS et en fonction de la précision du GPS lui-même. Dans le cas où le calcul de surface n'est pas directement effectué par le GPS, le tracé est à insérer sous SIG puis à convertir en entité polygonale via l'outil « De lignes à polygones » des outils de géométrie. Comme pour la **Méthode n°1**, la surface est extraite via l'expression « \$area », sous QGIS, et comparée à la surface des années antérieures.

D'autres méthodes existent afin de mesurer la surface (**drones** qui fournissent des images ortho-rectifiées, **photographies prises en ULM**, etc.). En dernier recours, si aucune donnée surfacique n'est disponible et que le temps imparti à la mesure de l'indicateur est faible, l'opérateur, ayant au préalable une bonne connaissance de l'habitat sur le site, pourra utiliser **l'avis d'expert** pour juger de l'évolution de surface.

Lorsque l'habitat est représenté par plusieurs polygones des formations à petite massette à l'échelle des tronçons, **la somme des surfaces des polygones correspond à la surface totale de l'habitat par tronçon**. Suivant la configuration de l'habitat et en fonction du temps dont l'opérateur dispose, on pourra envisager de mesurer l'évolution de surface de l'ensemble des polygones des formations à petite massette présents sur le tronçon, ou bien d'effectuer un **échantillonnage de polygones représentatif, à suivre dans le temps**. Dans le cas d'un habitat en mosaïque, l'évaluation de la surface couverte sera effectuée au niveau de la **mosaïque d'habitats**.

Remarques : plus le temps et la précision consacrés à la délimitation seront importants, meilleur sera le résultat. Les **causes** de l'évolution de la surface de l'habitat étudié doivent être renseignées (boisement, assèchement, etc.). Des **conditions climatiques similaires** entre les deux dates de comparaison choisies sont nécessaires, les habitats humides étant variables d'une année à l'autre suivant leur mise en eau.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Notes
Surface couverte	Fonctionnement général, perspectives, pérennité de l'habitat et des espèces, dynamique de l'habitat	Tronçon/Cours d'eau	Stabilité, progression	0
			Régression	-10

Paramètre « Structures et fonctions »

Épaisseur de la couche sablo-limoneuse (cm)

Typha minima a besoin d'une **couche sablo-limoneuse** d'épaisseur suffisante pour y ancrer ses racines. Si la couche sablo-limoneuse devient trop épaisse, il y a un phénomène d'atterrissement qui se met en place et qui peut induire une déconnexion avec la nappe (Bensettiti *et al.*, 2002 ; Prunier *et al.*, 2010). En effet, cette espèce se reproduit beaucoup par voie végétative. Elle colonise des milieux pionniers et doit s'installer avant la colonisation par d'autres

espèces. Si l'indicateur reste à développer, il risque d'être très variable selon les rivières. À titre d'exemple, l'Arve est en déficit sédimentaire, *a contrario* de l'Isère. Si l'indicateur est retenu, ses modalités d'application devront être précisées (Photo 23).



Photo 23. Sondage pédologique effectué à la tairie Edelman afin d'évaluer la nature du substrat sous les formations à petite massette.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus
Caractéristiques du sol	Dynamique hydromorphologique	Polygone ou placette	--
			--

Nombre d'espèces dans la strate arborée (> 7 m)

Les formations à petite massette sont héliophiles et semblent peu viables si plusieurs espèces ligneuses sont présentes (Bensettiti *et al.*, 2002 ; Köhler, 2006). Sur cet habitat, la colonisation ligneuse peut être très rapide. S'il n'est pas régulièrement perturbé et qu'il s'assèche, ce dernier peut évoluer vers des ripisylves des *Salicetea purpureae*. La présence de ligneux hauts témoigne d'une dynamique d'évolution **ancienne** des formations à petite massette vers un stade pré-forestier due à la dynamique naturelle, un processus d'assèchement ou tout autre phénomène favorisant l'implantation des ligneux. L'indicateur reste à tester. Les modalités de relevé sur le terrain seront à préciser, le cas échéant. Seules les **espèces enracinées dans le polygone ou dans la placette** seront prises en compte. Les ligneux hauts causant de l'ombrage en bordure peuvent être enracinés sur un niveau topographique différent, un habitat différent, etc. Ils sont donc à exclure du relevé.

Méthode : Le but est ici d'évaluer visuellement le **nombre d'espèces de ligneux hauts (> 7 m)** et de les **identifier**, lorsque cela est possible. Une simple estimation visuelle du nombre de ligneux hauts à l'échelle de la placette ou bien

du polygone sera effectuée. Un relevé phytosociologique ou floristique pourra également être réalisé à l'échelle de la placette.

Protocole : Pour évaluer cet indicateur à l'échelle de la placette, il faut dans un premier temps la délimiter. La **forme de la placette** va dépendre de la **configuration du polygone** et pourra ainsi être de forme circulaire, carrée, rectangulaire, linéaire, etc. Les relevés fragmentés sont également possibles si les patches d'habitat ont la même composition floristique, la même physionomie de végétation et sont soumis à une même gestion (l'absence de gestion en fait partie). On évitera de se placer en marge du polygone où des végétations extérieures à l'habitat pourraient être rencontrées (**effet de lisière**). **Il est conseillé de noter les espèces présentes sur la fiche de relevé.**

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus
Composition floristique	Assèchement, eutrophisation, dynamique naturelle et structure de l'habitat	Placette ou polygone	--
			--

Recouvrement ET/OU Nombre de ligneux bas (1-7 m) (%)



Photo 24. Polygone avec fort recouvrement des espèces du genre *Salix*.

Les discussions précédentes s'appliquent à l'indicateur. L'apparition de ligneux en strate arbustive témoigne d'une dynamique d'évolution de l'habitat **active** au moment de l'évaluation (Photo 24). L'indicateur reste à tester. Les modalités de relevé sur le terrain seront à préciser, le cas échéant.

Méthode : Le but est ici d'évaluer visuellement le **recouvrement** ou le **nombre des ligneux bas**, c'est-à-dire la **strate arbustive (1-7 m)**, et de les **identifier**, lorsque cela est possible. Une simple estimation visuelle du recouvrement ou du nombre des ligneux bas à l'échelle de la placette ou bien du polygone sera effectuée. Un relevé phytosociologique ou floristique pourra également être effectué à l'échelle de la placette.

Protocole : Pour évaluer cet indicateur à l'échelle de la placette, on utilisera la même placette utilisée pour mesurer l'indicateur basé sur le nombre d'espèces de ligneux en strate arborée lorsque relevé à l'échelle de la placette. Sinon, il s'agira de la délimiter (*cf.* Protocole de l'indicateur « Nombre d'espèces dans la strate arborée »). **Il est conseillé de noter la valeur exacte du recouvrement des ligneux bas (1-7 m), ainsi que les espèces présentes sur la fiche de relevé.** Une aide à l'estimation du recouvrement est disponible ci-dessous (Figure 51).

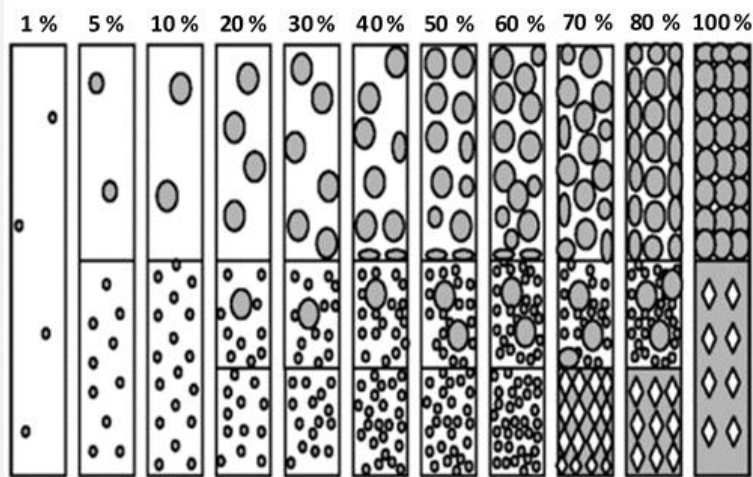


Figure 51. Aide à l'estimation des recouvrements (source : N. Fromont).

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus
Composition floristique	Assèchement, eutrophisation, dynamique naturelle et structure de l'habitat	Placette ou polygone	--
			--

Recouvrement ET/OU Nombre des espèces indicatrices d'un enrichissement trophique (%)

L'**eutrophisation** constitue l'une des principales menaces pour cet habitat, *Typha minima* étant une espèce oligotrophile. Le phénomène peut conduire à la disparition de l'habitat au profit des végétations de mégaphorbiaies eutrophes des *Filipendulo ulmariae-Convolveletea sepium*. Les deux indicateurs restent à tester, mais une première liste d'espèces à prendre en compte est proposée ci-dessous (Tableau 50). **Cette dernière devra être affinée et précisée lors de prochaines phases de tests.** Les modalités de relevé sur le terrain seront à préciser, le cas échéant.

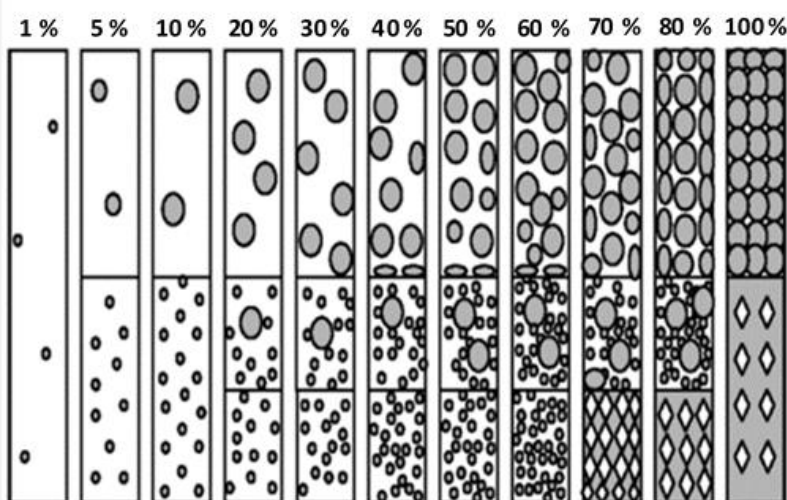


Figure 52. Aide à l'estimation des recouvrements (source : N. Fromont).

Méthode : En ciblant exclusivement les espèces de la liste, on pourra estimer leur seul recouvrement ou nombre au sein de la placette. Le recouvrement ou le nombre d'espèces indicatrices d'un enrichissement trophique pourront également être notés grâce à un relevé phytosociologique ou floristique à l'échelle de la placette.

Protocole : Dans le cas où les indicateurs concernant les ligneux ont été relevés à l'échelle de la placette, on utilisera la même

placette pour mesurer l'indicateur. Sinon, il s'agira de la délimiter (cf. Protocole de l'indicateur « Nombre d'espèces

dans la strate arborée »). Une aide au recouvrement est disponible ci-dessus (Figure 52). **Il est conseillé de noter le nom de chaque espèce indicatrice d'un enrichissement trophique, ainsi que le recouvrement associé, le cas échéant, sur la fiche de relevé.**

Tableau 50. Espèces potentiellement indicatrices d'un enrichissement trophique sur les formations à petite massette.

Nom scientifique
<i>Angelica sylvestris</i> L.
<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth
<i>Bidens</i> spp.
<i>Caltha palustris</i> L.
<i>Cardamine amara</i> L.
<i>Carex acutiformis</i> Ehrh.
<i>Carex riparia</i> Curtis
<i>Carex paniculata</i> L.
<i>Carex pendula</i> Huds.
<i>Carex pseudocyperus</i> L.
<i>Convolvulus sepium</i> L.
<i>Epilobium hirsutum</i> L.
<i>Eupatorium cannabinum</i> L.
<i>Ficaria verna</i> Huds.
<i>Filipendula ulmaria</i> L.
<i>Galeopsis tetrahit</i> L.
<i>Geranium robertianum</i> L.
<i>Glechoma hederacea</i> L.
<i>Impatiens noli-tangere</i> L.
<i>Iris pseudacorus</i> L.
<i>Lamium galeobdolon</i> subsp. <i>montanum</i> (Pers.) Hayek
<i>Lycopus europaeus</i> L.
<i>Paris quadrifolia</i> L.
<i>Phalaris arundinacea</i> L.
<i>Poa trivialis</i> L.
<i>Polygonum hydropiper</i> L.
<i>Polygonum lapathifolium</i> L.
<i>Ribes rubrum</i> L.
<i>Rubus</i> spp.
<i>Rumex maritimus</i> L.
<i>Schedonorus giganteus</i> (L.) Holub
<i>Scirpus sylvaticus</i> L.
<i>Solanum dulcamara</i> L.
<i>Symphytum officinale</i> L.
<i>Urtica dioica</i> L.
<i>Valeriana officinalis</i> L.
<i>Veronica beccabunga</i> L.

Remarques : il est fortement recommandé d'utiliser une flore adaptée au contexte local lorsque disponible, en cas de doute.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus
Composition floristique	Eutrophisation	Placette	--
			--

Recouvrement ET/OU Nombre OU Présence d'espèces monopolistes (%)

Le terme d'**espèces monopolistes** se réfère à des **espèces exotiques et non exotiques, envahissantes**, qui menacent l'écosystème et les espèces qui y sont associées. Elles concurrencent fortement *Typha minima*, peuvent entraîner une **fermeture du milieu** ainsi qu'une **perte de richesse spécifique**. *T. minima* est une espèce héliophile qui ne tolère pas la concurrence. L'apparition d'espèces exotiques envahissantes ou d'espèces indigènes qui entreraient en compétition avec cette espèce est une menace pour cet habitat (Köhler, 2006). C'est un indicateur de dynamique défavorable d'évolution de l'habitat vers d'autres milieux, en complément des ligneux. Les indicateurs restent à tester, mais une première liste d'espèces à prendre en compte est proposée ci-dessous (Tableau 51). Les modalités de relevé sur le terrain seront à préciser, le cas échéant.

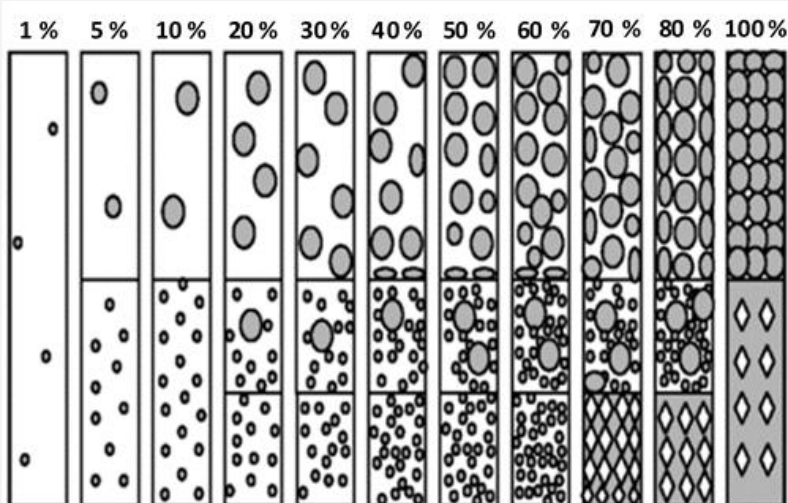


Figure 53. Aide à l'estimation des recouvrements (source : N. Fromont).

Méthode : En ciblant exclusivement les espèces de la liste, on pourra estimer leur seul recouvrement, nombre ou leur seule présence au sein de la placette. Le recouvrement, le nombre ou la présence d'espèces monopolistes pourront également être notés grâce à un relevé phytosociologique ou floristique à l'échelle de la placette.

Protocole : La même placette ayant servi à estimer le recouvrement des espèces indicatrices d'un enrichissement trophique sera

utilisée. Une aide au recouvrement est disponible ci-dessus (Figure 53). **Il est conseillé de noter le nom de chaque espèce monopoliste, ainsi que le recouvrement associé, le cas échéant, sur la fiche de relevé.**

Tableau 51. Espèces potentiellement monopolistes rencontrées sur les formations à petite masette.



Buddleja davidii Franch.



Cortaderia selloana (Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.



© Y. Martin

***Erigeron canadensis* L.**



© Y. Martin

***Erigeron sumatrensis* Retz.**



© C. Fournier

***Impatiens glandulifera* Royle**



© Y. Martin

***Phalaris arundinacea* L.**



© Y. Martin

***Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.**



P. Gourdain

***Reynoutria japonica* Houtt.**



Reynoutria sachalinensis (F.Schmidt) Nakai



Robinia pseudoacacia L.



Solidago canadensis L.



Solidago gigantea Aiton

Remarques : il est fortement recommandé d'utiliser une flore adaptée au contexte local lorsque disponible, en cas de doute.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus
Composition floristique	Compétition interspécifique	Placette	--
			--

Orthoptères (bonus)

Cet indicateur est considéré en bonus car l'absence d'invertébrés sur les formations à petite massette ne traduit pas obligatoirement un mauvais état de conservation. Plusieurs espèces d'**orthoptères** inféodées aux zones alluviales peuvent être présentes sur cet habitat (Münsch *et al.*, 2013 ; Durante et Martin, 2017). Les orthoptères apportent des informations sur la **dynamique sédimentaire** et l'**humidité du milieu** (Collectif RhoMéO, 2014). Certaines espèces sont strictement inféodées à des conditions d'humidité, de type de substrat ou encore de structure de végétation bien particulières. Comme *Typha minima*, les orthoptères des milieux alluviaux ont besoin de plages sablo-limoneuses (Werner, 2005 ; Pushkar, 2009). La modification et les aménagements des cours d'eau sont une menace commune avec *T. minima*. Münsch *et al.* (2013) considèrent *Xya variegata* comme un bon bio-indicateur de la dynamique fluviale. Cette espèce a besoin des perturbations (notamment les crues) qui déposent les sédiments fins sur les berges. En

l'absence de ces perturbations, d'autres espèces d'orthoptères font leur apparition. *Xya variegata* possède donc les mêmes exigences que *Typha minima*. Deux autres espèces d'orthoptères et des fiches d'identification sont proposées pour les trois espèces cibles : ***Epacromius tergestinus ponticus* (Karny, 1907)**, ***Tetrix tuerki tuerki* (Krauss, 1876)** et ***Xya variegata* Latreille, 1809**.

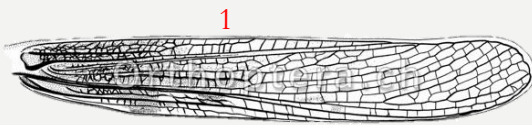
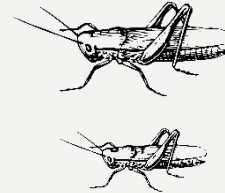
Méthode : La présence de ces espèces pourra être relevée à l'**opportuniste** ou en suivant un **protocole précis**, en fonction du temps dont l'opérateur dispose pour effectuer l'évaluation. Dans ce dernier cas, l'on considérera un **polygone d'habitat** comme étant un **point de suivi**. Il s'agira de parcourir le polygone en tentant d'identifier **à vue ou à l'ouïe** les espèces cibles. Les prospections sont à réaliser par **temps ensoleillé et chaud**. Pour les genres *Xya* et *Tetrix*, qui sont de petits orthoptères, le plus simple est de s'asseoir et d'attendre que les espèces s'approchent. Pour observer les individus de plus près, un **filet fauchoir** peut être utilisé (limite le dérangement). Sinon, les individus peuvent être capturés à la main et placés un court instant dans une boîte transparente pour la détermination (Sardet et *al.*, 2015).

Epacromius tergestinus ponticus (Ædipode des Alpes)

Description : Espèce dont les individus sont gris, parfois verdâtre. Les élytres (=ailes antérieures) (1) sont finement tachetés (Werner, 2005 ; Sardet et al., 2015). La femelle mesure entre 25 et 33 mm, et le mâle entre 17 et 22 mm (Sardet et al., 2015).



Taille moyenne réelle



Prospection : L'espèce se retrouve dans la végétation (notamment à *T. minima*) le matin et lorsque le soleil commence à chauffer, l'espèce est visible sur les plages de sables (surtout en parades nuptiales entre août et septembre) (Werner, 2005 ; Sardet et al., 2015).

Période de prospection conseillée

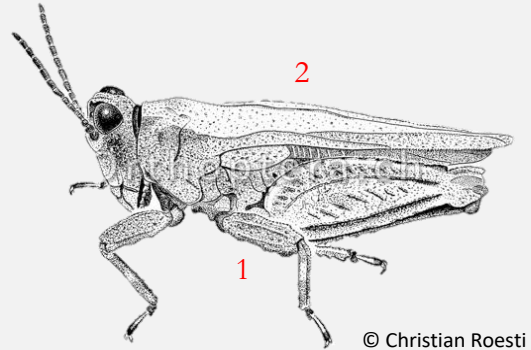
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Habitat : Zones alluviales des rivières alpines, dépôts limoneux et sables humides, sur lesquelles on retrouve *Typha minima*. *E. tergestinus ponticus* et *T. minima* sont des espèces indicatrices du bon état de conservation d'une rivière et sont des espèces cibles à rechercher lorsque des aménagements sont effectués (Werner, 2005 ; Sardet et al., 2015).

Statut : En France, l'espèce est rare et visible en Haute-Savoie, Isère et Hautes-Alpes. Listes rouges des orthoptères d'Auvergne Rhône-Alpes et de PACA : CR (Sardet et al., 2015 ; Bence, 2018 ; Sardet, 2018).

Tetrix tuerki tuerki (Tétrix des grèves)

Description : Cette espèce peut ressembler aux autres espèces du genre *Tetrix* mais se différencie par un fémur médian (1) ondulé et un pronotum plat (2) (Sardet et *al.*, 2015 ; Anonyme, 2019c). La femelle mesure entre 9 et 13 mm, et le mâle entre 8 et 11 mm (Sardet et *al.*, 2015).



Taille moyenne réelle



Prospection : L'espèce peut être observée de mars à novembre, mais surtout de mai à septembre (Sardet et *al.*, 2015 ; Anonyme, 2019c).

Période de prospection conseillée

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Habitat : Rives de cours d'eau dans les Alpes (Sardet et *al.*, 2015).

Statut : Liste rouge des orthoptères d'Auvergne Rhône-Alpes : EN (Sardet, 2018). Liste rouge des orthoptères de PACA : NT (Bence, 2018).

Xya variegata (Tridactyle panaché)

Description : *Xya variegata* ne peut pas être confondu avec d'autres espèces. Il préfère les sols avec des sédiments fins, apportés régulièrement par les crues. L'espèce se maintient si le milieu est régulièrement perturbé car elle ne supporte pas la concurrence avec d'autres orthoptères (Münsch et al., 2013 ; Anonyme, 2019d). La femelle mesure entre 4 et 6,5 mm, et le mâle mesure entre 4 et 5,5 mm (Sardet et al., 2015).



Taille moyenne réelle



Prospection : La recherche des galeries creusées par l'espèce peut simplifier les prospections, du fait de sa petite taille (Münsch et al., 2013 ; Sardet et al., 2015 ; Anonyme, 2019d).

Habitat : Plages sablonneuses au bord de l'eau (Sardet et al., 2015).

Statut : Liste rouge des orthoptères d'Auvergne Rhône-Alpes : CR (Sardet, 2018). Liste rouge des orthoptères de PACA : NT (Bence, 2018).

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus
Composition faunistique	Dynamique sédimentaire	Polygone	Présence

Paramètre « Altérations »

Somme des atteintes quantifiables en surface

Méthode : On relèvera toutes les atteintes visibles à l'échelle du polygone en leur attribuant une estimation de surface du polygone impactée.

Protocole : Chaque atteinte relevée se voit attribuer une **note** de 1 à 2 selon son origine (anthropique ou naturelle), la surface d'habitat impactée ou encore sa localisation par rapport au polygone. **La somme des notes attribuées à chaque atteinte donne la note globale de l'indicateur.** Le tableau ci-dessous donne une liste des atteintes quantifiables en surface potentiellement présentes sur les formations à petite massette (Tableau 52).

Tableau 52. Liste des atteintes quantifiables en surface pouvant affecter les formations à petite massette.

Atteintes quantifiables (polygone)	Points
Passage de quads, piétinement dû à la fréquentation (< 50 %)	1
Passage de quads, piétinement dû à la fréquentation (> 50 %)	2
Passage d'engins lourds	2
Dépôts de matériaux/décharge	2
Extraction de matériaux	2
Plantations en périphérie	1
Incendies	1
Drains	1
Bois mort	1
Passage de sangliers (> 80 %)	1
Curage des berges	2
Broyage	2

Remarques : La liste proposée est non exhaustive et peut être complétée par l'opérateur. Attention toutefois à ne pas ajouter une atteinte pouvant déjà être prise en compte dans le cadre de l'évaluation d'un autre indicateur afin d'éviter toute redondance.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus
Atteintes lourdes	Fonctionnement général, connectivité, capacité de résilience	Polygone/Tronçon	Somme des points = 0
			Somme des points = 1
			Somme des points ≥ 2

Atteintes difficilement quantifiables en surface

Ce sont des atteintes dont l'impact ne peut être quantifié en surface (Photo 25). Dans la continuité des méthodes d'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire, cet indicateur est pris en compte.



Photo 25. Captage d'eau potable sur un site Natura 2000.

Méthode : Il s'agit d'évaluer l'impact des atteintes difficilement quantifiables en surface à l'échelle du **site ou du bassin versant** sur l'état de conservation de l'habitat.

Protocole : Toutes les atteintes présentes sur le site ou le bassin versant qui peuvent avoir un impact sur l'état de conservation de l'habitat doivent être recensées. Les atteintes potentielles sont listées ci-dessous (Tableau 53). À **dire d'expert**, il s'agit d'évaluer l'impact global de toutes les atteintes recensées sur l'état de conservation de l'habitat.

Tableau 53. Exemple d'atteintes difficilement quantifiables en surface pouvant affecter les formations à petite massette.

Atteintes difficilement quantifiables en surface
Drainage, assèchement
Activités de pompage, extraction de matériaux
Rejets ponctuels, pollutions
Chaulage
Agriculture avec usage d'intrants
Sports de montagne (ski, etc.)
Surfréquentation
Barrage
Endiguement
Chenalisation
Lac de retenue d'eau
Aménagement chemin carrossable

Remarques : La liste proposée est non exhaustive et peut être complétée avec des atteintes non identifiées ci-dessus.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Notes
Atteintes diffuses	Fonctionnement général, capacité de résilience, pérennité de l'habitat	Site/Bassin versant	Impact négligeable ou nul	0
			Impact moyen	-10
			Impact moyen	-20

Bibliographie

Abdulhak S. & Sanz T., 2012. - Guide des habitats humides du bassin du Guil. Conservatoire Botanique National Alpin. 174p.

Anonyme, 2019c. - *Tetrix tuerki*. Consulté en septembre 2019 : <http://www.orthoptera.ch/arten/item/tetrix-tuerki>

Anonyme, 2019d. - *Xya variegata*. Consulté en septembre 2019 : <http://www.orthoptera.ch/arten/item/xya-variegata>

Bardat J., Bioret F., Botineau M., Boulet V., Delpech R., Géhu J.-M., Haury J., Lacoste A., Rameau J.-C., Royer J.-M., Roux G. & Touffet J., 2004. - Prodrome des végétations de France. Collection Patrimoines Naturels 61, Muséum National d'Histoire Naturelle. 171p.

Bence S. & Kapfer G., 2018. - Protocole de suivi des insectes indicateurs de la dynamique alluviale naturelle. Protocole adapté au bassin de la Durance. Conservatoire d'espaces naturels Provence-Alpes-Côte d'Azur, Syndicat Mixte d'Aménagement de la Vallée de la Durance. 28p.

Bensettiti F., Gaudillat V. & Haury J., 2002. - *Cahiers d'habitats Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats d'intérêt communautaire. Tome 3. Habitats humides*. Édition La Documentation française. 457p.

Bonnet V., Fort N. & Schumpp U., 2017. - *Caricion incurvae* - Guide d'identification des espèces végétales caractéristiques. Conservatoire Botanique National Alpin. 24p.

Clément H. & Gaucherand S., 2016. - BILAN DU PLAN D'ACTION ZONES HUMIDES DE VAL THORENS. Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture. 101p.

Collectif RhoMéO, 2014. - La boîte à outils de suivi des zones humides du bassin Rhône-Méditerranée. Version 1. Conservatoire d'espaces naturels de Savoie. 147p.

Durante S. & Martin Y., 2017. - Plan National d'Actions pour la Petite Massette. 10p.

Fort N. & Vivat A., 2005. - Programme INTERREG IIIA « Conservation et gestion de la flore et des habitats dans les Alpes occidentales du Sud ». Bilan des travaux du *Caricion incurvae*. 44p.

Genis J.M. & Fort N., 2018. - Suivi du *Caricion bicoloris-atrofuscae* en région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Conservatoire de Botanique National Alpin. 19p.

Greulich F., 2017. - Synthèse *Typha minima* Funck, 1794. Conservatoire Botanique National Alpin. 44p.

Köhler C., 2006. - Recherche de sites favorables pour la réimplantation de *Typha minima* Happe dans le canton de Genève. Travail de diplôme. Filière Gestion de la Nature. HES Ecole d'ingénieurs de Lullier. 132p.

Manneville O., Vergne V., Villepoux O. & Matthey W., 2006. - *Le monde des tourbières et des marais: France, Suisse, Belgique et Luxembourg*. Paris : Delachaux et Niestlé. Nouvelle édition, Septembre 2006. 320p.

Münsch T., Fartmann T., Machalet B. & Poniowski D., 2013. - The pygmy mole cricket *Xya variegata* as an indicator for dynamic river systems. *Journal of insect conservation* 17 (3): 521-528

Prunier P., Köhler C., Lambelet C. & Frossard P. A., 2010. - Espèces caractéristiques et positionnement syntaxonomique des communautés à petite massette (*Typha minima*) : une contribution au choix des sites de réintroduction d'une espèce alluviale menacée. *Botanica Helvetica* 120 (2) : 95-103

Pushkar T., 2009. - *Tetrix tuerki* (Orthoptera, Tetrigidae): distribution in Ukraine, ecological characteristic and features of biology. *Vestnik zoologii* 43 (1): e-1 - e-14

Sardet E., 2018. - Liste rouge des Orthoptères de la région Rhône-Alpes. Etude commandée et financée par DREAL Auvergne-Rhône-Alpes. 32p

Sardet E., Roesti C. & Braud Y., 2015. - *Cahier d'identification des Orthoptères de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Toutes les espèces. Sauterelles, Grillons et Criquets*. Édition Biotope. 304p.

UMS Patrinat, 2019. - Résultats synthétiques de l'état de conservation des habitats et des espèces, période 2013-2018. Rapportage article 17 envoyé à la Commission européenne, avril 2019.

Van Es J. & Vivat A., 2003. - Étude des marécages arctico-alpins (*Caricion incurvae*) du vallon de bouchouse site Natura 2000 pr 08 « Haut Guil-mont Viso-Valpreveyre ». Cartographie des groupements végétaux. Suivi des milieux et des espèces. Conservatoire National Botanique Alpin. 50p.

Villaret J.-C., Van Es J., Sanz T., Pache G., Legland T., Mikolajczak A., Abdulhak S., Garraud L. & Lambey B., 2019. - *Guide des habitats naturels et semi-naturels des Alpes du Jura méridional à la Haute Provence et des bords du Rhône au Mont-Blanc. Description, écologie, espèces diagnostiques, conservation*. Édition Naturalia publications. 639p.

Viry D., 2013 - État de conservation des habitats humides et aquatiques d'intérêt communautaire. Méthode d'évaluation à l'échelle du site. Guide d'application. Version 1. Rapport SPN 2013-13. Service du patrimoine naturel, Museum National d'Histoire Naturelle/Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques, Paris. 33p.

Werner P., 2005. - Réintroduction de l'Oedipode des salines (*Epacromius tergestinus*), criquet disparu des zones alluviales de Suisse. *Bulletin de la Murithienne* 123 : 39-48

