



**Muséum
national
d'Histoire
naturelle**

Direction de la Recherche, de l'Expertise et de la Valorisation
Direction Déléguée au Développement Durable, à la Conservation de la Nature et à l'Expertise

Service du Patrimoine Naturel

Epicoco Cyril, Viry Déborah



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

Juillet 2015



Le Service du Patrimoine Naturel (SPN)

Inventorier - Gérer - Analyser - Diffuser

Au sein de la direction de la recherche, de l'expertise et de la valorisation (DIREV), le Service du Patrimoine Naturel développe la mission d'expertise confiée au Muséum national d'Histoire naturelle pour la connaissance et la conservation de la nature. Il a vocation à couvrir l'ensemble de la thématique biodiversité (faune/flore/habitat) et géodiversité au niveau français (terrestre, marine, métropolitaine et ultra-marine). Il est chargé de la mutualisation et de l'optimisation de la collecte, de la synthèse et la diffusion d'informations sur le patrimoine naturel.

Placé à l'interface entre la recherche scientifique et les décideurs, il travaille de façon partenariale avec l'ensemble des acteurs de la biodiversité afin de pouvoir répondre à sa mission de coordination scientifique de l'Inventaire national du Patrimoine naturel (code de l'environnement : L411-5).

Un objectif : contribuer à la conservation de la Nature en mettant les meilleures connaissances à disposition et en développant l'expertise.

En savoir plus : <http://www.mnhn.fr/spn/>

Directeur : Jean-Philippe SIBLET

Adjoint au directeur en charge des programmes de connaissance : Laurent PONCET

Adjoint au directeur en charge des programmes de conservation : Julien TOUROULT



Porté par le SPN, 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 SINP et de l'Observatoire National de la Biodiversité.

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 mutualiser au niveau national ce qui était jusqu'à présent éparpillé à la fois en métropole comme en outre-mer et aussi bien pour la partie terrestre que pour la partie marine. C'est une contribution majeure pour la connaissance, l'expertise et l'élaboration de stratégies de conservation efficaces du patrimoine naturel.

En savoir plus : <http://inpn.mnhn.fr>

Projet réalisé dans le cadre d'une convention ONEMA-MNHN 2013-2015 :

État de conservation des habitats aquatiques : évaluation de l'intérêt des données DCE et méthodologie de mise en œuvre.

Partenariat 2012 – Domaine « Coordination et mise en œuvre du SIE » - Action 11 « Évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire »

Chef de projet : Farid Bensettiti : bensettiti@mnhn.fr

Chargée de mission : Déborah Viry : dviry@mnhn.fr

Relecture : Farid Bensettiti, Julien Touroult du MNHN/SPN

Téléchargement : <http://inpn.mnhn.fr/telechargement/documentation/natura2000/evaluation>

Référence du rapport conseillée :

EPICOCO C., VIRY D., 2015 - *État de conservation des habitats tourbeux d'intérêt communautaire, Méthode d'évaluation à l'échelle du site. Rapport d'étude.* Version 1 – Mars 2015. Rapport SPN 2015-57, Service du patrimoine naturel, Muséum National d'Histoire Naturelle / Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques, Paris, 76 p.

Crédit photographiques

1^{ère} et de couverture :

Tourbières hautes actives - ©Déborah Viry

4^{ème} de couverture :

Tourbières hautes dégradées encore susceptibles de régénération naturelle (Sources de la Vologne, Vosges) - ©Déborah Viry

Remerciements

À Farid BENSETITTI (MNHN/SPN), pour l'encadrement et le suivi du travail, ainsi que la relecture du document.

À Julien TOUROULT (MNHN/SPN) pour ses conseils et la relecture du document.

À Alix BADRE (RNF), Sandra MENDEZ et Maria MARTIN (FRNC), Pierre GOUBET (expert, cabinet Pierre Goubet), Francis MULLER (pôle relais tourbières), Olivier ARGAGNON (CBN Méditerranéen) et Antoine SEGALIN (PNRPC) et Thibault HINGRAY (CEN Lorraine), nos partenaires dans ces travaux. À leur participation à la réflexion et à leur aide sur le terrain et à tous les gestionnaires qui nous ont accompagné sur leur territoire.

A Caroline PÉNIL (ONEMA), et Jérôme MILLET (FCBN) pour leur concours et leur soutien lors de la réalisation de cette étude.

À l'équipe "Évaluation de l'état de conservation" du SPN, dont Fanny LEPAREUR, Lise MACIEJEWSKI et Renaud PUISSAUVÉ et à Pierre-Alexis RAULT pour la relecture de ce document. Également, À Sylvie CHEVALLIER et Mélanie HUBERT (MNHN/SPN).

A Claire BINNERT et L. DEMARET étudiante et stagiaire, qui ont initié cette réflexion en 2012 au cours de leurs travaux.

Sommaire

Remerciements.....	4
Sommaire.....	5
Préambule.....	7
1. Contexte général.....	8
1.1. La directive « Habitats, Faune, Flore ».....	8
1.2. Les méthodologies d'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire.....	9
2. Les tourbières.....	11
2.1. Généralités.....	11
2.1.1. Les zones humides.....	11
2.1.2. Les tourbières.....	11
2.1.3. Formation de la tourbe.....	11
2.1.4. Origine des tourbières.....	12
2.1.5. Localisation des tourbières dans le monde.....	12
2.1.6. Classification des tourbières.....	12
2.2. Les tourbières acides à sphaignes.....	14
2.2.1. Les tourbières hautes actives (code UE : 7110*).....	14
2.2.2. Les tourbières hautes dégradées encore susceptibles de régénération naturelle (code UE : 7120).....	16
2.2.3. Les tourbières de couverture (code UE : 7130).....	18
2.2.4. Les tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140).....	18
2.2.5. Les dépressions sur substrats tourbeux du <i>Rhynchosporion</i> (code UE : 7150).....	20
3. Méthodes.....	21
3.1. Les sites test.....	21
3.2. La présélection des critères et indicateurs.....	23
3.3. La phase de terrain.....	27
3.4. Analyse des données.....	34
4. Résultats et discussion.....	36
4.1. Surface de l'habitat.....	39
4.1.1. Surface couverte.....	39
4.2. Hydrosystème.....	39
4.2.1. Hauteur et variation du niveau de l'eau / Indice floristique d'engorgement.....	39
4.3. Structure et fonctionnement.....	40
4.3.1. Composition spécifique – flore.....	40
a. Recouvrement des ligneux hauts.....	40
b. Recouvrement des ligneux bas.....	44
c. Recouvrement des espèces à faciès à <i>Eriophorum angustifolium</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , ...	48
d. Indicateur espèces eutrophiles.....	49
e. Recouvrement de la molinie.....	51
f. Recouvrement de la surface par les bryophytes turfigènes.....	54
g. Indicateurs d'assèchement.....	57
h. Recouvrement des espèces indicatrices "d'érosion".....	57
i. Recouvrement des espèces de haut-marais.....	58
4.3.2. Composition spécifique – faune.....	59
a. Arachnides / Odonates / Lépidoptères / Diptères / Orthoptères.....	59
4.3.3. Intégrité structurale.....	60
a. Recouvrement en sol nu.....	60
b. Proportion d'habitat déstructuré.....	61

4.3.4. Évolution de la profondeur de la tourbe	61
4.4. Altération	62
4.4.1. Atteintes « diffuses » au niveau du bassin versant ou du site / Atteintes « lourdes » (estimables en terme de surface)	62
a. Atteintes dont l'impact est difficilement quantifiable en surface / Recouvrement des atteintes en pourcentage	62
Tableau de synthèse final.....	66
Perspectives et conclusion	68
Bibliographie	70
Bibliographie additionnelle (non citée mais ayant participé à la première sélection d'indicateur)	74
Annexes	77
Annexes 1 : Exemples de protocoles d'inventaires d'espèces faunistiques	77
Protocole RhoMéO (2014) d'inventaire des orthoptères	77
Protocole RhoMéO (2014) d'inventaire des odonates.....	80
Protocole Chronoventaire pour l'acquisition de données pour l'étude des communautés de Rhopalocères et Zygènes (Dupont 2014)	86
Annexe 2 : Standard de données pour le Chronoventaire.	97
Annexe 3 : Éléments protocolaires pour inventorier les insectes et araignées	105
Annexe 4 : Proposition de listes espèces bioindicatrices (en cours de vérification)	107

Préambule

La perte de biodiversité est un problème mondial qui, de ce fait, touche également l'Europe. De la nécessité de la préserver est d'abord né, en 1979, la directive « Oiseaux » (79/409/CEE) qui protège, par la création de Zones de Protection Spéciales (ZPS), les oiseaux menacés et leur habitat sur l'ensemble des territoires des États membres de l'Union européenne (UE) (Conseil de la CEE 1979). Apparaît ensuite la directive « Habitats, Faune, Flore » (DHFF - 92/43/CEE), arrêtée en 1992, dont le but est la conservation des habitats d'intérêt communautaire – habitats rares ou menacés – ainsi que de la faune et la flore qu'ils abritent (Conseil de la CEE 1992). Sa mise en application se fait par la création de Zone Spéciale de Conservation (ZSC), également dans la limite des territoires des États membres de l'UE (*ibid.*). L'ensemble des ZPS et ZSC forme le réseau NATURA 2000 dont l'objectif vise à maintenir, voire rétablir, dans un état de conservation favorable, les habitats naturels présents dans ces deux types de zonages (*ibid.*).

Afin de suivre les progrès du réseau NATURA 2000 dans la réalisation de son objectif de conservation des habitats menacés, la Commission européenne exige, au titre de l'article 17 de la DHFF, un rapport tous les six ans de chacun de ses États membres qui comprend notamment une évaluation de l'état de conservation de ses habitats d'intérêt communautaires à l'échelle nationale et biogéographique (*ibid.*). La France s'engage par ailleurs, avec l'article R414-11 du code l'environnement, à évaluer cet état à l'échelle de chaque site NATURA 2000 (Anonyme, 2008).

Si le rapportage, au titre de l'article 17 de la DHFF, est réalisé par le Service du Patrimoine Naturel (SPN) et ses partenaires, l'évaluation exigée par l'article R414-11 du code de l'environnement se fait de manière concertée par les responsables des différents sites NATURA 2000. Dans le but de standardiser les protocoles utilisés sur chaque site, le SPN propose depuis 2008 des outils méthodologiques pour évaluer l'état de conservation de chacun des types d'habitats d'intérêt communautaire présent en France (INPN 2014). Suivant ce principe, plusieurs grands types d'habitats ont déjà fait l'objet d'une étude et ainsi les habitats forestiers (Carnino 2009), les dunes non boisées du littoral Atlantique (Goffé 2011), les habitats marins (Lepareur 2011), les lagunes côtières (Lepareur *et al.* 2013), les habitats agropastoraux (Maciejewski *et al.* 2013) et dernièrement les habitats humides et aquatiques (Viry 2013) disposent d'une méthodologie d'évaluation. La méthodologie ici présentée concerne les tourbières acides à sphaignes, un ensemble de cinq habitats d'intérêt communautaire qui comprend les tourbières hautes actives (code UE : 7110*), les tourbières hautes dégradées encore susceptibles de régénération naturelle (code UE : 7120), les tourbières de couverture (code UE : 7130), les tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140) et les dépressions sur substrats tourbeux du *Rhynchosporion* (code UE : 7150).

Cette première version du document vise à présenter le contexte et les habitats traités puis à exposer les premiers éléments disponibles pour l'élaboration de la méthodologie pour finir par mettre en avant les perspectives d'évolution et les besoins pour améliorer l'existant.

1. Contexte général

1.1. La directive « Habitats, Faune, Flore »

La directive 92/43/CEE du conseil du 21 mai 1992, dite directive « Habitats, Faune, Flore » (DHFF), est née de la volonté politique européenne de conserver les habitats rares ou menacés, ainsi que la flore et la faune qui s'y trouve, sur l'ensemble des États membres de l'Union européenne (Conseil de la CEE 1992). La DHFF a défini pour cela un certain nombre d'habitats et d'espèces de la faune et de la flore, qualifiés « d'intérêt communautaire », pour lesquels les États doivent garantir un état de conservation favorable (*ibid.*).

Les habitats sont considérés « d'intérêt communautaire » dans les cas où ils sont en danger de disparition, leur aire de répartition naturelle est restreinte ou en régression ou s'ils présentent un intérêt remarquable à l'échelle d'une ou de plusieurs régions biogéographiques (*ibid.*).

L'« état de conservation » d'un habitat d'intérêt communautaire est le résultat d'un ensemble de facteurs influençant sur le long terme la répartition naturelle, la structure et les fonctions des habitats naturels mais aussi la survie de ses espèces typiques (*ibid.*). Il est considéré comme « favorable » lorsque la surface de l'habitat et son aire de répartition naturelle sont stables ou en extension, la structure et les fonctions nécessaires à son maintien sur le long terme existent et existeront dans un avenir prévisible et l'état de conservation des espèces typiques est favorable (*ibid.*).

L'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire au niveau national et biogéographique est un des éléments qui doivent être renseignés dans le rapport remis à la Commission européenne tous les six ans au titre de l'article 17 de la DHFF (*ibid.*). La France compte 130 types d'habitats d'intérêt communautaire dont 28 sont prioritaires. Ces 130 types d'habitats se répartissent dans les 4 domaines biographiques et deux régions marines du pays avec 64 habitats dans l'alpin, 72 en Atlantique, 64 dans le continental, 84 en Méditerranée, 6 dans le marin atlantique et 7 dans le marin Méditerranéen (Bensettiti *et al.* 2012, actualisée) (Fig. 1).

La France, qui plus est, prévoit, à l'article R414-11 du code de l'environnement, qui est une transposition de l'article 6 de la DHFF, une évaluation de l'état de conservation de ses habitats d'intérêt communautaire sur chacun de ses 1366 ZSC (chiffre de 2014 de l'INPN) (Conseil de la CEE 1992 ; Anonyme, 2008).

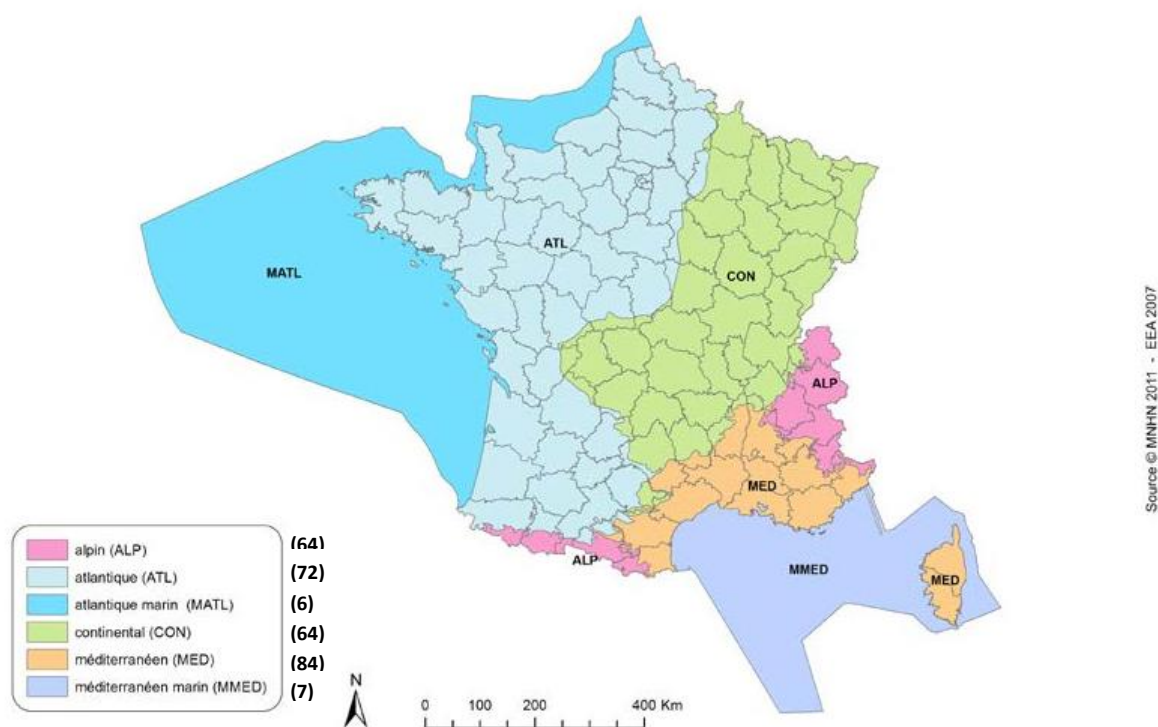


Figure 1 : Départements et domaines biogéographiques français. Les nombres entre parenthèses correspondent aux nombres d'habitats d'intérêt communautaire pour chaque domaine biogéographique français (source : Bensettiti *et al.* 2012, actualisée)

1.2. Les méthodologies d'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire

Les méthodologies proposées par le SPN se présentent sous forme de tableau d'indicateurs visant à évaluer un ensemble de critères se rapportant à la surface de l'habitat, aux structures et fonctions de l'habitat et des menaces qui pèsent sur lui, trois des quatre paramètres (Fig. 2) retenus dans l'évaluation au niveau biogéographique (Bensettiti *et al.* 2012). Chaque indicateur dispose d'une valeur seuil dont le franchissement influencera la note obtenue par l'indicateur. Ces notes sont ensuite soustraites à la note maximale (100) donnant ainsi une note finale qui, reportée sur un axe de correspondance, permet d'obtenir l'état de conservation de l'habitat (Carnino 2009) (Fig. 3).

PARAMETRES - CRITÈRES ET INDICATEURS

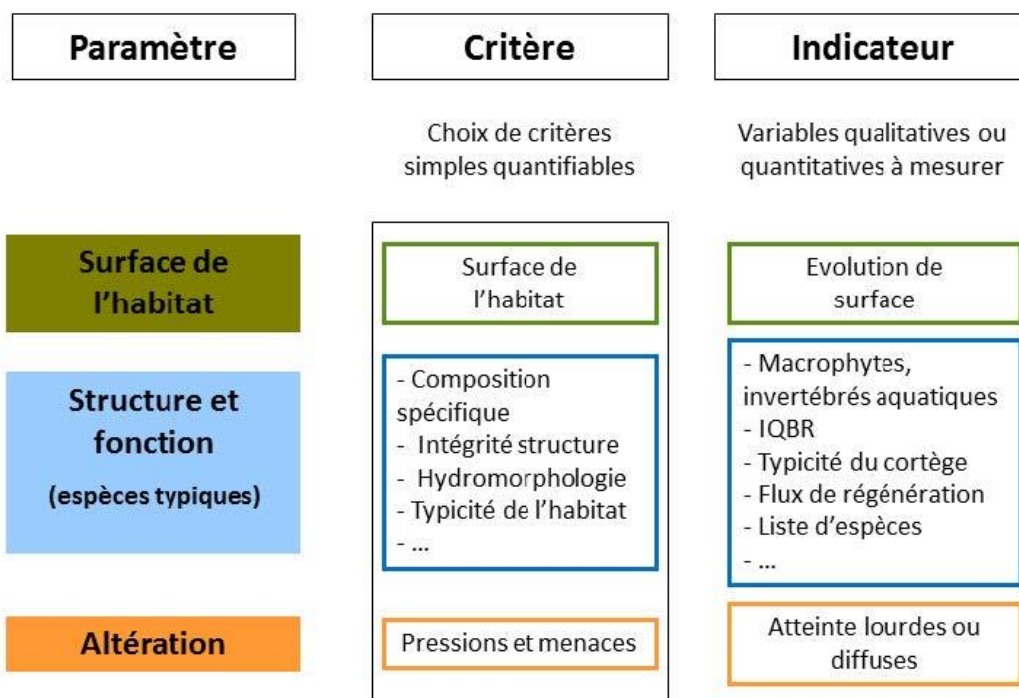


Figure 2 : Paramètres et exemples de critères et indicateurs d'une grille d'évaluation (Bensettiti *et al.* 2012)

Indicateurs	Valeurs seuils	Note
A	$0 < A < 3$	0
	$3 < A < 6$	-5
	$6 < A < 9$	-10
B	$100\% < B < 80\%$	0
	$80\% < B < 20\%$	-10
	$20\% < B < 0\%$	-20
C	$C > 10$	0
	$C < 10$	-15
Note finale		$100 - 0 - 20 - 15 = 65$

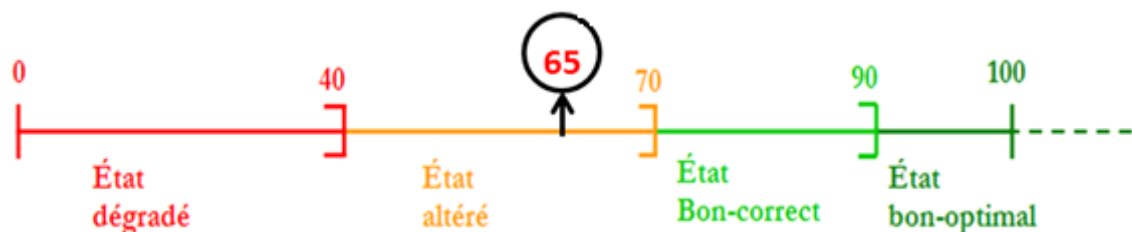


Figure 3 : Exemple de tableau d'indicateurs avec calcul de la note finale et attribution de l'état de conservation

Les méthodologies d'évaluation de l'état de conservation sont des outils d'aide à la décision. Leur conception vise, en plus de donner un état de conservation, à harmoniser les protocoles utilisés entre les sites, pour un partage plus facile des résultats entre les opérateurs, ainsi qu'à mieux mettre en évidence les priorités de gestion.

Les indicateurs proposés répondent à plusieurs exigences, ce afin de permettre leur utilisation par le plus grand nombre de personnes : ils doivent être simples et rapides à mesurer, demander peu de compétence. Cela peut présenter l'avantage de pouvoir utiliser ces indicateurs dans d'autres cadres que celui de l'évaluation de l'état de conservation. Cela ne prend par contre pas en compte les spécificités propres à chaque site. Les opérateurs sont par conséquent encouragés à ajouter leurs indicateurs selon leur situation.

Les habitats décrits dans les méthodologies se basent sur les Cahiers d'Habitats de Bensettiti *et al.* (coord.) 2002 eux-mêmes reprenant le manuel d'interprétation des habitats de l'Union européenne EUR15 de 1999 (la dernière version EUR28 de 2013 ne présente aucun changement pour les habitats traités dans cette méthodologie). Dans un souci de clarté et d'efficacité de la méthodologie, ces habitats sont parfois redéfinis en gardant une cohérence avec la réalité du terrain.

2. Les tourbières

2.1. Généralités

2.1.1. Les zones humides

Les zones humides peuvent être définies comme des espaces où la nappe d'eau est située à proximité de la surface du sol, au-dessus ou au-dessous de celui-ci, avec une végétation adaptée à un engorgement plus ou moins permanent (Bensettiti *et al.* (coord.) 2002).

2.1.2. Les tourbières

Les tourbières sont des zones humides avec ou sans végétation et caractérisées par une couche de tourbe accumulée à sa surface (Joosten et Clarke 2002). La tourbe est un matériau sédentaire, c'est-à-dire que ses composants ont été produits sur place et n'ont pas été transportés (*ibid.*). Sa masse sèche est constituée d'au moins 30% de matière organique morte partiellement dégradée (*ibid.*). Moore (2002) et Manneville *et al.* (2006) précisent que l'épaisseur de la tourbe doit être d'au moins 30 cm. Cette formation, appelée histosol, est caractérisée par un niveau d'eau élevé dépassant parfois la surface du sol (Bensettiti *et al.* (coord.) 2002).

2.1.3. Formation de la tourbe

À la différence d'autres écosystèmes, les plantes présentes dans les tourbières produisent généralement plus de carbone que le milieu n'en décompose d'où l'accumulation de tourbe

(Joosten et Clarke 2002). En fonction de la composition structurale et chimique de cette matière organique, la tourbe possèdera des propriétés qui la rendront plus ou moins facilement dégradable (*ibid.*). Les facteurs qui rentrent en ligne de compte sont les espèces qui composent cette tourbe, les parties de ces espèces et les substances qui sont produites (*ibid.*). Les espèces végétales contribuant à la formation de la tourbe sont nombreuses donnant ainsi une multitude de combinaisons possibles entre ces trois facteurs (*ibid.*). La présence d'eau est ensuite le facteur externe le plus important car sa pauvreté en dioxygène combinée à sa large capacité de chaleur (températures plus basses que celles ambiantes) inhibent l'activité métabolique responsable de la décomposition de la matière organique (Joosten et Clarke 2002 ; Manneville *et al.* 2006).

2.1.4. Origine des tourbières

Les tourbières se sont développées en même temps que sont apparues les premières plantes de zones humides (Joosten et Clarke 2002). On retrouve des tourbes composées de lignites et de charbon dans des tourbières tropicales datant du Carbonifère Supérieur (-320 à -290 millions d'années) ainsi que dans des tourbières subtropicales datant du Tertiaire (-65 à -3 millions d'années) (*ibid.*). La grande majorité des tourbières encore en fonctionnement ont moins de 15 000 ans (*ibid.*)

2.1.5. Localisation des tourbières dans le monde

Les tourbières sont beaucoup plus présentes dans les régions tempérées de l'hémisphère nord que dans le reste du monde, le niveau d'eau élevé des nappes phréatiques se combinant avec des températures basses rendant encore plus difficile la décomposition de la matière organique (Manneville *et al.* 2006). Une part néanmoins non négligeable des tourbières se rencontre dans l'hémisphère sud, notamment au niveau du bassin amazonien et du Sud-Est asiatique (Joosten et Clarke 2002). Au final, c'est 3% de la surface terrestre qui est recouverte par ces milieux (*ibid.*).

On trouve des tourbières dans la plupart des régions françaises, le climat favorisant en général leur existence (Bensettiti *et al.* (coord.) 2002) même si le climat français n'est optimum pour ces habitats. Leur présence reste toutefois rare en région méditerranéenne où les épisodes pluvieux sont courts et les températures estivales élevées (*ibid.*). La nature et la superficie de ces tourbières sont variables d'une région à l'autre (*ibid.*). En ce qui concerne les tourbières acides à sphaignes, elles sont localisées principalement à l'étage montagnard mais il est possible d'en trouver du Bassin parisien au nord de la France en passant par la Bretagne (*ibid.*).

2.1.6. Classification des tourbières

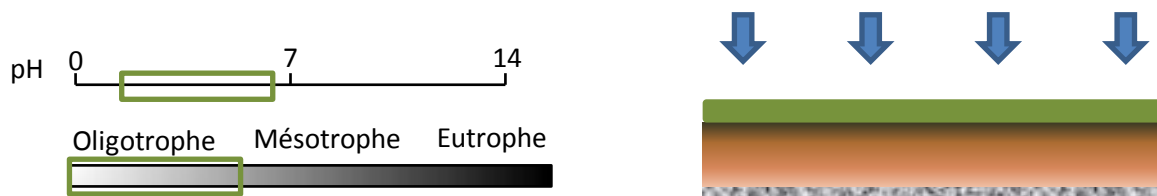
Les classifications des tourbières sont nombreuses (Joosten et Clarke 2002) mais il reste possible de dégager quelques points communs entre elles. On peut distinguer, d'une part, les tourbières ombrotrophes, dit également haut-marais, d'aspect bombé et alimentées exclusivement par les

précipitations (Joosten et Clarke 2002 ; Manneville *et al.* 2006) (Fig. 4a). Ce sont des tourbières oligotrophes et acides (Bensettiti *et al.* (coord.) 2002) (Fig. 4a).

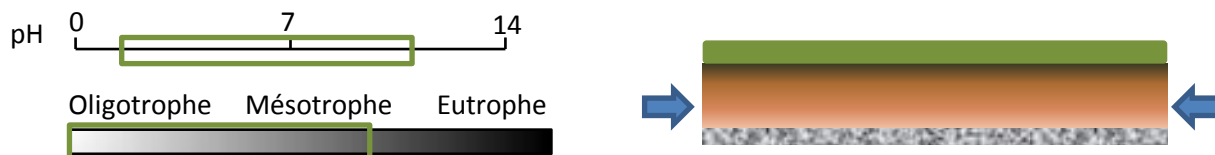
A l'opposé, il existe des tourbières minérotrophes, dits bas-marais, situées sur des dépressions et alimentées à la fois par les précipitations et une eau en contact avec le substrat (Joosten et Clarke 2002 ; Manneville *et al.* 2006) (Fig. 4b). Ces tourbières peuvent être acides ou alcalines et oligotrophes à mésotrophes, tout dépend de la richesse minérale de l'eau et de celle du sol qu'elle a traversé (Manneville *et al.* 2006 ; Bensettiti *et al.* (coord.), 2002) (Fig. 4b).

Enfin, une troisième catégorie de tourbière, il s'agit des tourbières mixtes, qui sont des complexes constitués de hauts- et bas-marais (Manneville *et al.* 2006) (Fig. 4c).

a) tourbière ombrotrophe



b) tourbière minérotrophe



c) tourbière mixte

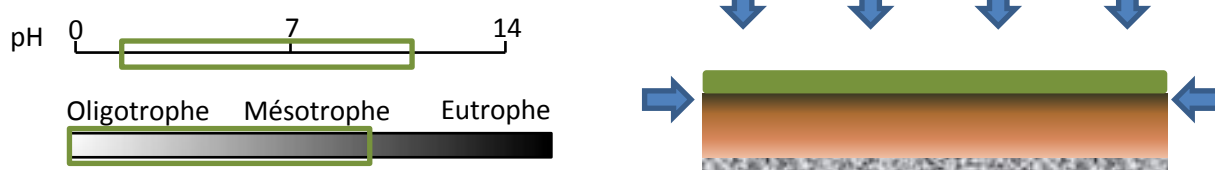


Figure 4 : schéma des principaux types de tourbières : (a) ombrotrophe, (b) minérotrophe et (c) mixte (© C. EPICOCO)

2.2. Les tourbières acides à sphaignes

Les tourbières acides à sphaignes sont, comme leur nom l'indique, des tourbières au pH bas (< 6) caractérisées par des formations végétales dominées par des bryophytes du genre *Sphagnum* (Bensettiti *et al.* (coord.) 2002). Elles se déclinent en cinq habitats d'intérêt communautaire (Fig. 5).

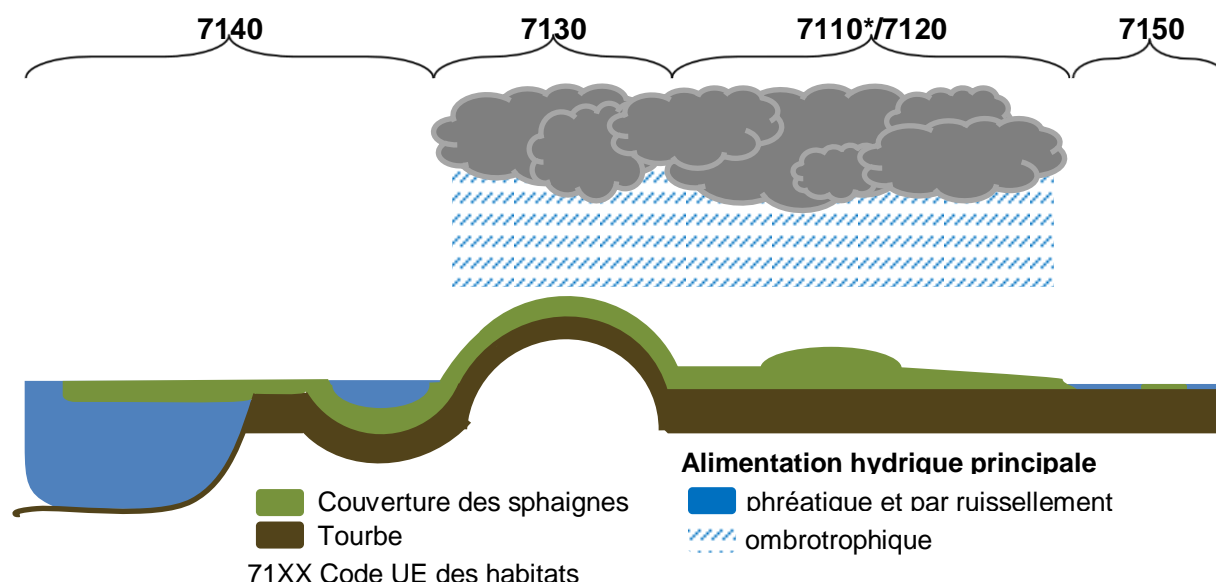


Figure 5 : représentation schématique de la structure des tourbières acides à sphaignes (© C. EPICOCO)

2.2.1. Les tourbières hautes actives (code UE : 7110*)

Ce sont des haut-marais caractérisées par des buttes à sphaignes (Bensettiti *et al.* (coord.) 2002). Elles sont dites « actives » car composées d'espèces turfigènes (c'est-à-dire produisant de la tourbe) (*ibid.*). Selon les localités, cet habitat peut se présenter sous deux formes. Tout d'abord, une forme dite « typique » (Photo 1), où l'habitat se distingue par une microtopographie constituée de buttes, de dépressions humides (gouilles, chenaux, mares) (*ibid.*) mais aussi parfois de replats. De plus, ces tourbières sont bordées d'un lagg, une ceinture végétale périphérique récupérant les écoulements latéraux (*ibid.*). Il est important de souligner le fait que seule la présence de buttes à sphaignes permet la caractérisation de cet habitat (*ibid.*). Cet habitat sous son autre forme, dite « fragmentaire », est d'ailleurs constitué uniquement de buttes entourées de bas-marais (*ibid.*) (Photo 5).



Photo 1 : la tourbière du Frankental (68), un exemple de tourbière haute active (code UE : 7110*) (© C. EPICOCO)

L'habitat sous sa forme « typique », tel qu'il est décrit ci-dessus, pose un inconvénient conséquent. Les dépressions humides ainsi que le lagg sont des éléments tout à fait distincts des buttes et des replats en termes de structure, de fonctionnement et de composition floristique. Il est par conséquent difficile de les rapprocher dans le cadre de ce projet d'autant que les dépressions humides et le lagg rencontrés dans cet habitat sont décrits sous d'autres dénominations, provenant parfois d'autres habitats d'intérêt communautaire. Les seuls critères invoqués par les référentiels habitats pour attribuer les dépressions humides et le lagg au sein des tourbières hautes actives sont des critères de positionnement et de taille qui ne sont pas justifiés et encore moins précisés.

Étant donné les différences, en termes de composition, de structure et de fonctionnement, qui existent entre, d'une part, les dépressions et le lagg et, d'autre part, les buttes et les replats, il a été proposé de ne traiter dans la méthodologie que les buttes et les replats à sphaignes, seuls vrais éléments caractéristiques du haut-marais. Les inventaires floristiques réalisés dans le cadre de la mise en place de la méthodologie se sont par conséquent concentrés sur les buttes et les replats formés par l'habitat.

2.2.2. Les tourbières hautes dégradées encore susceptibles de régénération naturelle (code UE : 7120)

Ce sont des formes dégradées par l'Homme des tourbières hautes actives (code UE : 7110*) (Photo 2).



Photo 2 : tourbière du col de Bramont (68), un exemple de tourbière haute dégradée encore susceptible de régénération naturelle (© C. EPICOCO)

Cet habitat est explicitement décrit comme une version dégradée des tourbières hautes actives (Bensettiti *et al.* (coord.) 2002). Par ailleurs, les objectifs de gestion inscrits dans la fiche consacrée aux tourbières dégradées encore susceptibles de régénération naturelle stipulent clairement que ces derniers doivent être restaurés en tourbières hautes actives (*ibid.*). Il avait par conséquent été décidé pour cette méthodologie de considérer ces deux habitats – nommé par la suite « tourbières hautes » – comme n'en étant qu'un seul, les tourbières hautes dégradées encore susceptibles de régénération naturelle étant une version dans un état défavorable des tourbières hautes actives.

Il est admis que les tourbières hautes dégradées encore susceptibles de régénération naturelle (code UE : 7120) puissent être restaurées en tourbières hautes actives (code UE : 7110*). Cependant, leur origine n'étant pas obligatoirement un haut-marais, il sera très difficile de la restaurer en tourbière haute active (code UE : 7110*), il apparaîtrait donc pertinent de bien distinguer ces deux habitats dans la méthodologie avec une réflexion à mener sur des indicateurs permettant d'évaluer la progression des tourbières hautes dégradées encore susceptibles de régénération naturelle (code UE : 7120) vers les tourbières hautes actives (code UE : 7110*) ou vers d'autres habitats. De plus, les tourbières hautes actives (code UE : 7110*) sont capables de transitions rapides vers d'autres habitats contrairement aux tourbières hautes dégradées encore

susceptibles de régénération naturelle (code UE : 7120) renforçant l'idée émise de distinguer ces deux habitats d'intérêt communautaire.

Il peut être parfois compliqué d'attribuer le nom de tourbières hautes aux habitats dans des états de conservation les plus défavorables. La faible proportion voire l'absence totale des espèces et de la microtopographie caractérisant les tourbières hautes n'assurant plus une dénomination fiable de l'habitat. Seule alors une analyse de la tourbe en profondeur permet d'affirmer l'existence passée ou non d'une tourbière haute et par conséquent de la nature de l'habitat actuellement présent. En effet, pour des communautés végétales non caractéristiques des tourbières hautes, si de la tourbe présentant les caractéristiques de celles des hauts-marais est retrouvé dans les profondeurs de la tourbière alors celle-ci peut légitimement être considérée comme une tourbière haute dans un état de conservation défavorable (ou tourbière haute dégradée encore susceptible de régénération naturelle). Il convient alors au gestionnaire de décider sur quelle référence il se base pour nommer l'habitat : soit en comparant les compositions végétales actuelles et passées, soit en ne considérant que celles présentes actuellement. Cependant si la communauté végétale est proche de celle rencontrée sur les tourbières hautes mais que la tourbe en dessous n'est pas celle d'un haut-marais, cette habitat doit être considéré comme une tourbières hautes dégradées encore susceptibles de régénération naturelle (code UE : 7120).

La décision de différencier les habitats « Les tourbières hautes actives » (code UE : 7110*) et « tourbières hautes dégradées encore susceptibles de régénération naturelle » (code UE : 7120) a été validée lors du COPIL du 27/01/2015. Les données de terrains de ces deux habitats ont été analysées en amont de cette décision et seront donc traitées ensemble dans la partie résultat de ce rapport. Quoi qu'il en soit le faible jeu de données sur l'habitat « tourbières hautes dégradées encore susceptibles de régénération naturelle » (code UE : 7120) n'aurait pas permis de dégager de tendances pour les indicateurs proposés.

2.2.3. Les tourbières de couverture (code UE : 7130)

Leur répartition en France reste incertaine (Bensettiti *et al.* (coord.) 2002) mais deux sites bretons ont jusque-là été identifiés. Les tourbières de couverture se distinguent dans des régions hyper-atlantiques (îles britanniques) où les précipitations sont abondantes et l'humidité atmosphérique est élevée et permanente permettant une expansion de la tourbière sur de grande surface (*ibid.*) (photo 3). La tourbe y épouse les formes du paysage d'où son nom. Cet habitat est prioritaire lorsqu'il est actif.



Photo 3 : exemple de tourbière de couverture (code UE : 7130), Royaume-Uni (© Alford community website)

La méthodologie proposée dans ce rapport s'applique théoriquement à cet habitat mais aucun indicateur n'a été testé dessus, l'habitat ne pouvant être localisé à priori qu'en Bretagne et en de rares exemplaires.

2.2.4. Les tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140)

Ce sont des formations à l'interface entre les bas et haut-marais et qui vont se développer sur des masses d'eau libres voire des tourbes très fortement engorgées, plus ou moins liquides (Bensettiti *et al.* (coord.) 2002) (photo 4). En termes de composition floristique, trois éléments permettent de s'assurer de la présence de cet habitat : une dominance de cypéracées (parmi les espèces, on trouve *Carex lasiocarpa*, *Carex rostrata*, *Carex limosa*, *Carex diandra*, *Carex chordorrhiza* et *Carex beleonastes*) accompagnée de phanérogames, tels que *Potentilla palustris* ou *Menyanthes trifoliata*, et un fort recouvrement de bryophytes (sphaignes ou mousses pleurocarpes) (*ibid.*).



Photo 4 : étang du Devin (68), un exemple de tourbière de transition et tremblantes (code UE : 7140) (© D. VIRY)

Les dépressions humides correspondant à cette description sont parfois considérées dans les référentiels comme faisant partie des tourbières hautes actives (code UE : 7110*) (*ibid.*). Lors des inventaires floristiques réalisés dans le cadre de cette méthodologie, ces dépressions humides ont été traitées comme faisant partie des tourbières de transitions et tremblantes, la structure, le fonctionnement et la composition floristique étant bien distincts de ceux des tourbières hautes.

Les dépressions humides sont décrites dans les référentiels habitats comme pouvant à la fois intégrer les tourbières hautes actives (code UE : 7110*) et les tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140). Ces structures étant bien distinctes des buttes et replats à sphaignes, que l'on peut retrouver sur un haut-marais, et étant déjà décrites dans un autre habitat d'intérêt communautaire, il a été proposé de traiter dans la méthodologie ces dépressions au sein des tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140). Bien qu'il ait été accepté de séparer les dépressions humides des tourbières hautes actives (code UE : 7110*), un travail de vérification de la typologie des habitats est à entreprendre car toutes ces dépressions humides ne peuvent être incluses dans les tourbières de transitions et tremblantes (code UE : 7140), nous pensons notamment à des variations de l'habitat « mares dystrophes naturels » (code UE : 3160).

2.2.5. Les dépressions sur substrats tourbeux du *Rhynchosporion* (code UE : 7150)

Ce sont des stades pionniers de groupements des tourbières et landes humides (Bensettiti *et al.* (coord.) 2002). On les retrouve souvent sur des substrats mis à nu après remaniement du sol où elles vont constituer des groupements de cicatrization (*ibid.*). Les substrats sur lesquels cet habitat peut se développer sont plus ou moins riches en matière organique voire simplement minéral (*ibid.*). Il s'agit plus précisément de tourbe, de sables humifères, sables, grès, arkoses, conglomérats et arènes et de substrats sur bord de pièce d'eau en zone de marnage (com. pers., P. Goubet, 2014).

La végétation qui le compose est clairsemée, pionnière et pauvre en termes d'espèces (*ibid.*). Sur le sol dénudé peut parfois être observé une fine pellicule d'algue filamenteuse de l'espèce *Zygogonium ericetorum* accompagnée d'hépatiques (*ibid.*). Les groupements végétaux pionniers ne sont présents que durant une période relativement courte (*ibid.*).

Cet habitat n'a pas pu pour l'instant faire l'objet d'inventaires floristiques mais des critères et indicateurs ont tout de même été sélectionnés pour potentiellement évaluer son état de conservation.

Remarque : une clarification a besoin d'être apportée sur ce qui peut être classé en « dépression sur substrats tourbeux du *Rhynchosporion* ». On a en effet d'un côté, un intitulé de l'habitat signifiant qu'il se trouve sur substrats tourbeux et de l'autre, une description de celui-ci indiquant qu'il peut également se trouver sur substrats minéraux (*ibid.*). Si, pour l'instant, ce point ne gêne pas la mise en place de la méthodologie, il pourrait devenir problématique dans le cas où des différences, en termes de structure, de fonctionnement ou de composition végétale, seraient établies entre les habitats se développant sur ces substrats. Les discussions du COPIL du 27/01/2015 ont abouti à la conclusion que la décision finale devait revenir au groupe du SPN chargé de la typologie des habitats Natura 2000. Il reste cependant fort probable que les substrats minéraux soient intégrés à l'habitat, la composition floristique étant similaire et la cartographie actuelle des habitats en France étant conçue sur cette considération.

3. Méthodes

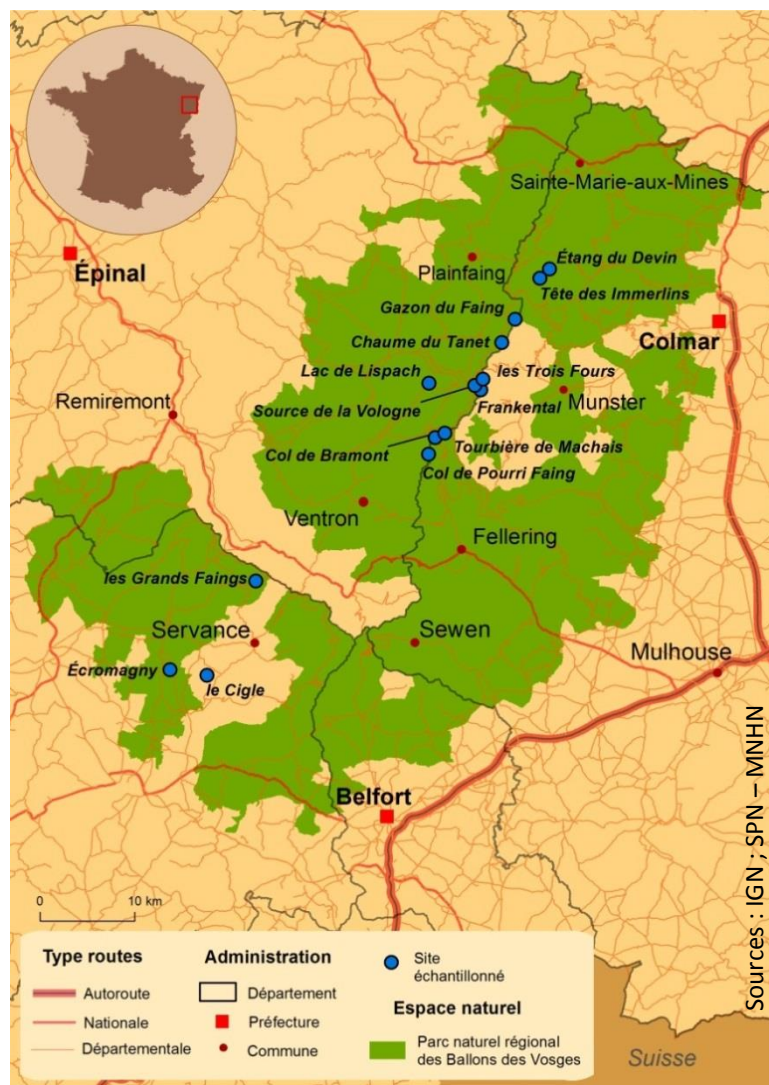
3.1. Les sites test

La méthodologie proposée a été réalisée avec le partenariat du Parc naturel régional des Ballons des Vosges (PNRBV) et de la Fédération des Réserves naturelles catalanes (FRNC), cette dernière étant en convention avec le Parc naturel régional des Pyrénées catalanes (PNRPC). Le choix des sites s'est par conséquent concentré sur les territoires gérés par ces structures.

Les tourbières acides à sphaignes sur lesquelles allaient être testées les indicateurs ont été sélectionnées de façon à rencontrer un maximum de cas de figure possible en termes d'état de conservation. Quatorze sites ont ainsi été sélectionnés dans le PNRBV (Fig. 6a) et 10 dans le PNRPC (Fig. 6b). Du fait de la présence incertaine des tourbières de couverture (code UE : 7130) et de l'absence de dépressions sur substrats tourbeux du *Rhynchosporion* (code UE : 7150), seules les tourbières hautes actives (code UE : 7110*), tourbières hautes dégradées encore susceptibles de régénération naturelle (code UE : 7120) et les tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140) ont fait l'objet de la phase de terrain.

La physionomie des habitats de haut-marais est très différente d'une région à l'autre, ainsi l'habitats de tourbières hautes actives observé dans le PNRBV se présente sous la forme de grande surface d'un même habitat (élément surfacique important) alors que dans le PNRPC, l'habitats de tourbières hautes actives s'observe majoritairement sous forme de butte à sphaignes très réduites de par leur surface. C'est pour cela que tout au long de ce rapport nous avons souhaité dissocier les deux quand l'interprétation nous semblait trop hasardeuse ou hors de propos.

a)



b)



Figure 6 : (a) carte de situation du Parc naturel régional des Ballons des Vosges et (b) du Parc naturel régional des Pyrénées catalanes. Les points bleus correspondent aux sites échantillonnés. Parmi les Réserves naturelles catalanes indiquées, seule celle de Prats-de-Mollo-la-Preste n'est pas incluse dans le PNRPC (© C. EPICOCO)

3.2. La présélection des critères et indicateurs

Les indicateurs sont des outils dont les mesures mettent en évidence un phénomène étudié (Noss, 1990 ; Turnhout, 2007 ; Bensettiti *et al.* 2012). Ils permettent d'évaluer un critère par l'information qu'ils apportent (*ibid.*). Dans le cadre de la méthodologie, les indicateurs avaient pour but de mettre en évidence les signes de dégradation ou au contraire d'amélioration de la conservation des différents habitats de tourbières acides à sphaignes. Pour être utilisables par le plus grand nombre, ils devaient être faciles à mettre en place, rapides à mesurer et peu coûteux. Ces indicateurs s'inscrivant dans une démarche de méthodologie standardisée au niveau national, ils devaient pouvoir s'appliquer à tous les sites Natura 2000 de France présentant un ou plusieurs des habitats qu'évaluent lesdits indicateurs. Ce dernier point suppose que les protocoles de mesures des indicateurs soient suffisamment robustes pour pouvoir s'adapter à n'importe quelle situation.

La première étape pour la sélection des critères et indicateurs a été de réaliser une recherche bibliographique sur les indicateurs ou les éléments permettant d'élaborer des indicateurs d'état de conservation des tourbières. Il a été procédé à des recherches dans différentes bases de données de revues scientifiques tel que JSTOR, Science Direct, Springer, BioOne ou encore Wiley Online en utilisant un large éventail de mots clés allant de la tourbières à tout un panel de fonctionnalités et indicateurs existants. Une recherche a également été effectuée sur la base de données du Pôle Relais tourbière, une structure fédérant l'ensemble des gestionnaires et scientifiques travaillant sur les tourbières et visant à mettre en commun les connaissances sur ces milieux. Les rapports rédigés par Binnert 2012 et Demaret 2012 ainsi que ceux réalisés par le SPN sur d'autres habitats d'intérêt communautaire (Carnino 2009 ; Goffé 2011 ; Lepareur 2011 ; Lepareur *et al.* 2013 ; Maciejewski *et al.* 2013 ; Viry 2013) ont enfin servi de documents de référence. D'autres documents ont par ailleurs été envoyés par les différentes personnes avec lesquelles nous collaborions et ont pu alimenter le travail.

Le premier tableau d'indicateurs a été conçu sur la base des recherches bibliographiques (Tab. 1).

Outre les travaux du SPN, de Binnert (2012) et de Demaret (2012), les recherches ont permis de récupérer des approches méthodologiques déjà existantes pour ces habitats élaborées au niveau régional par le Parc national des Cévennes (Kluszczewski 2007). Le rapport rédigé par un des partenaires avec lequel nous travaillions a également été fourni contribuant ainsi à l'ajout d'un indicateur supplémentaire (Goubet 2014).

Le programme RhoMéO, qui concerne le suivi des zones humides des régions méditerranéennes, alpines et continentales, détaille 13 indicateurs de suivis des zones humides (RhoMéO 2014) dont certains ont pu être testés dans le cadre de notre projet.

Au niveau européen, des travaux réalisés sur des tableaux d'indicateurs évaluant l'état de conservation des tourbières acides à sphaignes en Autriche (Ellmauer et Essl 2005) ou encore au Danemark (Søgaard 2007) ont été utilisés.

Le reste de la bibliographie consultée pour élaborer le tableau des indicateurs provient essentiellement de la littérature scientifique publiée au Canada, Royaume-Uni, Pays-Bas, en Allemagne, Suisse et Italie.

Tableau 1 : première sélection d'indicateurs suite au travail bibliographique

PARAMÈTRE	CRITÈRE		INDICATEUR	MODALITES	ECHELLE D'ÉVALUATION	HABITATS CONCERNES	REMARQUES	
Surface couverte	Surface de l'habitat		Évolution de la surface couverte	Selon les cas de figure	Site	Tous	Disparition ou développement de l'habitat	
Hydrosystème	Niveau de l'eau		Indice floristique d'engorgement	Relevé flore	ZH tourbeuse	Tous	Niveau de l'eau et humidité du sol	
			Hauteur et variation du niveau de l'eau	Piézomètre	ZH tourbeuse	Tous	Niveau de l'eau	
Structure et fonctionnement	Composition spécifique	Flore	Recouvrement des ligneux hauts		Estimation visuelle	ZH tourbeuse	Tous sauf 7150	Fermeture du milieu
			Recouvrement des ligneux bas		Estimation visuelle	ZH tourbeuse	Tous sauf 7150	Fermeture du milieu
			Recouvrement des faciès à <i>Eriophorum angustifolium</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , ...		Estimation visuelle	Habitat	Tous sauf 7150	Érosion de la tourbe
			Indicateur espèces eutrophiles		Relevé flore	ZH tourbeuse	Tous sauf 7150	Eutrophisation du milieu
			Recouvrement de la molinie		Estimation visuelle	ZH tourbeuse	Tous sauf 7150	Minéralisation/ Eutrophisation
			Indicateurs d'assèchement	A: Recouvrement des espèces indicatrices d'assèchement	Relevé flore	ZH tourbeuse	Tous	Assèchement du milieu
				B : Proportion d'habitat présentant des signes dessiccation	Estimation visuelle	Habitat	Tous	Assèchement du milieu
			Recouvrement de la surface par les bryophytes turfigènes		Relevé d'espèces	ZH tourbeuse	Tous sauf 7150	Mise en évidence de l'activité turfigène et de l'oligotrophie du milieu
		Faune	Arachnides (Araignées)		Relevé faune	ZH tourbeuse	Tous	Indicateur écosystémique (bonus)

			Odonates	Relevé faune	ZH tourbeuse	Tous	Indicateur écosystémique (bonus)
			Lépidoptères	Relevé faune	ZH tourbeuse	Tous	Indicateur écosystémique (bonus)
			Diptères	Relevé faune	ZH tourbeuse	Tous	Indicateur écosystémique (bonus)
			Orthoptères	Relevé faune	ZH tourbeuse	Tous	Indicateur écosystémique (bonus)
	Activité turfigène		Évolution de la profondeur de la tourbe	Perches de suivi	ZH tourbeuse	Tous	Régression ou accumulation de la tourbe
	Intégrité structurale		Recouvrement en sol nu (%)	Estimation visuelle (ou SIG)	Habitat	Tous sauf 7140	Surpiétinement (surfréquentation ou surpâturage)
			Proportion d'habitat déstructuré	Estimation visuelle	ZH tourbeuse	Tous	Surpiétinement, drainage
Altérations	Atteintes "diffuses" au niveau du bassin versant ou du site		Atteintes dont l'impact est difficilement quantifiable en surface (surfréquentation, surpâturage,...)	Avis d'experts et/ou documents techniques	Site	Tous	Menaces sur la composition, l'intégrité et le fonctionnement des tourbières
	Atteintes "lourdes" (estimables en terme de surface)		Recouvrement des atteintes en % (drainage, extraction de la tourbe, pratiques agricoles en amont, artificialisation autour de la tourbière, décharge sauvages, incendies intenses,...)	Estimation visuelle et/ou SIG	Site	Tous	Menaces sur la composition, l'intégrité et le fonctionnement des tourbières

Légende :

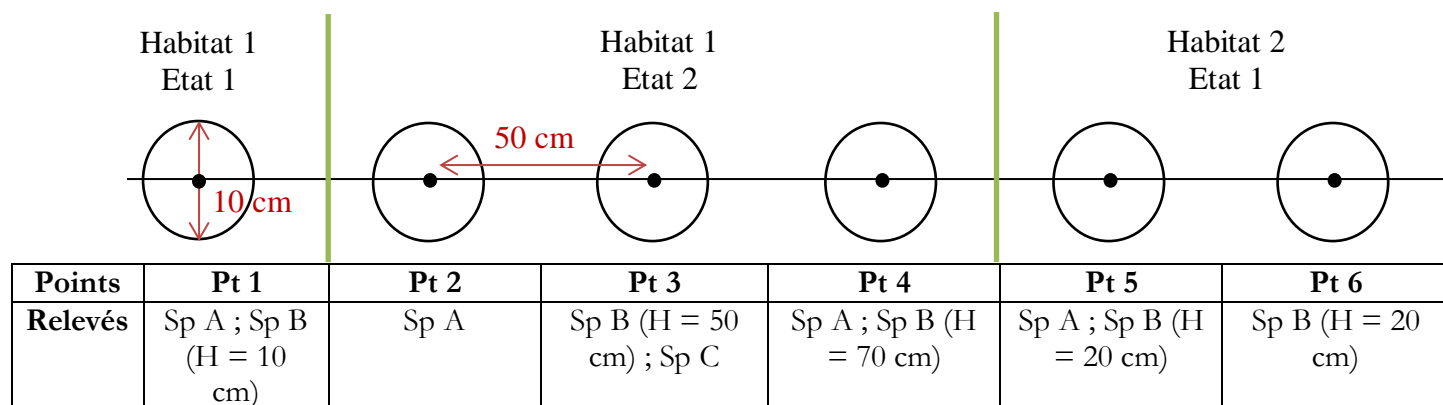
- Indicateur/critère de la méthode BINNERT (PNRPC Nohèdes)
- Indicateur/critère de la méthode DEMARET (PNRBV Machais)

3.3. La phase de terrain

Environ quinze jours ont été consacrés à la phase de terrain dans les deux sites Vosgiens et Pyrénéens. Les sites du PNRBV ont été testés du 15 au 25 juillet 2014 et les sites du PNRPC du 28 juillet au 8 août 2014. L'objectif de cette phase était de pouvoir évaluer et tester la pertinence de certains indicateurs retenus par consensus lors de la réunion du comité de suivi du projet.

Pour y parvenir, deux types de protocoles ont été établis selon la forme de certains habitats. Précisons que le but de ces protocoles est uniquement de faciliter les analyses statistiques et d'affiner les indicateurs mais ne seront pas forcément ceux proposés une fois la méthodologie au point.

Le protocole de base a consisté à effectuer des relevés floristiques sur des surfaces de 10 cm de diamètre tous les 50 cm le long d'un transect d'une dizaine de mètre (selon la taille de la tourbière) (Fig. 7). Chaque espèce recouvrant ces surfaces (et éventuellement le sol nu si tel était le cas) a été relevée et la hauteur des espèces ligneuses a été mesurée. Les transects ont été effectués sur un habitat d'intérêt communautaire dont nous avons pu apprécier l'état de conservation à dire d'experts (Pierre Goubet et CBNs). Le recouvrement des espèces a ensuite été calculé pour chaque habitat du transect dans un même état de conservation en divisant le nombre de point où l'espèce est contactée par le nombre total de point du transect du même habitat dans le même état (Fig. 7). Le recouvrement en sol nu a été calculé de la même façon. La hauteur de chaque espèce ligneuse a été calculée en moyennant la hauteur mesurée sur chaque point du transect où l'espèce ligneuse était présente (Fig. 7).



➔ Recouvrement total par espèce et par habitat dans un même état de conservation :

Espèces \ Relevés	A	B	H moyen de B	C
Habitat 1/ Etat 1	Pt 1/1 = 1	Pt 1/1 = 1	10	0
Habitat 1/ Etat 2	$(Pt\ 2 + Pt\ 4)/3 = 0,67$	$(Pt\ 3 + Pt\ 4)/3 = 0,67$	$(50+70)/2 = 60$	$Pt\ 3/3 = 0,33$
Habitat 2/ Etat 1	$Pt\ 5/2 = 0,5$	$(Pt\ 5 + Pt\ 6)/2 = 1$	$(20+20)/2 = 20$	0

Sp : espèce

Pt : point

H : hauteur

Figure 7 : schéma d'un transect type et exemple de calcul de recouvrement et de hauteur moyenne d'espèces (© C. EPICOCO)

Afin de réduire l'écart minimum entre les recouvrements des espèces (pour des espèces ayant des recouvrements différents), il est recommandé de réaliser au moins 20 relevés (transects) par habitat dans un même état (cela permet d'avoir un écart minimum de 5% entre deux recouvrements différents).

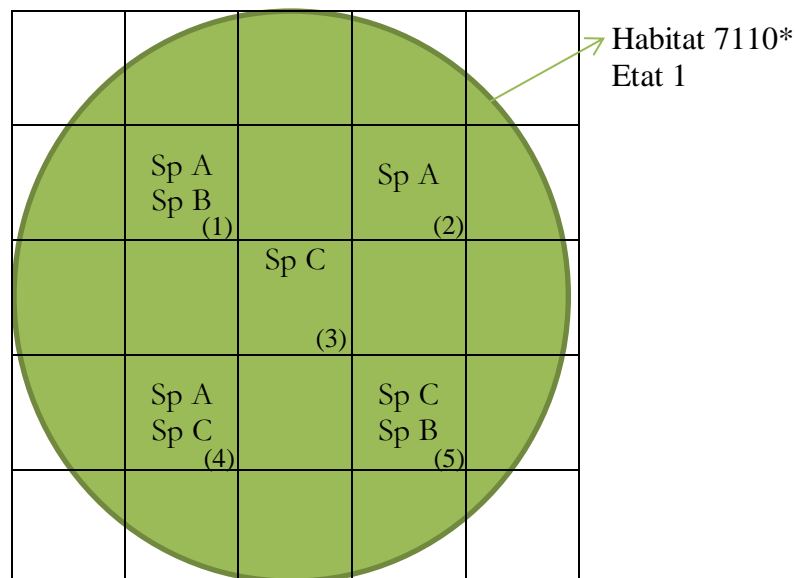
Le second protocole concernait plus spécifiquement des tourbières hautes actives (code UE : 7110*) sous forme fragmentaire (photo 5). Dans cette configuration, l'habitat se présente que sous forme de buttes de l'ordre de quelques mètres carrés (Bensettiti *et al.* (coord.) 2002). La méthode a consisté alors à inventorier l'ensemble de la butte et, de façon séparée sa périphérie (sur environ 1 m). L'état de conservation a été estimé à dire d'experts pour chaque habitat sous forme d'une butte. Pour chaque butte, le recouvrement des espèces a été estimé visuellement et la hauteur moyenne des espèces a été calculée. L'inventaire réalisé sur la périphérie de la butte ne sert qu'à titre indicatif afin de mettre en évidence les espèces qui ne sont pas propres à la butte et de donner une idée du type d'habitat entourant celle-ci.



Photo 5 : exemple de tourbière haute active (code UE : 7110*) sous forme fragmentaire, Réserve naturelle nationale de Nohèdes (66) (© C. EPICOCO)

Pour les deux protocoles, la proportion d'habitats déstructurés (piétiné et retourné par les animaux...), avec une description, a été relevée et les atteintes portées sur le site, avec une description détaillée de celles-ci et, lorsque cela était possible, la proportion du site et de l'habitat impactée, ont été mentionnées.

Concernant la méthode d'inventaire élaborée pour les tourbières hautes actives (code UE : 7110*) sous forme fragmentaire, elle s'est avérée difficile à mettre en place de par la complexité de donner le recouvrement des espèces ou du sol nu à vue d'œil. L'expérience et les capacités des observateurs dans la pratique de cet exercice peuvent donner des résultats différents, d'où l'utilisation des coefficients de Braun-Blanquet (1964) pour pondérer cet effet. Il en résulte néanmoins une perte d'informations qui auraient pu être utiles dans les analyses. Plutôt que d'estimer le recouvrement de façon visuelle, il serait intéressant d'essayer de le mesurer en utilisant un quadrillage par butte sur lequel chaque maille serait inventoriée séparément et où le recouvrement serait calculé en divisant le nombre de fois où l'espèce est contactée par le nombre de mailles total inventorié sur la butte (Fig. 8).



Mailles	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Relevés	Sp A ; Sp B	Sp A	Sp C	Sp A ; Sp C	Sp C ; Sp B

Espèces	A	B	C
Relevé			
Habitat 7110* / Etat 1	$(\text{Mll 1} + \text{Mll 2} + \text{Mll 4})/5$ = 0,6	$(\text{Mll 1} + \text{Mll 5})/5$ = 0,4	$(\text{Mll 3} + \text{Mll 4} + \text{Mll 5})/5$ = 0,6

Sp : espèce

Mll : maille

Figure 8 : exemple de protocole alternatif pour réaliser un inventaire floristique et calculer le recouvrement des espèces (© C. EPICOCO)

À titre indicatif, la phase de terrain s'est organisée sous forme d'une demi-journée par site (d'environ un hectare) sur lequel un ou deux transects (ou pour l'autre protocole, deux ou trois buttes allant jusqu'à une dizaine de buttes selon les cas) ont été inventoriés. Ce temps peut-être considérablement raccourci pour une personne qui connaît bien les sites, arrive à localiser facilement les habitats et possède une très bonne connaissance de la flore locale.

La phase de terrain a permis de récolter des données sur 27 transects dans le PNRBV, 15 sur des tourbières hautes (codes UE : 7110* et 7120) et 12 sur des tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140). Pour le PNRPC, 56 buttes, correspondant aux tourbières hautes (codes UE : 7110* et 7120) sous forme fragmentaire, ont été relevées et 6 transects ont été inventoriés pour les tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140). Au total, 53 variables (hauteur de certains espèces, nombres de buttes déstructurées, altérations...), dont 38 correspondant à des recouvrements d'espèces végétales individuellement ou en catégorie (ligneux haut), ont été analysées pour les tourbières hautes (codes UE : 7110* et 7120) du PNRBV et 58 variables, dont

47 correspondant à des recouvrements de taxons, pour celles du PNRPC (Tab. 2). Quant aux tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140), 81 variables, dont 64 variables de recouvrements de taxons, ont été analysées pour l'ensemble des données récoltées sur les deux Parcs (Tab. 2).

Habitats	Territoire	Nombre total de variables observées	Nombre de taxons	Dont ligneux	Nombre d'atteintes observées	État de conservation				
						TM	M	MOY	B	T B
7110	PNRBV	53	38	7	4	6	3	2	2	2
	PNRPC	58	47	5	2	11	25	11	7	2
7140	PNRBV / PNRPC	81	64	9	4	1	3	6	7	1

Tableau 2 : tableau récapitulatif des données récoltées sur les habitats du PNRBV et du PNRPC (TM : très mauvais ; M : mauvais ; MOY : moyen ; B : bon ; TB : très bon) (© C. EPICOCO)

Les relevés effectués ne constituent pas un jeu donné suffisant pour réaliser des tests statistiques significatifs cependant les analyses nous permettent de dégager les premières tendances pour le choix des indicateurs à conserver. De plus les relevés n'ont été effectués que dans deux régions française ce qui ne permet pas de valider tous nos résultats au niveau national.

Tous les indicateurs n'ont pas pu être testés sur le terrain et tous, parmi ceux testés, n'ont pas forcément donnés de résultats significatifs lors des analyses statistiques. Pour autant, cela ne signifie pas que ces indicateurs n'ont pas d'intérêt à être conservés dans la méthodologie. Rappelons que la phase de terrain ne s'est déroulée que sur une superficie relativement modeste, par rapport à l'aire de répartition des habitats, et sur un mois (Fig. 9).

Il est important de prendre en considération la remarque suivante avant de lire la suite du document : la mise en place de la méthode d'inventaire floristique sur la base de transects a nécessité des ajustements sur les habitats du massif vosgien avant de pouvoir être opérationnelle. Avant d'utiliser exclusivement le protocole tel que décrit dans la partie précédente, il a été tenté d'inventorier les espèces présentes sur des portions de transect d'un mètre de longueur. Cette méthode a très vite été abandonnée car elle surestimait trop le recouvrement réel des espèces. Malheureusement, cette démarche a été réalisée sur les deux seuls habitats « tourbières hautes actives » (code UE : 7110*) estimés en état « bon » et sur l'un des deux estimé en état « très bon ». N'ayant que très peu de données dans ces catégories, il a été décidé de les conserver pour les analyses en prenant en considération dans leur interprétation de leur plus faible fiabilité.

Des données complémentaires sont par conséquent nécessaires pour apprivoiser au mieux les cas de figure qu'il est possible de rencontrer et conclure sur la pertinence des indicateurs. La priorité devrait être donnée, en ce qui concerne les tourbières hautes (code UE : 7110* et 7120), aux habitats dans les états les plus favorables, les données les concernant manquant dans notre jeu. Pour les tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140), il s'agirait plutôt de l'inverse, à savoir que trop peu d'habitats pouvaient être qualifiés de « mauvais » en termes d'état de conservation

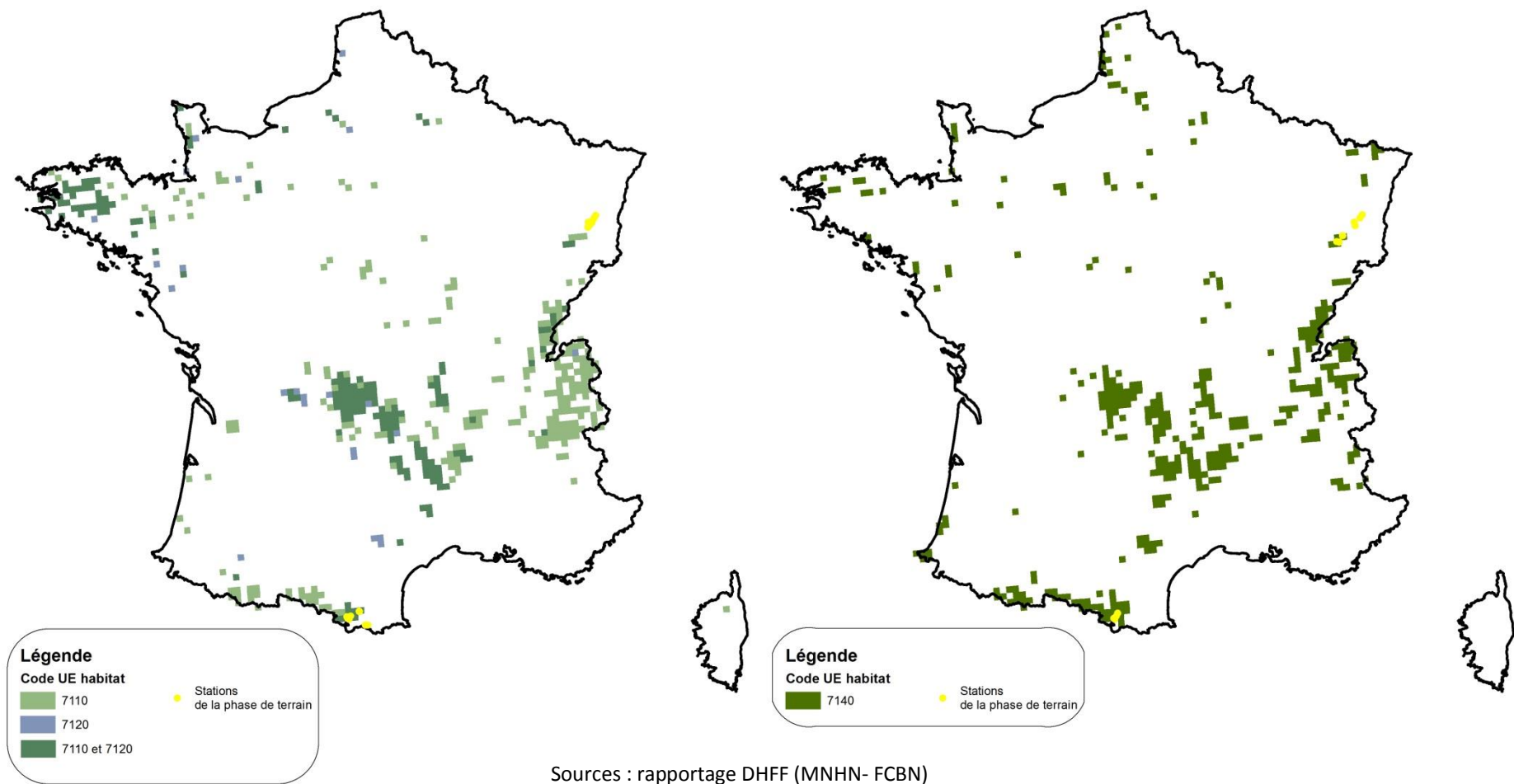


Figure 9 : répartition des stations en fonction de l'aire de répartition, à la maille 10x10 km, des habitats d'intérêt communautaire pour la période d'évaluation 2007-2012. La carte de gauche montre l'aire de répartition des tourbières hautes (code UE : 7110* et 7120). La carte de droite montre l'aire de répartition des tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140). (© C. EPICOCO)

3.4. Analyse des données

Lorsque l'inventaire floristique a été réalisé avec la méthode des transects, les données de recouvrements d'espèces et de sol nu ont été conservées tel que décrit dans la partie précédente. Lorsque ces recouvrements ont été estimés visuellement, dans le cas du protocole pour les tourbières hautes actives (code UE : 7110*) sous forme fragmentaire, les données ont été enregistrées en utilisant les coefficients de Braun-Blanquet (1964). Pour les deux protocoles, ces mêmes coefficients ont été utilisés pour enregistrer les données concernant la proportion d'habitat déstructuré. L'unité pour l'analyse statistique est le « polygone de l'habitat cartographique », soit la surface totale qu'occupe l'habitat. Ce qui revient à dire la butte dans le cas des habitats fragmentaire du PNRPC et l'élément cartographié où a été réalisé les transects pour les éléments surfaciques des tourbières du PNRBV. Cela représente 89 « unités d'analyses » ou « polygone habitats » réparti dans les deux régions (voir 4. Critères et indicateurs).

Une partie des atteintes observées lors de la phase de terrain, à savoir la présence de rejets d'eaux riches sur le plan trophique, de surfréquentation par les piétons ou les véhicules, d'exploitation de tourbe et la présence de piste de ski, a été séparée sous forme de variables de « présence/absence ». Les autres atteintes observées, à savoir la présence de drains et le pâturage ont été déclinées en trois classes chacune. Pour la première, les classes « absence de drains », « présence ancienne » et « présence récente » ont été créées. Pour la seconde, il s'agissait des classes « absence de pâturage », « pâturage en amont du site » et « pâturage sur le site » (observation visuelle actuelle).

Les hauteurs des espèces ligneuses ont été enregistrées en utilisant des classes de 10 cm afin de pallier aux imprécisions lors des mesures sur le terrain.

Les états de conservation des habitats, fournis à dire d'experts, ont également fait l'objet d'une catégorisation. Un expert est sollicité « pour ses compétences scientifiques ou techniques, mais aussi sur la base de son expérience, de sa familiarité avec le sujet pour lequel on le consulte » (Glatron, 1997), dans cette étude les experts ont donné leur analyse sur le terrain grâce à leur connaissance du territoire et de l'habitat concerné. L'avis d'expert est demandé à un expert pour la région afin d'éviter le maximum le biais de l'interprétation et en cas de double évaluation, les avis ne sont pas concertés mais confrontés. À ce jour les avis récoltés par deux experts indépendant pour une station ont toujours étaient les mêmes. Selon les dires d'experts et la littérature scientifique, les états de conservation ont été rangés dans cinq classes : « très bon », « bon », « moyen », « mauvais » et « très mauvais » et les différentes stations ont été hiérarchisées.

Les analyses de données se déroulent en plusieurs étapes. La première étape est descriptive, elle permet notamment de mettre en évidence la variabilité écologique de l'habitat étudié, elle permet également de pouvoir estimer la pertinence du plan d'échantillonnage qui a été réalisé. L'ensemble des traitements statistiques a ensuite consisté en une série d'analyses multivariées.

Concernant les tourbières hautes actives (code UE : 7110*), les analyses ont été réalisées séparément entre les données du PNRBV et du PNRPC. Les formes fragmentaires de cet habitat ayant été rencontrées exclusivement dans le PNRPC, la façon dont les données ont été enregistrées et les biais induits par le protocole d'inventaire n'ont pas été les mêmes entre les deux Parcs ce qui a justifié cette décision. En effet, autant les imprécisions dans les recouvrements d'espèces et de sol nu pour la méthode des transects étaient dues au protocole lui-même (on inventorie qu'une portion de l'habitat pour connaître les recouvrements des espèces et du sol nu), autant ces imprécisions pour le second protocole venaient de la capacité de l'observateur à pouvoir donner une juste appréciation des recouvrements d'espèces et de sol nu. Quant aux tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140), les analyses ont été réalisées sur un seul jeu de données comprenant celles du PNRBV et du PNRPC. Le nombre d'habitat inventorié sur le PNRPC était, en effet, insuffisant pour tester une analyse séparée entre ces deux régions.

Le traitement a été une Analyse en Composantes Principales (ACP) réunissant l'ensemble des variables portant sur les recouvrements des espèces et du sol nu, les hauteurs de ligneux, la proportion des habitats déstructurés, les atteintes sur les habitats et l'état de conservation à dire d'expert (Fig. 10 et 11). L'objectif était ici de pouvoir mettre en évidence les variables (indicateurs) les plus pertinentes pour caractériser les états de conservation.

Une standardisation des données a été nécessaire afin de pondérer les écarts inhérents à l'utilisation d'unités différentes entre certaines variables. L'objectif était d'obtenir une matrice composée de valeurs comprises entre 0 et 1. Ainsi, les variables enregistrées avec les coefficients de Braun-Blanquet (1964) ont été mis à la puissance 2,5 pour obtenir la médiane de chaque classe puis divisées par 100. Les classes de hauteurs ont été divisées par la classe de hauteur maximum du jeu de données traité pour l'analyse. Pour les variables concernant les atteintes citées plus haut, la méthode « range » de la fonction « decostand » issu de la librairie « vegan » du logiciel R a été utilisé.

4. Résultats et discussion

Nous passerons en revue dans cette partie du document les indicateurs sélectionnés lors du premiers COPIL et nous le confronterons aux observations et relevés de terrains, cela permettra de confirmer le choix de ces indicateurs dans la proposition de méthodologie finale. La campagne de 2014 ne comportant qu'un faible jeu de données qu'il nous faut développer dans les années à venir (voir "Perspectives et conclusion ") nous essayerons néanmoins de retranscrire les premiers résultats et questionnements encore en suspens suite à cette première année de travail.

Les premières analyses descriptives (Fig. 10 et 11) ont permis de dégager les premières pistes à exploiter dans l'analyse des données.

Les figures 10a et 10b montrent les représentations graphiques des ACP réalisées à partir des données récoltées sur les habitats du PNRBV. La figure 10a représente le plan factoriel (1-2) et la 10b le plan factoriel (1-3). La couleur des points et, lorsque c'est le cas, les enveloppes qui les réunies, figurent les états de conservations à dire d'experts. Les triangles représentent le barycentre des sites avec le même état. En bleu, ce sont les habitats en état « très bon », en orange les « bon », en vert les « moyen », en jaune les « mauvais » et en violet les « très mauvais ». La position des habitats sur le graphique est proportionnelle à la variance prise en compte par les axes. Le cercle rouge correspond au cercle de parcimonie.

Les cinq premiers axes de l'ACP permettent d'expliquer au moins 70 % de l'inertie totale. Le plan factoriel (1-2) représente 47,26 % de l'inertie initiale.

Les figures 11a et 11b montrent les représentations graphiques des ACP réalisées à partir des données récoltées sur les habitats du PNRPC. La figure 11a représente le plan factoriel (1-2) et la 11b le plan factoriel (1-3). La couleur des points et, lorsque c'est le cas, les enveloppes qui les réunies, figurent les états de conservations à dire d'experts. Les triangles représentent le barycentre des sites avec le même état. En bleu, ce sont les habitats en état « très bon », en orange les « bon », en vert les « moyen », en jaune les « mauvais » et en violet les « très mauvais ». La position des habitats sur le graphique est proportionnelle à la variance prise en compte par les axes. Le cercle rouge correspond au cercle de parcimonie.

Quatre axes sont nécessaires pour expliquer au moins 70 % de l'inertie totale. Le premier plan factoriel représente à lui seul 56,17 % de l'inertie initiale.

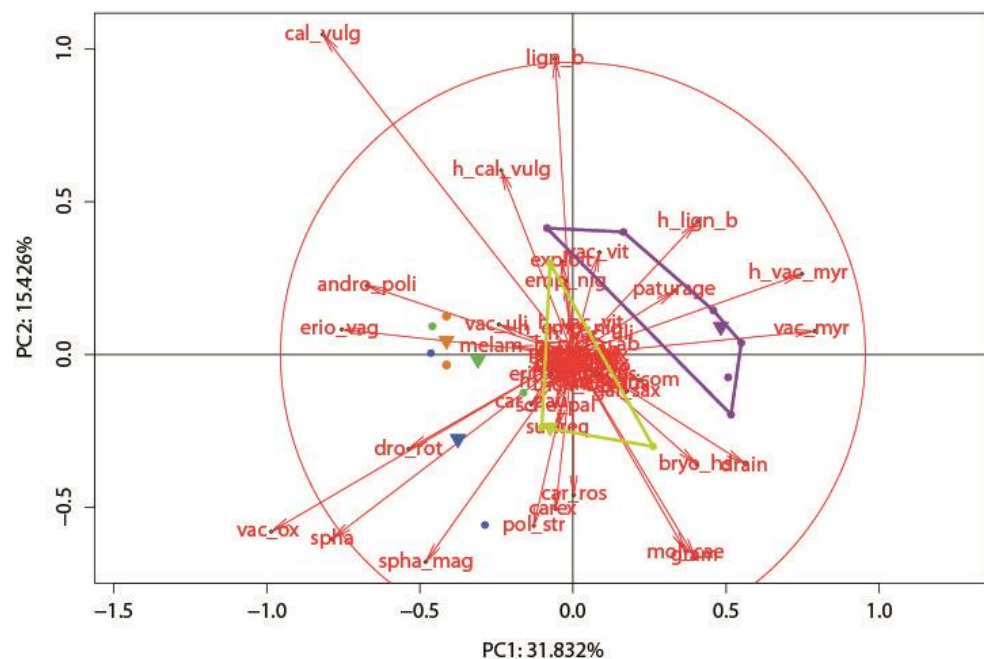


Figure 10a : représentation graphique de l'ACP (axes 1-2) réalisé sur l'ensemble des variables (en rouge) portant sur les recouvrements des espèces et du sol nu, les hauteurs de ligneux, la proportion des habitats déstructurés et les atteintes par habitat (points colorés) pour les tourbières hautes (code UE : 7110 et 7120) du PNRBV.

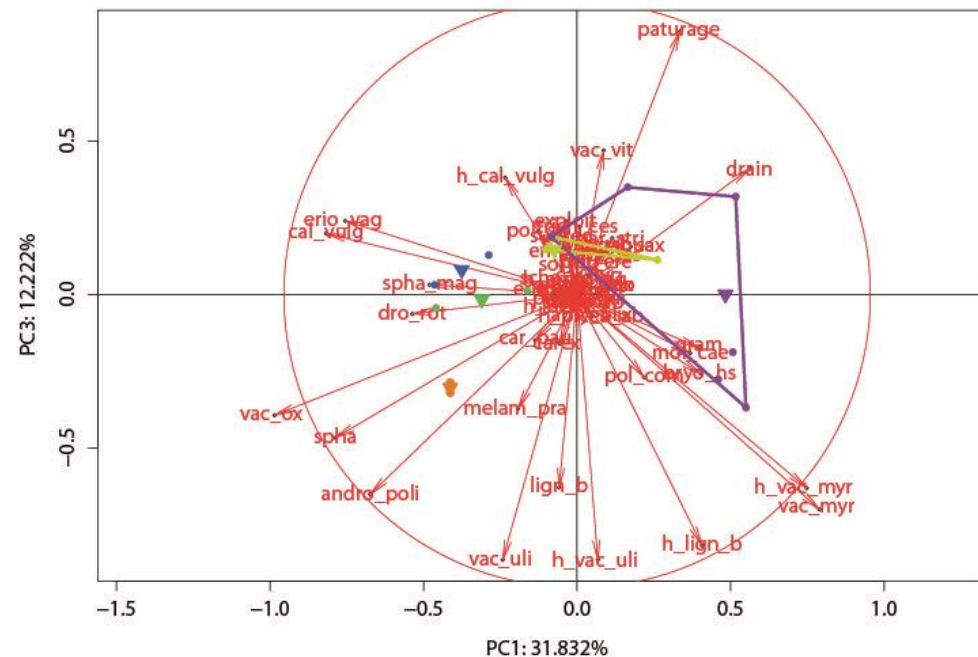


Figure 10b : représentation graphique de l'ACP (axes 1-3) réalisé sur l'ensemble des variables (en rouge) portant sur les recouvrements des espèces et du sol nu, les hauteurs de ligneux, la proportion des habitats déstructurés et les atteintes par habitat (points colorés) pour les tourbières hautes (code UE : 7110 et 7120) du PNRBV.

Légende : État de conservation





Figure 11a : représentation graphique de l'ACP (axes 1-2) réalisé sur l'ensemble des variables (en rouge) portant sur les recouvrements des espèces et du sol nu, les hauteurs de ligneux, la proportion des habitats déstructurés et les atteintes par habitat (points colorés) pour les tourbières hautes (code UE : 7110 et 7120) du PNRPC.

Légende : État de conservation



Figure 11b : représentation graphique de l'ACP (axes 1-3) réalisé sur l'ensemble des variables (en rouge) portant sur les recouvrements des espèces et du sol nu, les hauteurs de ligneux, la proportion des habitats déstructurés et les atteintes par habitat (points colorés) pour les tourbières hautes (code UE : 7110 et 7120) du PNRPC.

4.1. Surface de l'habitat

4.1.1. Surface couverte

Mesurer l'évolution de la surface couverte par un habitat est un indicateur standard pour évaluer sa pérennité. Il est d'ailleurs présent dans la plupart des méthodologies d'évaluation de l'état de conservation déjà réalisé (Viry 2013 ; Goffé 2011 ; Carnino 2009 ; Maciejewski *et al.* 2013 ; Lepareur *et al.* 2013). Il reste cependant un exercice compliqué lorsqu'il s'agit des dépressions sur substrat tourbeux du *Rhynchosporion* (code UE : 7150) qui sont des habitats pionniers dont les périodes d'observation sont courtes et les surfaces occupées relativement faibles. On préférera donc pour ces habitats mesurer l'évolution de la surface potentielle où ils peuvent être présents.

L'utilisation d'outils SIG, par comparaison diachronique d'orthophotos, est la méthode la plus appropriée pour mesurer l'évolution des surfaces pour l'ensemble des habitats concernés par cette méthodologie.

Pour les tourbières hautes (code UE : 7110* et 7120) sous forme fragmentaire, il s'agira plus spécifiquement de suivre l'évolution du nombre de butte. En effet, cette forme étant réduite en termes de surface, la mesurer est compliquée.

Cet indicateur sera conservé.

Surface	Surface couverte	L'utilisation d'outils SIG, par comparaison diachronique d'orthophotos (habitats potentiels pour le 7150)	Régression
			Maintien et/ou augmentation

4.2. Hydrosystème

4.2.1. Hauteur et variation du niveau de l'eau / Indice floristique d'engorgement

Les apports en eau sont une condition *sine qua non* de l'existence d'une tourbière (Manneville *et al.*, 2006) et nombreux sont les auteurs à mesurer le niveau de l'eau dans le cadre de restaurations (Ferland et Rochefort, 1997), d'études (Van Diggelen *et al.*, 1996) ou de suivis des tourbières (Goubet, 2011). C'est pourquoi deux indicateurs, « hauteur et variation du niveau de l'eau » et « indice floristique d'engorgement », avaient été proposés initialement au comité d'experts. Ils n'ont cependant pas été retenus dans le tableau d'indicateurs final du fait d'une variabilité

topographique et géomorphologique entre les tourbières trop grande, rendant l'interprétation de ces indicateurs difficiles. De plus, **il s'avèrerait plus pertinent d'identifier les activités anthropiques responsables des perturbations hydrauliques au sein par exemple des indicateurs du paramètre « altération ».**

4.3. Structure et fonctionnement

4.3.1. Composition spécifique – flore

a. Recouvrement des ligneux hauts

La problématique des ligneux hauts en tourbière est délicate à traiter. Selon l'origine du boisement, la dynamique de colonisation ou l'espèce considérée, les effets des ligneux sur les tourbières ne seront pas les mêmes (Cholet et Magnon 2010). Il faut tout d'abord prendre en compte que le boisement est un des stades dynamique naturel qui peut faire suite à l'apparition d'un haut-marais (*ibid.*). Les tourbières boisées sont d'ailleurs des habitats prioritaires d'intérêt communautaire inscrits sur la DHFF sous le code 91D0* [Bensettiti *et al.* (Coord.) 2002 ; Cholet et Magnon 2010]. Certaines espèces d'arbres sont également citées comme « indicatrices » de l'habitat « tourbières hautes actives » (code UE : 7110*) comme par exemple le pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.) ou le pin à crochets (*Pinus uncinata* var. *rotundata* (Link) Antoine) (Bensettiti *et al.* (coord.) 2002). Des seuils de recouvrement et/ou de hauteur des espèces ligneuses hautes sont par conséquent nécessaires pour dissocier le passage vers la tourbières boisée (code UE : 91D0*), stade « dégradé » des tourbières hautes actives (code UE : 7110*). Un autre phénomène de colonisation des ligneux hauts sur une tourbière peut aussi survenir pour des raisons anthropiques. Là où naturellement la colonisation des arbres se fait depuis la périphérie de la tourbière, sur un pas de temps long et avec seulement certaines espèces, les activités anthropiques liées au drainage entraînent quant à elles une colonisation des ligneux hauts depuis le centre de la tourbière, sur un pas de temps court et avec un nombre potentiel d'espèces plus grand (les espèces peuvent être celles que l'on retrouve dans la dynamique naturelle mais aussi d'autres issues de plantations, par exemple d'épicéa (*Picea abies* (L.) H.Karst.) (Cholet et Magnon 2010).

Les informations scientifiques rapportées ci-dessus sont surtout valables pour les tourbières hautes sous leur forme typique mais paraissent moins applicables aux tourbières hautes sous forme de buttes disséminées au sein d'un autre habitat comme on en rencontre dans les Pyrénées-Orientales. Aucune information n'a pu être trouvée concernant la colonisation des ligneux hauts sur ces habitats sous forme fragmentaire. On peut cependant émettre l'hypothèse qu'étant donné

la taille souvent réduite des buttes, le développement d'un arbre sur l'une d'entre elles peut être préjudiciable en termes de composition, de structure et de fonctionnement de la butte.

L'influence des ligneux hauts sur l'état de conservation des tourbières hautes actives (code UE : 7110*) sous forme « fragmentaire » peut s'observer selon deux façons opposées : soit les ligneux hauts protègent l'intégrité des buttes, notamment du piétinement, soit leur développement en causeront la destruction. On peut supposer ainsi que les ligneux, passés une limite de taille, sont défavorables pour l'état de conservation de l'habitat. Les analyses iraient dans ce sens bien qu'il faille encore expérimenter une méthode pour s'assurer d'une présence à posteriori du ligneux par rapport à la butte.

Les observations faites sur le terrain confirment au moins que le pin à crochets est capable de se développer sur ces buttes (photo 6) et d'atteindre des dimensions allant jusqu'à environ 60 cm de haut pour les plus grands individus mesurés et plus ou moins 20 cm de diamètres parmi les plus larges. L'ACP effectuée sur les données des habitats du PNRPC (Fig. 11a et 11b) montre également que la hauteur du pin à crochets influencerait le dire d'experts sur l'état de conservation des tourbières hautes (code UE : 7110 et 7120) dans le sens où les buttes dans un état défavorable sont souvent associables aux individus les plus hauts. Sans plus d'informations sur la dynamique de colonisation des ligneux hauts, il est hasardeux de s'avancer plus loin dans l'interprétation des résultats sur les habitats du PNRPC.



Photo 6 : développement du pin à crochets (*Pinus uncinata* var. *rotundata* (Link) Antoine) sur une butte, Réserve naturelle de Nohèdes (66) (© C. EPICOCO)

La problématique des ligneux hauts sur les tourbières de transitions et tremblantes (code UE : 7140) se traite de façon quelque peu différente de celle des tourbières hautes (code UE : 7110* et 7120). Si le niveau d'eau constamment élevé et/ou l'instabilité du substrat empêche à priori un développement pérenne des arbres, celui-ci est tout de même possible sur les habitats dont l'état de conservation est le plus défavorable (photos 7 et 8). Aucune référence bibliographique n'a pu être trouvée sur la dynamique des ligneux hauts sur cet habitat et seuls des hypothèses peuvent être formulées à la suite des observations sur le terrain : soit la colonisation des arbres se fait après un comblement progressif de la masse d'eau sur lequel se développe l'habitat (photo 7), soit elle est due à une alimentation hydrique plus riche favorisant l'apparition de certaines espèces ligneuses (photo 8).

Cas du pin à crochets sur les tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140) : ce cas de figure nous a amené à nous interroger sur les limites des tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140). Le pin à crochets ne se développe en effet pas sur les tremblants, ceux-ci pouvant constituer la limite de l'habitat. Cette limite sera toutefois tranchée par le groupe chargé de la typologie des habitats Natura 2000.

Cas de la colonisation des bouleaux sur les tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140) : les discussions s'accordent pour affirmer qu'il s'agit d'un cas d'eutrophisation. Malgré un manque de données sur cet habitat, les bouleaux (*Betula pubescens* et *Betula pendula*) semblent être de bons candidats pour intégrer la méthodologie (ce qui peut être appuyé par la littérature scientifique)



Photo 7 : pin à crochets sur une tourbière de transition et tremblante (code UE : 7140) à Formiguères (66) (© C. EPICOCO)



Photo 8 : tourbière de transition et tremblante (code UE : 7140) fortement recouverte par des bouleaux, Ecromagny (70) (© C. EPICOCO)

Les analyses réalisées pour notre étude ne montrent aucun résultat quant à la capacité du recouvrement des ligneux hauts à dissocier les états de conservation des tourbières hautes (codes

UE : 7110 et 7120) et des tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140). **L'étude de la bibliographie est cependant suffisante pour justifier pour l'instant le maintien de cet indicateur.** Des inventaires floristiques supplémentaires sont cependant nécessaires pour établir la liste des espèces qui pourront être incluses dans l'indicateur ainsi que les seuils de recouvrement, voire de hauteur, qui différencieront les états de conservation. Ces inventaires devront prendre en compte également le temps et la configuration (colonisation depuis la périphérie ou le centre) de la progression des ligneux hauts. Pour les tourbières hautes (codes UE : 7110 et 7120) sous forme fragmentaire, il s'agira plus spécifiquement de savoir si le développement des arbres sur les buttes maintient l'habitat ou au contraire le modifie.

Une fois l'indicateur opérationnel, il s'agira à priori d'estimer le recouvrement des ligneux hauts, soit visuellement soit à l'aide d'un protocole standardisé comme celui des transects. Il n'est pas encore possible de savoir si la valeur de cette mesure sera déclinée en fonction de l'espèce, de la vitesse de progression et/ou de la configuration de cette progression.

Structure et fonctionnement	Composition spécifique - flore	Recouvrement ligneux haut	Protocole encore à définir (transect pour les éléments surfaciques – relevée phytosociologique pour les éléments ponctuels)	Cas des espèces introduites (listes des espèces, hauteurs et seuils à définir)
				Cas des espèces autochtone (listes des espèces, hauteurs et seuils à définir)

Indicateur en construction (manque de données).

b. Recouvrement des ligneux bas

Les ligneux bas sont cités dans beaucoup de documents comme de bons indicateurs de l'état de conservation des tourbières hautes (code UE : 7110* et 7120) et des tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140) dans le sens où plus leur recouvrement est important, plus l'état de conservation de l'habitat est défavorable (Ellmauer et Essl 2005 ; Kleszczewski, 2007 ; Søgaaard *et al.* 2007). Un certain nombre d'espèces comme la callune (*Calluna vulgaris* (L.) Hull), la myrtille (*Vaccinium myrtillus* L.) ou encore l'airelle des marais (*Vaccinium uliginosum* L.) sont citées par Bensettiti *et al.* (coord.) (2002) comme étant « indicatrices » de l'habitat « tourbières hautes dégradées encore susceptibles de régénération naturelle » (code UE : 7120), considérée comme une version dégradée des tourbières hautes actives (code UE : 7110*). Les inventaires floristiques

effectués pendant la phase de terrain ont permis de constater que les habitats avec un fort recouvrement de ligneux bas, notamment des espèces citées ci-dessus, étaient ceux les moins diversifiés en termes de composition et de structure de la végétation.

Que cela soit sur les habitats du PNRBV ou du PNRPC, les analyses montrent relativement bien que le recouvrement des ligneux bas influence le dire d'expert sur l'état de conservation des tourbières. Parmi les espèces les plus pertinentes à considérer pour cet indicateur, la myrtille semble la plus intéressante, au moins pour les tourbières hautes (code UE : 7110* et 7120) du PNRBV (Fig. 12), l'espèce étant plus rare dans les Pyrénées-Orientales (Tison *et al.* 2014). L'airelle des marais pourrait éventuellement y être intégrée (Fig. 13), sa contribution à expliquer l'état de conservation des tourbières hautes (code UE : 7110* et 7120) étant cependant plus importante sur le PNRPC que le PNRBV. Ces deux espèces ne se rencontrent quasiment pas sur les tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140) des deux Parcs mais il est facile d'imaginer qu'un stade avancé de l'habitat vers une tourbière haute (code UE : 7110* et 7120) permette l'installation de ces espèces. L'idée qu'un fort recouvrement de ces deux espèces puisse être synonyme d'un état défavorable est confortée par leur absence dans les études paléobotaniques sur les communautés végétales les plus fréquemment rencontrées dans les hauts-marais (Goubet *et al.* 2004). Cela suggère une présence de ces espèces, récente dans ces habitats à l'échelle des temps géologiques, liée aux activités humaines.

La callune pourrait être aussi éventuellement intégré à l'indicateur même si les résultats sur les tourbières hautes (code UE : 7110* et 7120) du PNRBV montre une certaine difficulté, lors d'un fort recouvrement de l'espèce, à discerner les habitats en état « bon »/ « très bon » et « mauvais »/ « très mauvais ». Dans les tourbières où les sphaignes sont très recouvrantes, la croissance de la callune est limitée par celle des sphaignes (*ibid.*). Lorsqu'elles croissent, les sphaignes provoquent une subsidence du substrat, créant une zone saturée en eau où les plantes vasculaires ne pourront pas croître (*ibid.*). Pour arriver à se maintenir dans ces circonstances, la callune développe des racines adventives au niveau des parties aériennes enfouies sous les sphaignes (*ibid.*). Le port arbustif de la callune ne peut par conséquent se rencontrer que dans les tourbières où l'eau, et donc les sphaignes, est moins présente. Pour un même recouvrement en callune, si l'espèce a un port arbustif, donc de taille plus élevé, il est possible de considérer les tourbières hautes (codes UE : 7110* et 7120) du PNRBV dans un état « mauvais »/ « très mauvais » et inversement si l'espèce est de taille modeste. L'analyse des données iraient dans ce sens, une hauteur élevée étant plus nettement associable à un état « mauvais »/ « très mauvais » (Fig. 14). Ces conclusions restent néanmoins à confirmer, les recouvrements d'espèces n'étant pas

des plus fiables sur les tourbières hautes (code UE : 7110* et 7120) en bon et très bon état sur le PNRBV. L'espèce se distingue aussi sur les tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140) où elle tend à s'associer avec les plus mauvais états de conservation. Ce dernier résultat, bien que confirmant la possibilité d'intégrer la callune dans l'indicateur, reste toutefois à pondérer avec le fait que cet habitat (UE : 7140) n'a été que très peu échantillonné dans un mauvais état de conservation.

L'indicateur est pour le moment pertinent à conserver dans la méthodologie et l'airelle des marais (*Vaccinium uliginosum*), la myrtille (*Vaccinium myrtillus*) et la callune (*Calluna vulgaris*) de grande taille peuvent l'intégrer. Des analyses avec des données supplémentaires sont maintenant nécessaires pour préciser les seuils de recouvrement et, pour la callune, de taille. Toutefois, une clarification doit être apportée sur ce qu'indique l'indicateur, la composition floristique étant potentiellement suffisante pour indiquer une perturbation.

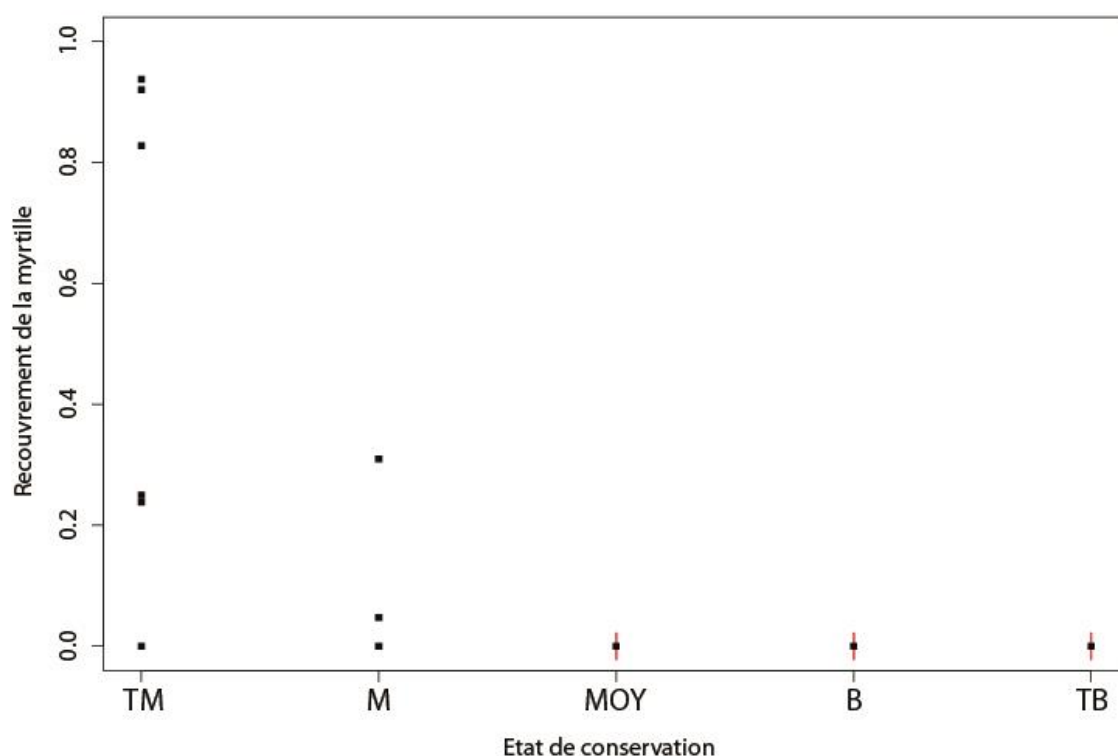


Figure 12 : recouvrement de la myrtille par rapport à l'état de conservation des tourbières hautes (code UE : 7110* et 7120) du PNRBV (TM : très mauvais ; M : mauvais ; MOY : moyen ; B : bon ; TB : très bon). Le nombre de barres rouge correspond au nombre de points superposés. (N=15 ; Kruskal-Wallis chi-squared = 8.0956, df = 4, p-value = 0.08814)

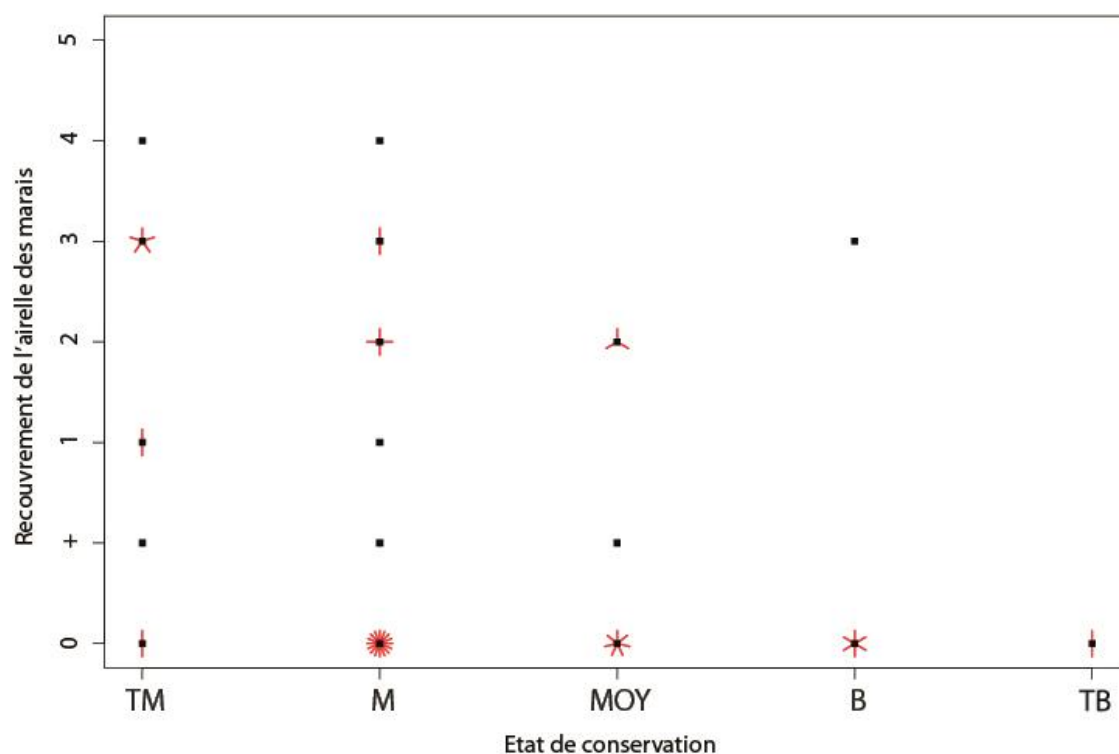


Figure 13 : recouvrement de l'airelle des marais par rapport à l'état de conservation des tourbières hautes (code UE : 7110* et 7120) du PNRPC (TM : très mauvais ; M : mauvais ; MOY : moyen ; B : bon ; TB : très bon). Le nombre de barres rouge correspond au nombre de points superposés (**N=56 ; Kruskal-Wallis chi-squared = 15.8539, df = 4, p-value = 0.003222**)

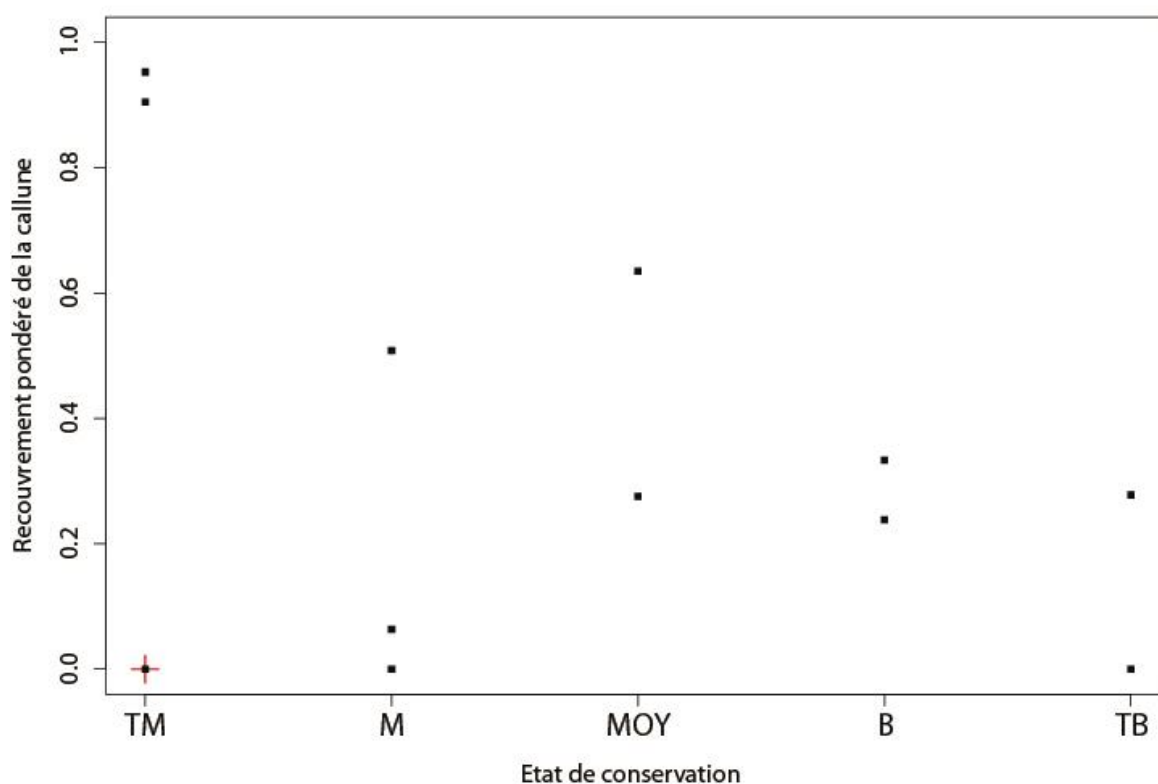


Figure 14 : recouvrement de la callune pondéré par rapport sa hauteur en fonction de l'état de conservation des tourbières hautes (code UE : 7110* et 7120) du PNRBV (TM : très mauvais ; M : mauvais ; MOY : moyen ; B : bon ; TB : très bon). Le nombre de barres rouge correspond au nombre de points superposés. (**N=15 ; Kruskal-Wallis chi-squared = 3.8763, df = 4, p-value = 0.423**)

Pour mesurer l'indicateur, une fois les seuils et la liste des espèces fixées, la méthode la plus simple consistera à donner le recouvrement des dites espèces soit à l'œil nu soit par l'utilisation d'un protocole standardisé comme les transects. Concernant la callune, il devra à priori être pris en compte uniquement les individus les plus grands (les seuils de taille restent à définir).

Structure et fonctionnement	Composition spécifique - flore	Recouvrement ligneux bas	Protocole encore à définir – Estimation visuelle	Recouvrement de l'airelle des marais (<i>Vaccinium uliginosum</i>), la myrtille (<i>Vaccinium myrtillus</i>) et la callune (<i>Calluna vulgaris</i>) de grande taille
-----------------------------	--------------------------------	--------------------------	--	---

c. Recouvrement des espèces à faciès à Eriophorum angustifolium, Calluna vulgaris, ...

Certaines espèces présentes naturellement dans les tourbières, comme *Eriophorum angustifolium* Roth ou *Calluna vulgaris* (L.) Hull, ont plus de facilités pour coloniser les tourbières perturbées, notamment après exploitation de la tourbe (Trinder *et al.* 2008). Ces espèces alimentent de façon non négligeable la réserve de carbone organique dissout du sol (*ibid.*) et peuvent favoriser ainsi le rôle des microorganismes dans la décomposition de la matière organique. L'action mécanique des racines doit par ailleurs aider dans la dégradation cette matière. Ces processus d'érosion de la tourbe peuvent contribuer ainsi à menacer la pérennité de la tourbière.

Présenté initialement comme un indicateur d'érosion, sa démarche s'avère peu pragmatique. En effet, une surface occupée quasiment par une seule espèce rend la surface en question impossible à attacher à un des habitats que comptent les tourbières acides à sphaignes. Cette surface ne sera par conséquent pas prise en compte dans l'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire. Au vue des discussions engagées (voir la sous-partie « recouvrement des espèces indicatrices de piétinement »), d'autres pistes semblent plus pertinentes pour constituer un indicateur d'érosion. De plus l'indicateur « recouvrement en ligneux bas » se base déjà sur *Calluna vulgaris* (L.) Hull, ce qui peut poser un problème de redondance et de « double peine » pour l'habitat dans son évaluation.

d. Indicateur espèces eutrophiles

L'une des caractéristiques prépondérantes des tourbières acides à sphaignes est leur oligotrophie, voire mésotrophie pour certaines tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140) et dépressions sur substrats tourbeux du *Rhynchosporion* (code UE : 7150) (Bensettiti *et al.* (coord.) 2002). Par conséquent, une eutrophisation du milieu se présente comme un processus négatif pour tous ces habitats. Deux facteurs peuvent être responsables d'une eutrophisation des tourbières. Le premier est l'apport d'eau, par l'homme, pendant la saison sèche, chargée en azote et phosphore provenant de rivières ou de bassins de rétention à des fins agricoles ou de prévention des inondations (Cusel *et al.* 2013). Un apport de phosphore arrivant des terres cultivées jusqu'au tourbières est aussi notable bien qu'à priori minoritairement responsable (Van Groenendael *et al.* 1996). Ce premier facteur affectera essentiellement les tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140) et les dépressions sur substrats tourbeux du *Rhynchosporion* (code UE : 7150) dont l'apport minéral peut en partie être dû aux masses d'eau stagnantes à légèrement fluentes. Le deuxième facteur qui, cette fois-ci, touchera tous les habitats est l'apport d'azote depuis l'atmosphère et les précipitations (Moore 2002).

Bien que qu'il ait été noté que certains habitats, parmi les tourbières hautes (codes UE : 7110* et 7120) et les tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140), contenaient des espèces associables à une plus forte richesse minérale du milieu en azote, phosphore ou potassium selon les indices de Julve (1998), l'indicateur n'a pas montré de résultats statistiquement significatif d'après les analyses. Cela peut s'expliquer par le fait que très peu des habitats rencontrés soient apparemment affectés par un phénomène d'eutrophisation tel qu'expliqué dans le paragraphe précédent. De plus la première méthode, basée sur les coefficients de Julve, utilisée pour détecter les espèces eutrophiles dans notre jeu de données n'a pas été concluante. Nous cherchons par conséquent une méthode plus fiable.

L'eutrophisation des tourbières hautes actives (code UE : 7110*) induit un changement trop rapide des habitats pour permettre une prise en compte dans l'évaluation de l'état de conservation. C'est pourquoi, plutôt que de parler d'eutrophisation, il serait préférable de parler d'un changement de la composition floristique conséquent à un changement dans la composition minérale du sol. Une précision devra par ailleurs être apportée à la description de cet indicateur, le changement dans la composition floristique étant différente selon le changement dans la composition minérale celle-ci étant liée au type de perturbation de l'habitat.

L'indicateur espèces eutrophiles apparaît surtout intéressant à tester sur les tourbières hautes dégradées encore susceptibles de régénération naturelle (code UE : 7120) et les tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140). Autant pour les tourbières hautes dégradées encore susceptibles de régénération naturelle (code UE : 7120), ces espèces sont bien connues (il s'agit plus précisément d'espèces de mégaphorbiaie comme *Angelica sylvestris*, *Cirsium palustre* ou *Ligularia sibirica*), autant la liste pour les tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140) reste à établir. La massette à feuille large (*Typha latifolia*) est une bonne candidate mais une expérimentation, qu'il reste à définir, est à mettre en place pour être exhaustif.

Plusieurs méthodes sont possibles pour mesurer cet indicateur s'il est conservé dans la méthodologie. Une première méthode, utilisée par Maciejewski *et al.* (2013) et Viry (2013) consiste à faire un ratio entre le nombre d'espèces eutrophiles observées et le nombre d'espèces eutrophiles attendues selon une liste prédéfinie. C'est ce ratio qui déterminera l'état de conservation pour ce critère (*ibid.*). Une deuxième méthode, utilisée par Goffé (2011), consiste à estimer le recouvrement des espèces eutrophiles selon la liste établie et si le recouvrement dépasse le seuil fixé, l'habitat est dans un état défavorable pour ce critère. Enfin, une troisième méthode, reprise de l'indice de fertilité du sol de RhoMéo (2014), consiste en une somme de chaque abondance (ou recouvrement) d'espèces pondérée par un coefficient indicateur de son eutrophilie pour chaque relevé à laquelle on divise la somme des abondances (ou recouvrement) de chaque espèce par relevé :

$$Ht = \frac{\sum(r_{ij} \times x_i)}{\sum r_{ij}}$$

r_{ij} : abondance (ou recouvrement) de l'espèce i dans le relevé j

x_i : valeur indicatrice de l'espèce i

Structure et fonctionnement	Composition spécifique - flore	Recouvrement espèces eutrophiles	Protocole encore à définir – Estimation visuelle	7120 : Recouvrement d'espèces de mégaphorbiaie comme <i>Angelica sylvestris</i> , <i>Cirsium palustre</i> ou <i>Ligularia sibirica</i> ,
				7140 : Recouvrement de <i>Typha latifolia</i>

Indicateurs en construction première propositions d'espèces à développer.

e. Recouvrement de la molinie

Dans les milieux oligotrophes et acides, les molinies bleues (*Molinia caerulea*) forment des tapis caractéristiques en touradons, mottes constituées par les parties anciennes de la plante. Ces plantes semblent, avec les sphaignes, jouer un rôle de plantes facilitatrices: bruyères, bouleaux, bourdaines s'y établissent volontiers si le niveau de l'eau le permet.

Molinia caerulea est plus souvent indicatrice de minéralisation des tourbières hautes dégradées en voie d'assèchement, processus qu'elle amplifie par sa forte évapotranspiration (Bensettiti *et al.* (coord.) 2002). Sur histosol, cette minéralisation suppose une diminution localisée du C/N. On peut donc considérer avec précaution cette espèce comme un indicateur d'eutrophisation modérée mais pas d'eutrophisation globale d'origine atmosphérique. En effet, la minéralisation de la tourbe est favorable au développement de la Molinie bleue et de chaméphytes telles la Bruyère à quatre angles (*Erica tetralix*) et surtout la Callune (*Calluna vulgaris*). La Molinie est, en particulier, bien adaptée aux tourbières subissant de grandes variations du niveau de la nappe avec une alternance de phases humides et de phases sèches. L'espèce s'adapte à ces variations par son port en touradons, port empêchant généralement le développement d'autres espèces végétales.

Dans les Fagnes, notamment en Wallonie, la molinie a été déclarée "plante envahissante", car elle étouffe les espèces de basses tailles telles les myrtilles, les airelles et les narthécies. Elle fait, dans certaines zones, l'objet de fraisage et d'étrépage, opérations destinées à l'éradiquer et à permettre la germination de graines qui se trouvent dans le sol (banque de graines) et que l'omniprésence étouffante de la molinie empêche de germer. Ces opérations sont subventionnées par l'Europe dans le cadre de projets "LIFE" et réalisées ou en voie de réalisation dans l'ensemble du territoire wallon.

Cet indicateur paraît pertinent à conserver pour la méthodologie pour les tourbières hautes (code UE : 7110* et 7120) et les tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140). L'affirmation selon laquelle un fort recouvrement en molinie est associable à un mauvais état de conservation des tourbières hautes (codes UE : 7110* et 7120) est surtout valable pour les habitats du PNRBV (Fig. 15), les données obtenues sur le PNRPC (Fig.16) ne permettant pas d'être aussi sûr. La figure 17 tend à nous montrer que la présence de molinie dans les tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140) est corrélée à l'état de conservation (proche de la significativité).

Bien que Tomassen *et al.* (2004) aient démontré que la molinie est plus dépendante de la quantité d'azote présent dans le milieu que du niveau d'eau pour coloniser les tourbières, il n'en reste pas

moins que l'espèce survie difficilement à des conditions où le niveau d'eau reste proche de la surface du sol (Armstrong et Boatman 1967). Des données supplémentaires sont donc nécessaires pour savoir, d'une part, si le recouvrement de l'espèce peut véritablement discriminer les états de conservation des tourbières des Pyrénées-Orientales, et, d'autre part, si d'autres espèces eutrophiles peuvent être pertinentes pour cet indicateur.

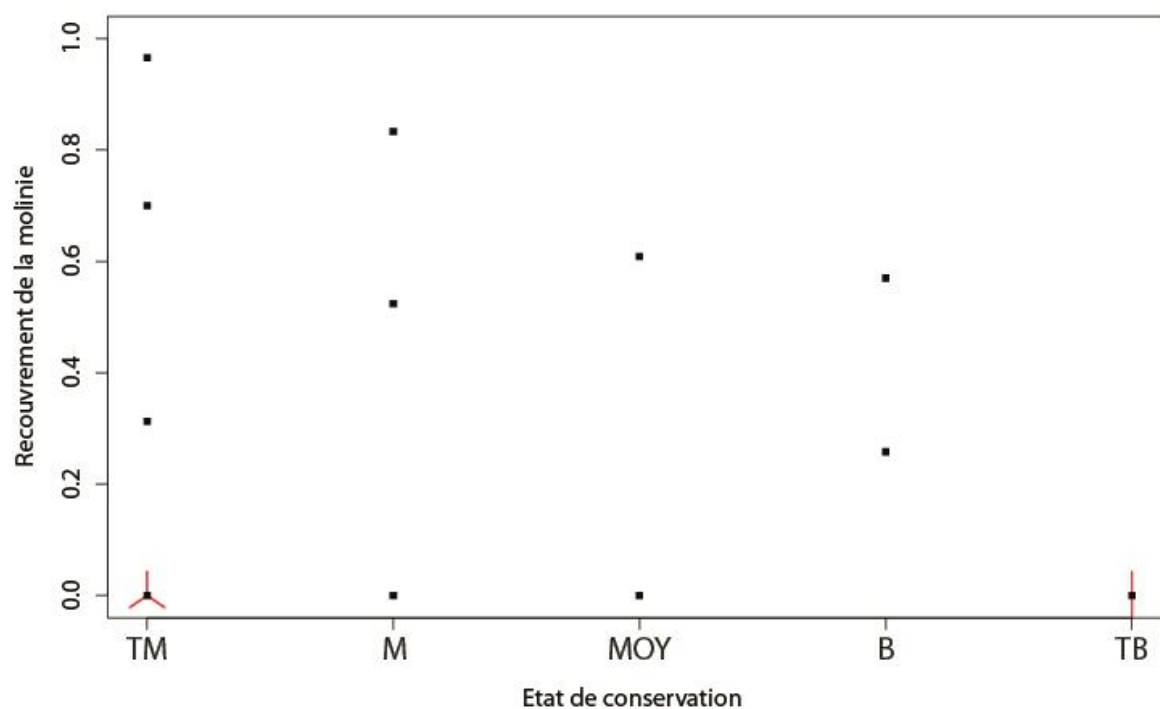


Figure 15 : recouvrement de la molinie par rapport à l'état de conservation des tourbières hautes (code UE : 7110* et 7120) du PNRBV (N=15 ; Kruskal-Wallis chi-squared = 2.3333, df = 4, p-value = 0.6747)

Structure et fonctionnement	Composition spécifique - flore	Recouvrement <i>Molinia carulea</i>	Protocole encore à définir – Estimation visuelle	Remarque : voir le bien fondé de séparer la Molinie des autres espèces « eutrophes »
-----------------------------	--------------------------------	--	--	--

Indicateurs en construction première propositions d'espèces à développer.

f. Recouvrement de la surface par les bryophytes turfigènes

Si les bryophytes, et plus particulièrement les sphaignes, ont une bonne capacité d'absorption de l'azote, un surplus de cet élément peut permettre à des espèces plus compétitives de prendre le dessus sur des espèces associées aux conditions ombrotrophes (Tomassen *et al.* 2004). Leur présence est donc synonyme d'oligotrophie. Elles sont également bonnes indicatrices de l'acidité du milieu (Bragazza et Gerdol 2002). Ce facteur est relativement important puisqu'il définit les tourbières acides. Cette acidité est principalement due aux sphaignes qui vont libérer des ions H⁺ dans le milieu pour en absorber les éléments minéraux qui s'y trouve en quantité limitée (*ibid.*). Outre leur indication d'acidité et d'oligotrophie du milieu, les sphaignes sont des éléments majeurs dans la construction et la constitution des tourbières (elles sont dites turfigènes car elles sont une composante principale de la tourbe) (Goubet *et al.* 2004 ; Manneville *et al.* 2006) et dans la caractérisation de l'habitat « tourbières hautes actives » (code UE : 7110) (Bensettiti *et al.* (coord.) 2002). Les sphaignes sont un groupe taxonomique dont beaucoup d'espèces ne peuvent être déterminées que sous microscope (Manneville 2007) mais seules certaines espèces sont à conserver pour cet indicateur car toutes n'ont pas la même contribution dans le maintien de la turfigénèse des tourbières hautes actives (code UE : 7110) (Goubet *et al.* 2004). Parmi les espèces les plus turfigènes, *Sphagnum magellanicum* Brid. et *Sphagnum rubellum* Wilson sont les plus fréquentes en France (com. pers., P. Goubet, 2014). Les autres espèces, à savoir *Sphagnum capillifolium* (Ehrh.) Hedw., *Sphagnum austinii* Sull., *Sphagnum fuscum* (Schimp.) H.Klinggr., *Sphagnum angustifolium* (C.E.O.Jensen ex Russow) C.E.O.Jensen et *Sphagnum papillosum* Lindb., sont relativement moins fréquentes (*ibid.*).

Les analyses confirment que le recouvrement des sphaignes pourrait jouer un rôle dans l'évaluation de l'état de conservation des habitats, au moins pour certaines tourbières hautes (code UE : 7110* et 7120) (Fig. 18a et 18b). Dans le PNRBV, plus le recouvrement en sphaignes, notamment *Sphagnum magellanicum* Brid., est important, meilleur serait l'état de conservation de l'habitat, même s'il faut rappeler que les données concernant les habitats en bon état sont

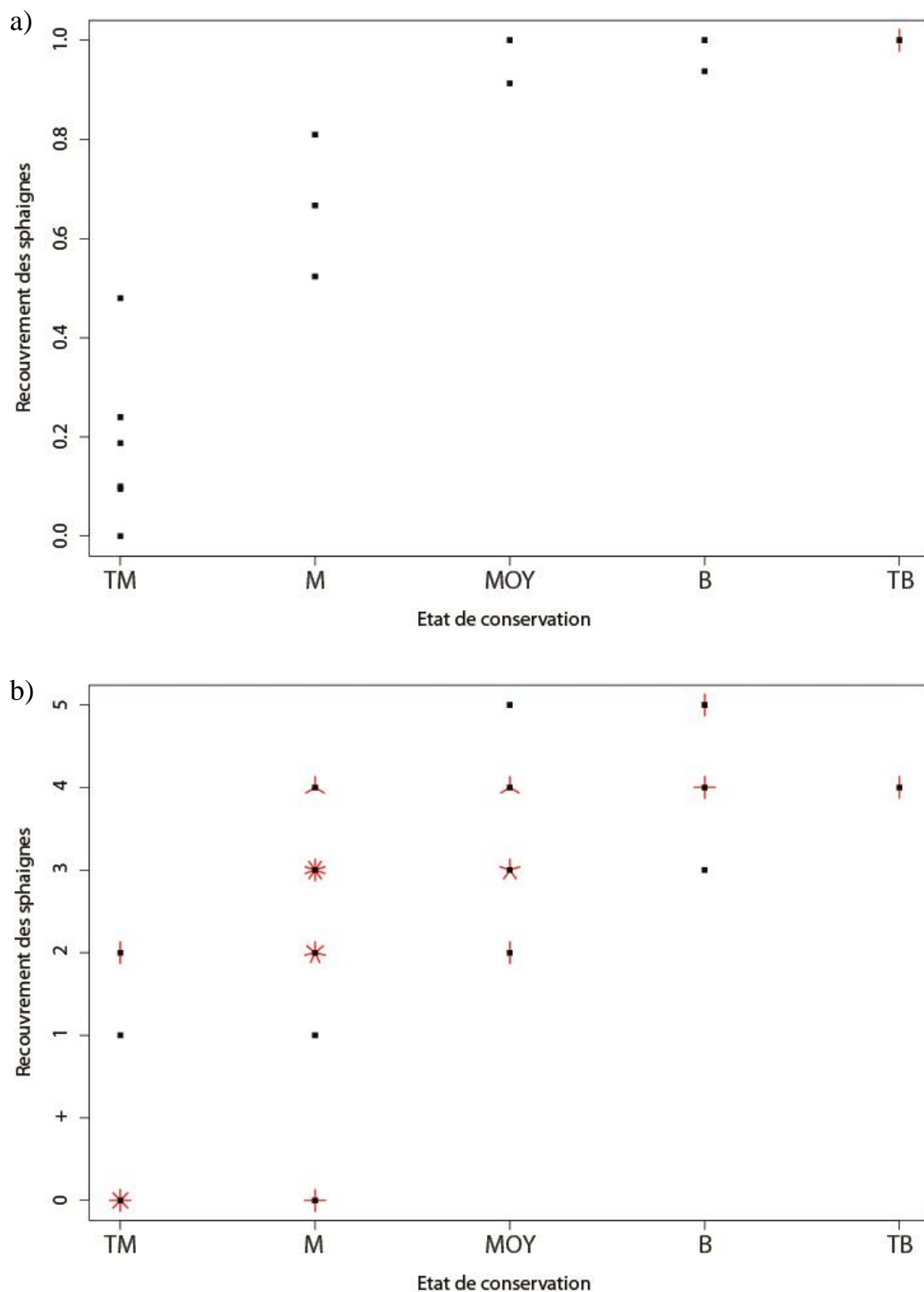
surestimées. Il est beaucoup plus difficile de mettre en évidence les résultats sur les tourbières hautes (codes UE : 7110* et 7120) du PNRPC, seule une légère tendance montre qu'un fort recouvrement en sphaignes est associable à un état plutôt bon. Le manque de compétence en bryologie ne permet pas d'explorer plus loin le potentiel de l'indicateur et des inventaires floristiques supplémentaires sont nécessaires pour savoir si le recouvrement des sphaignes, au moins celles citées plus haut, pourraient dissocier les états de conservations des tourbières hautes (codes UE : 7110* et 7120) et des tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140). Il faut également ajouter que pour ce dernier habitat, d'autres espèces de bryophytes que les sphaignes seront à inclure.

Concernant la récolte des données pour cet indicateur, que cela soit pour tester sa pertinence ou une fois que celui-ci sera opérationnel, il serait préférable d'avoir le recouvrement de chaque espèces de bryophyte en suivant un protocole type quadrillage ou transect. Comme il n'est pas toujours évident de déterminer ces espèces sans connaissance en bryologie, il est possible d'utiliser un protocole alternatif plus simple mais fournissant des résultats moins fins et utilisable que sur les hauts-marais. Sur ces habitats, les espèces turfigènes présentes des colorations rouge ou brune facilitant leur identification. À défaut d'avoir le nom des espèces, il sera alors possible de distinguer les sphaignes présentant des colorations rouges ou brunes, qui son turfigènes et les sphaignes vertes qui ne le sont pas.

Une fiche de synthèse permettant de déterminer les sphaignes turfigènes sera intégrer dans la prochaine version de la méthode

Structure et fonctionnement	Composition spécifique - flore	Recouvrement en bryophytes turfigènes	Protocole encore à définir – Estimation visuelle	Remarque : Mise en place d'un guide d'identification simplifié. Tests complémentaires à apporter afin d'identifier d'éventuelles redondances entre indicateurs.
-----------------------------	--------------------------------	---------------------------------------	--	--

Indicateurs en construction première propositions d'espèces à développer.



Figures 18a et 18b : recouvrement des sphaignes en fonction de l'état de conservation des tourbières hautes (code UE : 7110* et 7120) (a) du PNRBV et (b) du PNRPC (TM : très mauvais ; M : mauvais ; MOY : moyen ; B : bon ; TB : très bon). Le nombre de barres rouge correspond au nombre de points superposés. ((a) ; N=15 ; Kruskal-Wallis chi-squared = 12.5364, df = 4, p-value = 0.01378) ((b) ; N=56 ; Kruskal-Wallis chi-squared = 34.7662, df = 4, p-value = 5.189e-07)

g. Indicateurs d'assèchement

Afin de proposer une alternative aux indicateurs du paramètre « hydrosystème », deux indicateurs avaient été soumis au comité d'experts pour évaluer le niveau d'eau et l'humidité du sol. Le premier était le « recouvrement des espèces indicatrices d'assèchement » qui pouvait se mesurer comme « l'indice floristique d'engorgement » (RhoMéO 2014) mais avec des espèces susceptibles de montrer un assèchement des habitats. Le deuxième indicateur était la « proportion d'habitat présentant des signes de dessiccation » qui consistait à mesurer la surface de l'habitat recouverte par des sphaignes desséchées (ce qui se traduit par un jaunissement des sphaignes) (Binnert 2012).

Ces deux indicateurs n'ont pas été conservés dans la méthodologie pour des raisons différentes. Pour l'indicateur « recouvrement des espèces indicatrices d'assèchement », sa suppression de la méthodologie est due à un temps de réponse trop long des habitats, c'est-à-dire que l'observation de façon significative de ces espèces indiquerait une perturbation du milieu qu'il aurait fallu détecter plus tôt. **De plus, au même titre que les indicateurs de niveau de l'eau, l'évaluation des perturbations anthropiques paraît plus pertinente pour mesurer l'assèchement.** Pour l'indicateur « proportion d'habitat présentant des signes de dessiccation », il s'avère qu'un régime de précipitations rapproché dans le temps suffit à maintenir les couleurs originelles des mousses et par conséquent à masquer l'assèchement réel.

h. Recouvrement des espèces indicatrices "d'érosion"

Un autre indicateur avait été proposé lors de la réunion avec le comité d'experts pour remplacer le recouvrement en sol nu : le recouvrement des espèces indicatrices "d'érosion". Le souchet gazonnant (*Trichophorum cespitosum* (L.) Hartm.) avait été cité comme une espèce indicatrice de piétinement. Ni cette espèce ni aucune autre a priori n'ont pu être mise en évidence avec les analyses mais les données montrent qu'il est possible d'avoir le souchet gazonnant et le sol nu sur un même habitat. Cela suggère qu'à défaut de remplacer l'indicateur « recouvrement en sol nu », l'indicateur « recouvrement des espèces indicatrices de piétinement » peut potentiellement le compléter.

Lors du premier comité de pilotage, l'indicateur « espèces indicatrices de piétinement » avait été proposé en substitut de celui sur le recouvrement en sol nu. Des observations durant la phase de terrain ont montré qu'il était possible de rencontrer sur un même habitat du sol nu et des espèces indicatrices de piétinement. Il a par conséquent été proposé d'intégrer ces deux indicateurs dans le tableau.

Le nard raide (*Nardus stricta*) et le souchet gazonnant (*Trichophorum cespitosum*) paraissent être de bonnes espèces à intégrer dans la méthodologie. Cependant, le terme d'« indicatrices de piétinement » n'est pas adapté. En effet, autant le nard est une espèce typiquement associée à un surpiétinement, autant le souchet gazonnant peut aussi être indicatrice d'incendie ou de drainage selon la structure qu'elle adopte (un recouvrement linéaire de l'espèce indique une surfréquentation). Un regroupement de ces espèces sous la dénomination « indicatrices d'érosion », que pourrait également intégrer la linaigrette à feuilles étroites (*Eriophorum angustifolium*) ou *Carex panicea*, est préférable en apportant des précisions sur le contenu et l'utilisation de l'indicateur.

Lors du développement des tests sur le terrain il est important de préciser les éventuelles redondances entre les termes : espèces indicatrices « d'érosion » et « de piétinement » et l'indicateur « recouvrement sol nu ».

Structure et fonctionnement	Composition spécifique - flore	Recouvrement des espèces indicatrices "d'érosion"	Protocole encore à définir – Estimation visuelle	Remarque : Tests complémentaires à apporter afin d'identifier d'éventuelles redondances entre indicateurs.
-----------------------------	--------------------------------	---	--	--

Indicateurs en construction première propositions d'espèces à développer.

i. Recouvrement des espèces de haut-marais

L'analyse effectuée sur les données récoltées sur les tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140) révèle que la présence d'élément de haut-marais comme l'andromède à feuille de polium (*Andromeda polifolia*) ou la canneberge (*Vaccinium oxycoccos*) peut être associable aux états de conservation les plus défavorables. Bien que le manque de données, surtout pour les habitats dans des états défavorables, empêche la confirmation des résultats, la question de tester un indicateur « recouvrement des espèces de haut-marais » sur les tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140) se devait d'être posée.

Vaccinium oxycoccos est une espèce qu'il est possible de retrouver en bas-marais ce qui n'en fait pas une espèce indicatrice pertinente. *Andromeda polifolia* peut par contre être envisagée comme une espèce marquant la transition de l'habitat vers un haut-marais. L'indicateur « recouvrement

des espèces de haut-marais » paraît par conséquent intéressant à tester sur les tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140).

Indicateur peut être intéressant à tester sur les tourbières de transition et tremblantes (code UE 7140) pour indiquer une progression du haut-marais au détriment de l'habitat 7140. *Andromeda polifolia* serait une bonne candidate pour rejoindre cet indicateur.

Structure et fonctionnement	Composition spécifique - flore	Recouvrement des espèces de haut-marais	Protocole encore à définir – Estimation visuelle	<p>Première liste d'espèces : <i>Andromeda polifolia</i> et <i>Vaccinium oxycoccos</i></p> <p>Remarque : Tests complémentaires à apporter afin d'identifier d'éventuelles redondances entre indicateurs.</p>
-----------------------------	--------------------------------	---	--	--

Indicateurs en construction première propositions d'espèces à développer

4.3.2. Composition spécifique – faune

a. *Arachnides / Odonates / Lépidoptères / Diptères / Orthoptères*

Certaines espèces appartenant à ces groupes sont inféodées aux tourbières ; elles sont dites tyrphobiontes. Bien que leur absence sur un habitat ne soit pas forcément synonyme d'état de conservation non favorable, leur présence est signe d'une bonne qualité générale du milieu et par conséquent de nos habitats. C'est pourquoi on retrouve dans toutes les méthodologies SPN des indicateurs faunistiques utilisés comme bonus dans l'évaluation, à savoir que leur absence ne retire pas de points à la note finale mais que leur présence en rajoute (Carnino, 2009 ; Goffé, 2011 ; Lepareur, 2011 ; Lepareur *et al.*, 2013 ; Maciejewski *et al.*, 2013 ; Viry, 2013).

Il est bien entendu que ces indicateurs de composition faunistique doivent rester facultatifs dans l'évaluation et ne constituer qu'un bonus qui rendra compte d'un écosystème et non d'un habitat de la directive sauf éventuellement pour les tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140) mais cela reste à vérifier. Un certain nombre de précautions doivent être définies pour que les espèces conservées dans les indicateurs soient celles les plus en lien avec l'état de conservation des habitats et non simplement avec un intérêt patrimonial.

Ces indicateurs n'ont pas été testés sur le terrain mais une liste d'espèces pouvant les intégrer est proposée en annexe IV (listes issues de la bibliographie - en cours de vérification par les experts concernés). Aucun protocole d'inventaire n'est pour l'instant fixé ce qui laisse la possibilité aux utilisateurs de travailler avec les données dont ils disposent. Des exemples sont néanmoins consultables en annexe I, II, III.

À l'heure actuelle aucune méthode pragmatique d'utilisation n'est proposée, mais il est possible aux gestionnaires d'inclure dans la méthode des indicateurs sur la faune s'ils possèdent les connaissances nécessaires pour leur utilisation et leur interprétation. Les données de ces indicateurs pourront être utilisées dans le cadre de l'évaluation et le suivi (art 17 et 11) des espèces au niveau biogéographique dans le cadre de la DHFF.

4.3.3. Intégrité structurale

a. Recouvrement en sol nu

La végétation des tourbières, en premier lieu les sphaignes, est sensible aux conséquences liées à la fréquentation humaine ou à celle du bétail (Manneville *et al.* 2006). Une fréquentation modérée entraîne un tassement léger de la tourbe qui favorise les communautés pionnières tandis qu'une surfréquentation détruit la végétation et entraîne un tassement du sol qui peut empêcher la régénération des espèces (*ibid.*).

Le sol mis à nu a pu être observé dans les deux régions prospectées, à la fois sur les tourbières hautes (codes UE : 7110* et 7120) et les tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140), pendant la phase de terrain mais sa présence était soit exceptionnelle soit avec des recouvrements très faibles ce qui explique qu'il n'apparaisse pas dans les résultats.

Il s'avère que la présence de sol nu sur les tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140) relève plus du cas particulier et est difficilement transposable à d'autres sites où l'habitat est présent. Le fait est qu'il a pu être observé sur ces habitats durant la phase de terrain notamment sur l'Estany de la Pradella à Angoustrine-Villeneuve-des-Escaldes (66). La présence de sol nu n'est pas stable dans le temps et les causes dont elle découle est potentiellement vérifiable à l'aide d'autres indicateurs (notamment des indicateurs d'érosion de la tourbe). Il n'est cependant pas prévu de retirer à court terme le recouvrement de sol nu pour cet habitat, le temps de pouvoir appuyer les propos de ce paragraphe avec plus de données.

Bien que l'étude de la bibliographie et les discussions avec les experts montrent une certaine pertinence de l'indicateur pour le projet, les données récoltées ne sont pas suffisantes pour apporter une confirmation.

NB : L'indicateur n'a pas été testé sur les dépressions sur substrats tourbeux du *Rhynchosporion* (code UE : 7150) mais il est impératif de prendre en considération qu'à la différence des autres habitats traités, la présence de sol nu est une caractéristique déterminante de l'habitat (l'habitat se doit en d'autres termes avoir une certaine proportion de sa surface en sol nu).

b. Proportion d'habitat déstructuré

Tout comme la surfréquentation des hommes et du bétail entraîne l'apparition de sol nu, elle peut également être responsable d'une déstructuration de l'habitat sous forme de tourbe déchaussée ou enfoncée (Manneville *et al.* 2006). Le drainage provoque aussi une déstructuration de l'habitat sous forme de fissures dues à l'affaissement de la tourbe (Manneville *et al.* 2006 ; Cholet et Magnon 2010).

Les analyses effectuées ne permettent de dégager qu'une tendance sur les tourbières hautes (codes UE : 7110* et 7120) pyrénéennes quant à la capacité de l'indicateur à discriminer les états de conservation. Des données complémentaires sont nécessaires mais les informations issues de la littérature soutiennent le maintien de cet indicateur dans la méthodologie.

4.3.4. Évolution de la profondeur de la tourbe

La tourbe étant un élément indispensable à l'existence d'une tourbière, suivre sa profondeur semble logique, d'autant que l'avenir des tourbières face aux changements climatiques est incertain (Moore 2002 ; Dise 2009). Néanmoins, l'indicateur n'a pas été conservé dans la méthodologie, la significativité des données n'étant observable que sur des échelles de temps très longues incompatibles avec notre démarche.

4.4. Altération

4.4.1. Atteintes « diffuses » au niveau du bassin versant ou du site / Atteintes « lourdes » (estimables en terme de surface)

a. Atteintes dont l'impact est difficilement quantifiable en surface / Recouvrement des atteintes en pourcentage

Ces deux indicateurs sont souvent utilisés dans les approches méthodologiques d'évaluation de l'état de conservation au MNHN-SPN (Carnino 2009 ; Goffé 2011 ; Lepareur *et al.* 2013 ; Maciejewski *et al.* 2013 ; Viry 2013). Ils permettent aux gestionnaires d'intégrer à la notation les atteintes anthropogéniques portées sur les milieux, ces problèmes étant parfois localisés. Si ces atteintes peuvent être identifiées uniquement de par leur présence, l'indicateur « atteintes dont l'impact est difficilement quantifiable en surface » sera renseigné. Si au contraire, il est possible de mesurer la surface impactée par l'atteinte, l'indicateur « recouvrement des atteintes en pourcentage » sera renseigné.

Plusieurs activités anthropiques ont pu être répertoriées sur les tourbières hautes (codes UE : 7110 et 7120) et les tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140) : la présence de drain, de pâturage, d'exploitation de tourbe, de pistes de ski, de rejet d'eau ménager et la surfréquentation humaine. Pendant la phase de terrain, le drainage et l'exploitation de tourbe, considérés initialement dans l'indicateur « recouvrement des atteintes », ont été considérés au regard de l'indicateur « atteintes dont l'impact est difficilement quantifiable ». Le fait est qu'il n'a pas été possible de mesurer la surface drainée ou exploitée pour la tourbe.

Le drainage est utilisé pour permettre l'installation d'autres activités humaines comme l'agriculture ou la sylviculture, souvent économiquement peu rentable (Manneville *et al.* 2006 ; Cholet et Magnon 2010). Le drainage a pour conséquence principale de diminuer le caractère humide de la zone et entraîne une minéralisation de la tourbe qui va changer les communautés végétales (Manneville *et al.* 2006).

Le pâturage peut être responsable d'un piétinement intensif des tourbières et d'une partie du déchaussement de la tourbe, d'un abroustissement d'espèces que l'on souhaite conserver et d'une eutrophisation des milieux par les excréments (Cholet et Magnon 2010). Selon la gestion, le pâturage peut aussi avoir des avantages : le piétinement et le déchaussement peuvent maintenir des groupements végétaux pionniers, l'abroustissement peut limiter la dynamique de certaines

espèces comme la molinie et les excréments sont un milieu de vie pour certaines espèces et un vecteur de dissémination des graines (*ibid.*).

Si l'exploitation traditionnelle, familiale et manuelle de la tourbe n'a souvent eu que des effets limités sur les tourbières, il n'en est pas de même de l'exploitation industrielle (Manneville *et al.* 2006). Celle-ci est souvent responsable de la destruction pure et simple de l'habitat allant jusqu'à l'impossibilité à celle-ci de se régénérer (*ibid.*).

La présence d'un domaine skiable au niveau des tourbières peut les impacter de nombreuses manières et plus ou moins directement (Cholet et Magnon 2010). La création et la modification des pistes de ski, des accès au domaine, des infrastructures, de l'urbanisation, la production et l'entretien de neiges artificielles, les pratiques et l'entretien hivernal et estival des pistes sur le site sont autant d'activités qui peuvent endommager les tourbières (*ibid.*). Les impacts potentiels sont la fragmentation voire la destruction des communautés végétales et des habitats, la modification du fonctionnement hydrologique du site et donc des habitats, la modification de la qualité des eaux d'alimentation et la génération de pollutions diverses (*ibid.*).

Les réseaux d'assainissement peuvent occasionner des dégradations dans les tourbières si les eaux y sont rejetées (une eau plus riche entraîne un changement des communautés végétales). C'est une explication très probable des observations qui ont été faites sur la tourbière d'Ecromagny (70) où l'habitat « tourbière de transition et tremblante (code UE : 7140) montrait une présence effective d'espèces comme la massette (*Typha latifolia*) qui se développe sur des milieux riches sur le plan trophique (Julve 1998 ; Lambinon *et al.* 2012).

Quant à la surfréquentation, celle-ci induit des impacts sur les habitats qui ont déjà été énoncés ultérieurement à savoir l'écrasement de la végétation, le tassement et le déchaussement de la tourbe entraînant la destruction de la végétation et des habitats (Manneville *et al.* 2006).

Parmi les atteintes relevées, la présence de drain, de pâturage et de pistes de ski semblent être celles qui influencent le plus l'état de conservation à dire d'experts des tourbières hautes (codes UE : 7110 et 7120). La présence des drains n'a été observée que sur les habitats du PNRBV et celle de pistes de ski que sur les habitats du PNRPC ce qui ne veut évidemment pas dire que ces deux atteintes ne se rencontrent pas dans les deux régions à la fois. La présence de pâturage sur les habitats du PNRBV n'a pu être observée qu'à deux reprises sur l'ensemble de la région ce qui explique que l'atteinte ressorte peu dans nos analyses (ACP, Fig.10 et 11) pour les habitats de cette région. Les tourbières du PNRBV sont cependant bien moins pâturées que celles du

PNRPC. Pour les tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140), les analyses mettaient surtout en avant les rejets d'eau et le drainage pour les états de conservation les plus défavorables bien que le manque d'habitats dans ces états demande à généraliser les résultats avec prudence.

Les atteintes prises en compte par ces indicateurs posent un certain nombre de problème. Tout d'abord, les potentiels impacts qu'elles engendrent peuvent déjà être mesurés par les autres indicateurs ce qui peut créer une certaine redondance. Les analyses ne permettent de confirmer cette affirmation qu'avec deux corrélations fiables : la présence de pistes de ski au niveau des habitats du PNRPC est corrélée positivement avec le recouvrement des ligneux bas et négativement avec le recouvrement des sphaignes et la hauteur du pin à crochets ce qui peut s'expliquer par les effets du drainage, de la fréquentation et de l'entretien des pistes de ski. On peut tout aussi bien supposer que la présence d'une atteinte sur un site peut avoir lieu sans que les conséquences sur l'habitat ne se soient encore manifestées. C'est pourquoi si l'on veut conserver la présence de pâturage, de drain, de pistes de ski, la surfréquentation, l'exploitation de tourbe ou le rejet d'eau dans l'un de ces deux indicateurs, il est nécessaire, d'une part, d'être certain que ces activités portent ou vont porter atteintes aux habitats d'un site et, d'autre part, atténuer le poids de ces atteintes dans l'attribution de l'état de conservation des habitats. Cet indicateur « altérations » se présente donc comme un « signal d'alerte » qui incite les gestionnaires à développer leur suivi dans ces sites.

Ci-dessous seront présentées les atteintes principales (les plus dommageables pour l'état de conservation des habitats et les plus fréquentes) et les plus faciles à renseigner. Mais cette liste n'est pas exhaustive, l'opérateur ayant la possibilité d'ajouter d'autres atteintes si elles remettent en cause l'état de conservation de l'habitat. Une catégorie « autres atteintes » est envisagée pour cela. À noter qu'il sera également possible d'utiliser, pour renseigner ces atteintes, des résultats d'études spécifiques lorsqu'elles seront disponibles.

Cette liste (Tab. 3) n'est pas exhaustive, l'opérateur ayant la possibilité d'ajouter d'autres atteintes si elles influent sur l'état de conservation de l'habitat. L'impact de ces atteintes sera estimé par observation directe sur le terrain par l'opérateur ou le gestionnaire, ainsi que grâce aux études locales ou à des photographies aériennes.

Tableau 3 : Listes des atteintes pour tous les habitats

Atteintes au niveau du site	Points
Présence de drain	2
Présence de pâturage	1
Exploitation de tourbe	2
Pistes de ski	1
Rejet d'eau ménager	1
Surfréquentation humaine	1

Atteintes	Somme des points des atteintes relevées = 0
	Somme des points des atteintes relevées = 1
	Somme des points des atteintes relevées = 2
	Somme des points des atteintes relevées = 3
	Somme des points des atteintes relevées = 4

Tableau de synthèse final

PARAMÈTRE	CRITÈRE		INDICATEUR	METHODE	ECHELLE	HABITATS CONCERNÉS	MODALITE
Surface couverte	Surface de l'habitat		Évolution de la surface couverte (indiquer les causes de l'évolution)	Comparaison diachronique à l'aide d'un logiciel SIG/ Passage de terrain pour vérification	Site	Tous	Stabilité ou évolution progressive
							Régression
Structure et fonctionnement	Composition spécifique	Flore	Recouvrement des ligneux hauts	Estimation visuelle	ZH tourbeuse	Tous sauf 7150	À définir
			Recouvrement des ligneux bas	Estimation visuelle	ZH tourbeuse	Tous sauf 7150	À définir
			Recouvrement des faciès à <i>Eriophorum angustifolium</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , ...	Estimation visuelle	Habitat	Tous sauf 7150	À définir
			Indicateur espèces eutrophiles	Relevé flore	ZH tourbeuse	Tous sauf 7150	À définir
			Recouvrement de la molinie	Estimation visuelle	ZH tourbeuse	Tous sauf 7150	À définir
			Recouvrement de la surface par les bryophytes turfigènes	Relevé d'espèces	ZH tourbeuse	Tous sauf 7150	À définir
	Intégrité structurale		Recouvrement en sol nu (%)	Estimation visuelle (ou SIG)	Habitat	Tous sauf 7140	À définir
			Proportion d'habitat déstructuré	Estimation visuelle	ZH tourbeuse	Tous	À définir
	Altérations	Atteintes "diffuses" au niveau du bassin versant ou du site		Atteintes dont l'impact est difficilement quantifiable en surface (surfréquentation, surpâturage,...)	Recueil à l'échelle du site (avis opérateur et gestionnaire, études locales, dire d'experts)	Site	Tous
Atteintes moyennes (ponctuelles, maîtrisées)							
Atteintes importantes, dynamique de l'habitat remis en cause							

	Atteintes "lourdes" (estimables en terme de surface)	Recouvrement des atteintes en % (drainage, extraction de la tourbe, pratiques agricoles en amont, artificialisation autour de la tourbière, décharge sauvages, incendies intenses,...)	Estimation visuelle ou à dire d'expert du pourcentage de la surface du site impactée par les atteintes	Site	Tous	Somme des points des atteintes relevées = 1
						Somme des points des atteintes relevées = 2
						Somme des points des atteintes relevées = 3
						Somme des points des atteintes relevées = 4

Perspectives et conclusion

La réflexion méthodologique sur l'évaluation de l'état de conservation des habitats à l'échelle d'un site a été engagée au sein du MNHN en 2008, les premiers habitats étudiés ont été les habitats forestiers (Carnino, 2009). Plusieurs méthodes se sont suivies pour les autres types d'habitats en s'appuyant sur des grands principes retenus dans cette première méthode.

Sans perdre de vue cette méthodologie nous avons essayé de nous rapprocher au plus près des besoins pour l'évaluation des habitats de tourbières acides à sphaignes avec l'aide des travaux déjà réalisés sur ces habitats par nos partenaires. Toute la difficulté est encore de consolider cette méthodologie avec des données complémentaires dans le cadre d'autres campagnes de terrains dans d'autres régions biogéographiques (tourbières d'altitudes alpines ou de plaines en Picardie et Bretagne). Un des points forts de ces méthodes est également sa simplicité d'utilisation. En effet, nous avons fait le choix d'indicateurs simples, où il est possible d'utiliser des données faciles à recueillir pour répondre à l'évaluation de l'état de conservation, afin de la rendre accessible au plus grand nombre. Il reste évidemment possible d'utiliser des données plus élaborées afin de remplir la grille d'analyse. Cette première version est rédigée pour mettre en exergue notre progression mais aussi nos manques dans le but de solliciter la contribution des gestionnaires de sites naturels à éprouver la méthodologie et à nous renvoyer leurs résultats et retours d'expériences. De son côté, le SPN continuera également à tester les indicateurs dans d'autres régions, les résultats, combinés aux retours d'autres contributeurs, devant ensuite permettre la rédaction d'une deuxième version plus consolidée.

Cette étude s'est en partie basée sur les résultats des relevés réalisés pendant la phase de terrain dans le massif vosgien et dans les Pyrénées Catalanes. La méthodologie ayant une portée nationale, il est nécessaire de tester la pertinence des indicateurs sur le terrain dans d'autres régions de France. Cela permettrait de vérifier si la méthode tient compte de toutes les spécificités de ces habitats et d'y apporter les ajustements si nécessaires. De plus la multiplication des points de relevés nous permettra de proposer les seuils aux différents indicateurs proposés dans le cadre de ce document.

Les analyses ont permis de montrer l'intérêt de certains indicateurs à savoir le recouvrement des ligneux bas, la présence de certaines altérations et le recouvrement de la molinie mais des données supplémentaires restent nécessaires pour confirmer ou infirmer les résultats obtenus d'un point de vu statistiques. Outre le besoin de données concernant les indicateurs qui n'ont pas

pu être testé durant la première phase de terrain, l'attente réside sur les dépressions sur substrats tourbeux du *Rhynchosporion* (code UE : 7150) qui n'ont pas été échantillonné et dont la typologie doit être précisée, sur les tourbières hautes (code UE : 7110* et 7120) dans les états de conservation les plus favorables qui ont été sous représentées dans les analyses et sur les tourbières de transition et tremblantes (code UE : 7140) dans les états les plus défavorables, également sous représentées.

La méthode présentée dans ce document pourra donc être complétée et précisée au fur et à mesure des retours d'expériences et selon l'avancée des connaissances. Une fois achevée et validée, cette méthode fondée sur une liste réduite mais réaliste de critères et indicateurs les plus objectifs possibles et assez simples, apportera une aide précieuse aux opérateurs Natura 2000. Simple et pragmatique, cette méthode fournira à terme un cadre homogène pour évaluer l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire et pourra s'appliquer à tous les types d'habitats tourbeux, y compris hors Directive, et ainsi enrichir les connaissances globales sur l'état de ces habitats sur l'ensemble du territoire.

Les données ainsi récoltées, de par leur qualité et leur homogénéité, faciliteront d'autant mieux les évaluations et le suivi (art 17 et 11 de la DHFF) des habitats naturels à l'échelle biogéographique dans le cadre du rapportage à la Commission Européenne.

Les tests de terrain seront élargis cette année sur d'autres territoires en lien avec le CEN Picardie, et les CBNs Alpin et de Brest. Les résultats seront repris pour actualiser ce document dans le cadre d'une deuxième version. En parallèle un appel est lancé à toutes les personnes gestionnaires de territoire pour tester et pour confronter cette première version de la méthode aux particularités de leur territoire. Les retours de terrains nous sont indispensables pour développer, éprouver et adapter notre méthode à l'ensemble du territoire national.

Bibliographie

Anonyme, 2008. Article R414-11 du Code de l'environnement, modifié par le décret n°2008-457 du 15 mai 2008, art. 18, [en ligne]. <http://www.legifrance.gouv.fr>. Consulté le 04 mai 2014.

Armstrong, W., Boatman, D. J. 1967. Some field observations relating the growth of bog plants to conditions of soil aeration. *Journal of Ecology*. Vol. 55, No. 1, pp. 101-110.

Bensettiti, F., Gaudillat, V., Haury, J. (coord.). 2002. « *Cahiers d'habitats* » Natura 2000 : *Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire - Habitats humides*. Tome 3. Paris : La Documentation française. 457 p.

Bensettiti, F., Puissauve, R., Lepareur, F., Touroult J., Maciejewski L. 2012. *Évaluation de l'état de conservation des habitats et des espèces d'intérêt communautaire - Guide méthodologique*. Paris : Muséum national d'Histoire naturelle - Service du patrimoine naturel. 76 p.

Binnert, C. 2012. *Stratégie d'évaluation et de suivi de l'état de conservation des zones tourbeuses d'altitude - Le cas de la réserve naturelle nationale de Nobèdes*. Mémoire de fin d'études de la formation des ingénieurs forestiers : Biologie : s.l. : AgroParisTech – ENGREF. 120 p.

Bragazza, L., Gerdol, R. 2002. Are nutrient availability and acidity-alkalinity gradients related in Sphagnum-dominated peatlands?. *Journal of Vegetation Science*. Vol. 13, pp. 473-482.

Braun-Blanquet, J. 1964. *Pflanzensoziologie. Grundzüge der vegetationskunde*. Edition 3. Wien (Österreich): Springer. 865 p.

Carnino, N. 2009. *État de conservation des habitats forestiers d'intérêt communautaire à l'échelle du site - Méthode d'évaluation et Guide d'application*. Paris : Muséum national d'Histoire naturelle - Service du patrimoine naturel. 113 p.

Cholet, J., Magnon, G. 2010. *Tourbières des montagnes françaises - Nouveaux éléments de connaissance, de réflexion & de gestion*. Orléans : Fédération des Conservatoires d'Espaces naturels. 188 p.

Conseil de la CEE. 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*. Dernière modification : directive 2006/105/CE du Conseil du 20 novembre 2006 publié au JO UE du 20.12.2006.

Conseil de la CEE. 1979. *Directive 79/409/CEE du Conseil du 2 avril 1979 concernant la conservation des oiseaux sauvages*. Dernière modification : directive 2006/105/CE du Conseil du 20 novembre 2006 publié au JO UE du 20.12.2006.

Cusel, C., Lamers, L. P., Van Wirdum, G., Kooijman, A. M. 2013. Impacts of water level fluctuation on mesotrophic rich fens: acidification vs. Eutrophication. *Journal of Applied Ecology*. Vol. 50. pp. 998-1009.

Demaret, L. 2012. *Évaluation de la mise en œuvre du plan de gestion de la Réserve Naturelle de la Tourbière de Machais : caractérisation des conséquences de la gestion sur l'état de conservation des principaux milieux : tourbeux et forestiers*. Mémoire de master Biologie et Écologie pour la Forêt, l'Agronomie et Génie de l'Environnement spécialité Fonctionnement et Gestion des Écosystèmes : Écologie : Nancy : Université Nancy I. 65 p.

Dise, N. B. 2009. Peatland Response to Global Change. *Science*. Vol. 326. pp. 810-811.

Ellmauer, T., Essl, F. 2005. *Entwicklung von Kriterien, Indikatoren und Schwellenwerten zur Beurteilung des Erhaltungszustandes der Natura 2000-Schutzgüter*. Wien (Österreich): Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und der Umweltbundesamt GmbH. 618 p.

Ferland, C., Rochefort, L. 1997. Restoration techniques for Sphagnum-dominated peatlands. *Canadian Journal of Botany*. Vol. 75. pp. 1110-1118.

Glatron, S. 1997. *Qu'est-ce qu'un expert?*, Vacarme, 3: 26-27

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*. Paris : Muséum national d'Histoire naturelle - Service du patrimoine naturel. 67 p.

Goubet, P., Thebaut, G., Petel, G. 2004. Les modèles théoriques de développement des hauts-marais : un outil pour la gestion conservatoire des tourbières. *Géocarrefour*. Vol. 79, No. 4. pp. 303-315.

Goubet, P. 2011. *Mise en place d'un suivi des habitats tourbeux du secteur de Néouvielle (Vielle-Aure, Hautes-Pyrénées) : Cadre, objectifs et outils*. s. l. : Cabinet Pierre Goubet, Parc national des Pyrénées. 83 p.

Goubet, P. 2014. *Méthodologie de mise en place d'un suivi significatif de la turfigenèse*. s. l. : Cabinet Pierre Goubet, Conservatoire des espaces naturels de Lorraine. 19 p.46

Inventaire national du patrimoine naturel (INPN). 2014. *Évaluation de l'état de conservation*. [En ligne]. Consulté le 04 mai 2014. URL : <http://inpn.mnhn.fr/programme/evaluation-etat-conservation/presentation>

Joosten, H., Clarke, D. 2002. *Wise use of mires and peatlands – Background and principles including a framework for decision-making*. Greifswald (Allemagne) : International Mire Conservation Group ; Jyväskylä (Finlande) : International Peat Society. 304 p.

Julve, P. 1998. *Flore et végétation de la France : CATMINAT*. [en ligne]. Consulté le : 21/08/2014. URL : <http://philippe.julve.pagesperso-orange.fr/catminat.htm>

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

Lambinon, J., Delvosalle, L., Duvigneaud, J. 2012. *Nouvelle flore de la Belgique, du G.-D. de Luxembourg, du nord de la France et des régions voisines – 6^{ème} édition*. Meise (Belgique) : Patrimoine du Jardin botanique national de Belgique. 1195 pp.

Lepareur, F. 2011. *Évaluation de l'état de conservation des habitats marins à l'échelle d'un site Natura 2000*. Paris : Muséum national d'Histoire naturelle - Service du patrimoine naturel. 55 p.

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. Paris : Muséum national d'Histoire naturelle - Service du patrimoine naturel. 107 p.

Manneville, O., Vergne, V., Villepoux, O., le Groupe d'Etudes des Tourbières. 2006. *Le monde des tourbières et des marais – France, Suisse, Belgique, Luxembourg*. Paris : Delachaux et Niestlé. 320 p.47

Manneville, O. 2007. *Clé de terrain pour la détermination des bryophytes des tourbières et des marais (France, Suisse et Belgique)*. s. l. : Fédération des conservatoires d'espaces naturels. 40 p.

Maciejewski, L., Seytre, L., Van Es, J., Dupont P. 2013. *État de conservation des habitats agropastoraux d'intérêt communautaire : Méthode d'évaluation à l'échelle du site - Guide d'application*. Version 2. Paris : Muséum national d'Histoire naturelle - Service du patrimoine naturel. 179 p.

Moore, P. D. 2002. The future of cool temperate bogs. *Environmental Conservation*. Vol. 29, No. 1. pp. 3-20.

Noss R.F., 1990. *Indicators for Monitoring Biodiversity : A Hierarchical Approach*. Conservation Biology 4, 355–364.

RhoMéO. 2014. *La boîte à outils de suivi des zones humides*. s.l. : Conservatoire d'espaces naturels de Savoie. 254 p.48

Søgaard, B., Skov, F., Ejrnæs, R., Pihl, S., Fredshavn, J., Nielsen, K. E., Clausen, P., Laursen, K., Bregnballe, T., Madsen, J., Baatrup-Pedersen, A., Søndergaard, M., Lauridsen, T. L., Aude, E., Nygaard, B., Møller, P. F., Riis-Nielsen, T., Buttenschøn, R. M., 2007. Criteria for favourable conservation status in Denmark. *NERI Technical Report*. Aarhus : University of Aarhus. No. 647. 98 p.

Tison, J.-M., Jauzein, P., Michaud, H. 2014. *Flore de la France méditerranéenne continentale*. France, Naturalia Publications, Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles. 2080 p.

Tomassen, H. B. M., Smolders, A. J. P., Limpens, J. , Lamers, L. P. M., Roelofs, J. G. M. 2004. Expansion of invasive species on ombrotrophic bogs: desiccation or high N deposition? *Journal of Applied Ecology*. Vol. 41. pp. 139-150.

Trinder, C. J., Artz, R. R.E., Johnson, D. 2008. Contribution of plant photosynthate to soil respiration and dissolved organic carbon in a naturally recolonising cutover peatland. *Soil Biology & Biochemistry*. Vol. 40. pp. 1622-1628.

Turnhout, E., Hisschemoller, M. & Eijssackers H. 2007. Ecological indicators: Between the two fires of science and policy. *Ecological Indicators* 7, 215–228.

Van Groenendael, J. M., Roepers, R. G., Woltjer, I., Zweers, H. R. 1996. Vegetation succession in lakes of West Connemara, Ireland: comparing predicted and actual changes. *Journal of Vegetation Science*. Vol. 7. pp. 211-218.

Van Diggelen, R., Molenaar, W. J., Kooijman, A. M. 1996. Vegetation succession in a floating mire in relation to management and hydrology. *Journal of Vegetation Science*. Vol. 7, No. 6. pp. 809-820

Viry, D. 2013. *État de conservation des habitats humides et aquatiques d'intérêt communautaire. Méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000 - Guide d'application*. Version 1. Paris : Muséum national d'Histoire naturelle - Service du patrimoine naturel. 33 p.49

Bibliographie additionnelle (non citée mais ayant participé à la première sélection d'indicateur)

Bellman, H., Luquet G., 2009. – Guide des Sauterelles, Grillons et Criquets d'Europe occidentale. *Delachaux & Niestlé*, Lausanne-Paris. 383p.

Belyea, L. R. 1999. A novel indicator of reducing conditions and water-table depth in mires. *Functional Ecology*. Vol. 13, No. 3. pp. 431-434.

Bonnett, S.A.F., Ross, S., Linstead, C., Maltby, E. 2009. A review of techniques for monitoring the success of peatland restoration. *Natural England Commissioned Report*. Liverpool (Royaume-Uni) : University of Liverpool. No. 86. 189 p.

Booth, R. K., Hotchkiss, S. C., Wilcox, D. A. 2005. Discoloration of polyvinyl chloride (PVC) tape as a proxy for water-table depth in peatlands: validation and assessment of seasonal variability. *Functional Ecology*. Vol. 19. pp. 1040-1047.

Dorazio R. M., Royle J. A., Söderström B., Glimskär A. 2006. Estimating species richness and accumulation by modeling species occurrence and detectability. *Ecology* 87:842–854.

Dupont, P. 2014. Le Chronoventaire. Un protocole d'acquisition de données pour l'étude des communautés de Rhopalocères et Zygènes. Version 1. *Muséum National d'Histoire Naturelle*, Paris. Rapport SPN 2014 - 22. 47 pp.

Glatzel, S., Lemke, S., Gerold, G. 2006. Short-term effects of an exceptionally hot and dry summer on decomposition of surface peat in a restored temperate bog. *European Journal of Soil Biology*. Vol. 42. pp. 219-229.

Gorham, E., Rochefort, L. 2003. Peatland restoration: A brief assessment with special reference to Sphagnum bogs. *Wetlands Ecology and Management*. Vol. 11. pp. 109-119.

Grosvernier, P., Matthey, Y., Buttler, A. 1997. Growth Potential of Three Sphagnum Species in Relation to Water Table Level and Peat. *Journal of Applied Ecology*. Vol. 34, No. 2. pp. 471-483.50

Grosvernier, P., Staubli, P. 2009. Régénération des hauts-marais : Bases et mesures techniques. *L'environnement pratique*. Berne (Suisse) : Office fédéral de l'environnement (OFEV). No. 918. 98 p.

Lachance, D., Lavoie C. 2004. Vegetation of Sphagnum bogs in highly disturbed landscapes: relative influence of abiotic and anthropogenic factors. *Applied Vegetation Science*. Vol. 7, No. 2. pp. 183-192.

Lamers, L. P. M., Bobbink, R., Roelofs J. G. M. 2000. Natural nitrogen filter fails in polluted raised bogs. *Global Change Biology*. Vol. 6. pp. 583-586.

Langlois, D., Gilg, O. 2007. Méthode de suivi des milieux ouverts par les Rhopalocères dans les Réserves Naturelles de France. Réserve Naturelle de France. 34 p.

Lavoie, C., Marcoux, K., Saint-Louis, A., Price, J. S. 2005. The dynamics of a cotton-grass (*Eriophorum vaginatum* L.) cover expansion in a vacuum-mined peatland, southern Québec, Canada. *Wetlands*. Vol. 25, No. 1. pp. 64-75.

Manneville O., Vergne V., Villepoux O., 2006, seconde édition entièrement revue de l'édition de 1999. Le monde des tourbières et des marais. *Delachaux et Niestlé*, 320 p

Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie. 2014. *Natura 2000*. [En ligne]. Consulté le 10 mai 2014. URL : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Natura-2000,2414-.html>

Parc naturel régional des Ballons des Vosges. s. d. a. *Comprendre le Parc*. [En ligne]. Consulté le 13 mai 2014. URL : http://www.parc-ballons-vosges.fr/comprendre_parc/

Parc naturel régional des Ballons des Vosges. s. d. b. *Comprendre le Parc – le Parc en chiffres*. [En ligne]. Consulté le 13 mai 2014. URL : http://www.parc-ballons-vosges.fr/comprendre_parc/parc_chiffre.html

Parc naturel régional de la Brenne, Indre Nature. 2005. *Compléments du document d'objectifs site Natura 2000 n°FR2400535 "Vallée de l'Anglin et affluents"*. s.l. : PNR de la Brenne. 177 p.

Parc national des Pyrénées. 2004. *DOCOB Natura 2000 « Pégère, Barbat, Cambalès » (FR7300924) - Document de synthèse.* s.l. : Parc national des Pyrénées. vol. 1. 478 p.

Parc naturel régional des Pyrénées catalanes. s. d. a. *LE TERRITOIRE.* [En ligne]. Consulté le 22 mai 2014. URL : <http://www.parc-pyrenees-catalanes.fr/fr/presentation-du-territoire/>

Parc naturel régional des Pyrénées catalanes. s. d. b. *LES TOURBIÈRES : ATTENTION, FRAGILE !.* [En ligne]. Consulté le 22 mai 2014. URL : <http://www.parc-pyrenees-catalanes.fr/fr/les-tourbieres--attention-fragile-/>

Price, J. S., Whitehead, G. S. 2001. Developing hydrologic thresholds for Sphagnum recolonization on an abandoned cutover bog. *Wetlands*. Vol. 21, No. 1. pp. 32-40.

Price, A. G., Oxford, G. S., Selden, P. A. 2006. Epigeic spiders as ecological indicators of conservation value for peat bogs. *Biological Conservation*. Vol. 127. pp. 420-428.

Réserves naturelles catalanes. s. d. *Présentation.* [En ligne]. Consulté le 22 mai 2014. URL : http://www.catalanes.reserves-naturelles.org/siteweb_fran%C3%A7ais/reserves-naturelles-catalanes.htm

Wallisdevries, M. F., Van Swaay C. A. M., Plate, C. L. 2012. Changes in nectar supply: A possible cause of widespread butterfly decline. *Current Zoology*. 58 (3): 384-391

Annexes

Annexes 1 : Exemples de protocoles d'inventaires d'espèces faunistiques

Protocole RhoMéO (2014) d'inventaire des orthoptères

Description et principes du protocole : L'objectif du protocole est de réaliser un inventaire des orthoptères (criquets, sauterelles et grillons), des cicindèles et d'un perce-oreille de la zone humide le plus complet possible dans un minimum de temps. Pour obtenir la liste des espèces représentatives du tronçon de cours d'eau étudié, une prospection à vue est réalisée afin d'identifier les espèces, leur stade de développement et leur comportement reproducteur.

Méthode de mise en place :

Les points de suivis

Disposition

Dans un premier temps, il s'agit de disposer les points suivi de façon à ce qu'ils soient représentatifs du cours d'eau. À cet effet, il est nécessaire de s'appuyer sur des photographies aériennes et des cartographies d'habitats (code Corine, Natura 2000) et/ou des documents produits par l'inventaire des zones humides. Les annexes hydrauliques dans le lit mineur doivent être ciblées, qu'elles soient en connexion avec la nappe phréatique ou le cours principal. Dans le cas où une zone humide n'est pas connue par l'opérateur chargé de mettre en œuvre le protocole de suivi, le positionnement des points de suivis nécessite une reconnaissance de terrain.

Nombre

Le plan d'échantillonnage (nombre de points de suivi) n'est pas limité, il doit être adapté à la réalité topographique et écologique de la zone humide choisie : l'objectif est de disposer d'un échantillonnage représentatif des milieux ouverts créés par le cours d'eau au travers d'un minimum de deux points de suivi par type de milieux ouverts.

Surface et périmètre

La surface du point de suivi ne doit pas dépasser un hectare. Si besoin, positionner plusieurs points de suivi à proximité l'un de l'autre. L'aire du point de suivi (1 ha) peut s'apparenter à la

forme géométrique la mieux adaptée pour couvrir les habitats les plus favorables ou diversifiés. Elle peut donc former une placette carrée ou un linéaire de 5 mètres de largeur sur une longueur de deux kilomètres (en bordure d'un cours d'eau par exemple).

La prospection de terrain

Mode de prospection

Les relevés sont effectués au gré d'un parcours à marche lente visant à couvrir la totalité de la superficie du point de suivi hors couverture arborée et surface en eau. Les orthoptères sont généralement recherchés à vue et à l'ouïe, mais cette dernière technique n'est pas indispensable pour déceler la présence des espèces indicatrices de la dynamique de cours d'eau. Les espèces indicatrices d'orthoptères et de cicindèles sont recherchées à vue en priorité sur les berges nues, les étendues sableuses, graveleuses ou limoneuses sèches et humides, les surfaces à végétation clairsemée. Quant au perce-oreille des rives, sa présence est décelée en recherchant à vue sous les gros galets, les bois morts, les planches déposées par les crues sur les rives et les bancs de galets.

Durée

La durée de prospection sur chaque point de suivi est d'une heure minimum lorsque les habitats sont homogènes. Elle peut s'étendre à deux heures lorsque les habitats et peuplements d'espèces sont diversifiés, ou lorsque la détectabilité des individus est plus faible en raison de conditions météorologiques moins favorables. Le temps passé à la capture et à la détermination d'individus est décompté du temps d'observation. Si 3/4 d'heure ont suffi pour couvrir le point de suivi, le relevé est interrompu 1/4 d'heure plus tard lorsqu'aucune nouvelle espèce n'a été ajoutée. Les trois passages sont effectués en juin, juillet, août/septembre avec un minimum de trois semaines d'écart entre deux passages.

Référentiel taxonomique

La liste de référence des orthoptères de France est téléchargeable sur le site de l'ASCETE (www.ascete.org) et reprise sur le site de telaorthoptera (www.tela-orthoptera.org). Utiliser la version récente, produite en 2012. La liste de référence des autres espèces est basée sur le référentiel de l'INPN (Muséum National d'Histoire Naturelle) : <http://inpn.mnhn.fr/programmereferentieltaxonomique-taxref>

Autochtonie et compilation des données

Le calcul de l'indicateur nécessite de dresser des listes d'espèces sur chaque point de suivi. Une liste globale d'espèces autochtones est ensuite réalisée à partir de tous les relevés sur tous les points de suivi. Les listes dressées ne doivent comptabiliser que les espèces présumées autochtones. L'autochtonie est définie grâce aux données relatives au comportement reproducteur, stade de développement, abondance...L'observation d'un seul individu adulte à une seule reprise au cours de deux ans (ou trois ans en fonction du choix de la périodicité du suivi) ne peut être retenue.

Représentativité des données :

Précisions de l'information

La méthode proposée est peu sensible à la variabilité spatiale¹ ou temporelle² si le plan d'échantillonnage est bien construit, le calendrier phénologique et le nombre de passages respectés. Notons qu'au-delà de la variabilité induite par les opérateurs, il existe une fluctuation naturelle des effectifs, non négligeable chez certaines espèces d'orthoptères, qui deviennent nettement plus discrètes pendant la période que dure l'éclipse de leurs populations (possiblement une à trois années). Dans le but de réduire le biais inhérent aux aléas météorologiques (crues tardives, sécheresses...) ou aux fluctuations naturelles des effectifs, il est préconisé de réaliser le protocole trois années consécutives tous les dix ans ou bien deux années consécutives tous les six ans.

Représentativité de l'information collectée

Ainsi, la méthode s'est révélée suffisamment sensible. Sur plusieurs sites où des espèces sténoèces étaient déjà connues, les suivis Rhoméo ont permis de les détecter (par exemple *Cylindera arenaria* et *Xya variegata* sur le Buëch et l'Asse ; *Chorthippus pullus* et *Epacromius tergestinus ponticus* sur la haute-Durance).

¹ Variabilité spatiale : deux opérateurs ne passent pas exactement au même endroit

² Variabilité temporelle : deux opérateurs ne passent pas le même jour.

Protocole RhoMéO (2014) d'inventaire des odonates

Description et principes du protocole

L'objectif du protocole est de réaliser un inventaire du peuplement d'odonates de la zone humide le plus complet possible dans un minimum de temps en appliquant une pression d'observation calibrée et reproductible. Les données collectées sont des informations de présence/absence des espèces, complétées d'informations semi-quantitatives et qualitatives sur un réseau de points d'observation. L'échantillonnage est stratifié pour répartir la pression d'observation sur les différents habitats odonatologiques.

Méthode de mise en place

Définir l'univers d'échantillonnage

Il convient, avant d'engager la définition de l'échantillonnage, d'avoir une lecture critique des données d'inventaire des zones humides et le cas échéant de procéder à des regroupements de manière à conduire l'évaluation à la bonne échelle. Les cas suivants ont été rencontrés sur les sites tests :

- Zone humide attenante à une masse d'eau de type lac : vérifier que l'interface entre la masse d'eau et la zone humide (partie du lac de profondeur inférieure à 3 m abritant des formations d'hélophytes et d'hydrophytes) est bien intégrée dans la zone humide. Dans le cas où plusieurs zones humides attenantes au lac ont été définies séparément, les réunir dans un seul polygone rassemblant toutes les zones humides riveraines et la frange peu profonde du lac pour définir l'univers d'échantillonnage ;
- Zone humide alluviale : souvent la masse d'eau (= le cours d'eau) est exclue de l'enveloppe zone humide. Il convient, comme pour les lacs, d'intégrer toutes les zones d'interface des berges et parties peu profonde dans l'univers d'échantillonnage. Afin de simplifier le travail de délimitation, il est préconisé d'intégrer l'ensemble du chenal du cours d'eau. Ces zones humides alluviales posent également d'autres questions : D'une part celle permettant de délimiter les limites d'échantillonnage dans le cas de système peu anthropisé. On conseillera dans ce cas de recourir à la méthode de définition des secteurs fonctionnels sur un cours d'eau (AMOROS et PETTS, 1993). A l'inverse, dans le cas de plaines alluviales très anthropisées, chaque petite zone humide vestigiale est le plus souvent cartographiée séparément, alors que fonctionnellement chacune fait partie d'un système beaucoup plus vaste orchestré par le cours d'eau au travers de sa nappe phréatique d'accompagnement et éventuellement de l'inondation périodique. Ici encore, la

définition de l'univers d'échantillonnage par la réunion des différentes petites zones humides résiduelles et du chenal du cours d'eau du secteur fonctionnel est recommandée.

- Enfin, le cas des constellations de petites zones humides (marais, mares...), souvent héritées d'une zone humide antérieure plus vaste, réduite ou fragmentée par drainage ou mise en culture, peut être traitée de la même manière en construisant un univers d'échantillonnage unique réunissant l'ensemble du réseau. Dans ces deux derniers cas de zones humides fragmentées, cette méthode facilite la mise en place d'un nombre de points d'observation suffisant pour atteindre une validité correcte de l'échantillonnage.

Plan d'échantillonnage

Pour décrire la richesse totale de la zone humide, il est nécessaire d'échantillonner tous les types d'habitats disponibles pour les odonates. Il convient donc d'avoir au préalable une connaissance suffisante de la zone humide et des habitats odonatologiques présents (SFO, 2001 ; GRAND et BOUDOT, 2006 ; DELIRY 2008). Il est important de souligner que cette notion d'habitat odonatologique ne se superpose pas à la notion d'habitat au sens de la végétation ou de la phytosociologie. Des nuances ont été apportées à la typologie SFO de manière à optimiser la qualité de l'échantillonnage, notamment pour :

- les milieux alluviaux : le degré de connexion au chenal des annexes ;
- l'altitude : notion d'étages bioclimatiques.

Une cartographie des surfaces en eau est réalisée à l'aide de cartes topographiques, de photographies aériennes et d'une visite préalable du site. Dans l'idéal, les différents habitats odonatologiques identifiés lors de la reconnaissance terrain servent de typologie à cette cartographie. Une fois ce travail d'identification des habitats odonatologiques effectué et avant de se lancer dans la mise en place effective du plan d'échantillonnage et des relevés de terrain, il est recommandé de vérifier que la liste d'espèces attendues sur cette zone comporte bien des espèces à fort lien avec les habitats de la zone humide. (cf fiche A10, calcul de l'indicateur, «paragraphe» construction de la liste d'espèces attendues). En effet, dans quelques cas de zones humides situées dans des départements à la faune odonatologique assez pauvre et ne présentant qu'un seul habitat odonatologique, cette liste ne comporte aucune espèce de ce type et l'indicateur ne peut alors être calculé. Dans ce cas, il est inutile de lancer la collecte des données. Le plan d'échantillonnage s'appuie sur la liste des habitats odonatologiques identifiés sur la zone humide. Au sein de chaque habitat, au moins 3 points d'observation seront mis en place et idéalement 6. Dans le cas d'habitats odonatologiques présentant des nuances significatives (cas des cours d'eau

et annexes hydrauliques fluviales courantes), notamment avec les différents faciès du chenal, «radier» et «mouille», on s'attachera à répartir les points de suivi de manière à échantillonner ces différentes nuances. Pour les habitats fragmentés, on veillera à échantillonner les différents « patches » présents. Certains habitats faiblement représentés dans la zone humide ne permettent pas l'installation de 3 points d'observation. Ils seront néanmoins échantillonnés au mieux afin de décrire le plus complètement possible le peuplement de la zone humide.

Surfaces d'observation

L'observateur choisit la surface d'observation, en fonction de la configuration du site et des conditions de déplacement. Il peut s'agir :

- de transects de 25 m de long et 5 m de large (2,5 m de part et d'autre de l'interface terre/eau). Cette option est à retenir dans tous les cas où l'interface terre/eau est bien marquée et où le déplacement à pied le long du transect est aisé (sol portant, eau peu profonde). Deux transects peuvent être contigus ou proche de quelques dizaines de mètres de manière à optimiser le travail de terrain (par exemple 2 transects proches pour échantillonner un radier et une mouille adjacente sur un cours d'eau) ;
- de points d'un rayon de 5-10 mètres, permettant la détermination à vue (éventuellement à l'aide de jumelles) des libellules (anisoptères principalement, les zygoptères moins farouches étant le plus souvent déterminables sans jumelle ou facilement capturables). Les points doivent être distants de 25 m au moins, pour éviter le chevauchement. Il est important que l'habitat soit homogène au sein de chaque point de suivi.

Les points de suivis seront localisés géographiquement avec précision (coordonnées du barycentre) afin de réaliser les relevés au même endroit au cours d'une saison ainsi que les années suivantes (si le milieu est stable).

Conditions de réalisation d'un relevé

Pour les transects, les relevés s'effectueront à marche lente. Au cours de la première visite, une durée de référence sera mesurée et restera constante pour les visites ultérieures afin de conserver la même pression d'observation. Pour les points, le relevé dure au moins 6 minutes et l'inventaire des espèces nouvelles se fait par tranche de 2 minutes. Si la dernière tranche de 2 minutes a permis de détecter au moins une espèce nouvelle, une tranche supplémentaire de 2 minutes d'observation est ajoutée et ainsi de suite. Si cette période n'apporte aucune espèce nouvelle, le relevé est stoppé. Le temps total d'observation est noté.

Le temps passé à la capture et à la détermination d'individus est décompté du temps d'observation. Afin de limiter ces interruptions durant le relevé, il est recommandé de faire une reconnaissance préalable de la zone humide dès l'arrivée, avec capture et identification permettant de faire le point sur les espèces abondantes présentes (notamment les zygoptères) avant de réaliser les relevés définitifs sur les points de suivi.

Les relevés se réaliseront entre 10h et 16h (possibilité de décaler plus tard en juin-juillet par temps chaud et lorsque les jours sont les plus longs), période optimale d'activité des imagos. Les conditions météorologiques devront être « bonnes » le jour du relevé ainsi que, dans la mesure du possible, la veille de celui-ci :

		Température		
		< 17°C	17°C – 22°C	> 22°C
Nébulosité	> 3/4	non	oui	oui
	< 3/4	oui	oui	oui
Pluie		non	non	non
Force du vent	< 4 Beaufort	non	oui	oui
	4 Beaufort	non	oui exceptionnellement	
	> 4 Beaufort	non	non	non

Conditions météorologiques permettant la réalisation de relevés odonates

Température : prise sur le site météoFrance et exprimée en degré Celsius ;

Nébulosité : estimée et exprimée en quart : (0 – 1/4 – 1/2 – 3/4 – 1) ;

Force du vent : estimée et exprimée en Beaufort. Les indices suivants peuvent être utilisés afin d'estimer cette force :

1 : vent perceptible sur une fumée mais pas sur une girouette (1 à 5 km/h) ;

2 : girouette en mouvement et vent perceptible sur le visage (6 à 11 km/h) ;

3 : les feuilles et brindilles sont constamment en mouvement (12 à 19 km/h) ;

4 : les petites branches sont en mouvement. Les poussières et les papiers tourbillonnent (20 à 28 km/h) ;

5 : des vagues sont clairement visibles à la surface de l'eau. Les petits arbres balancent. Les sommets de tous les arbres sont agités (29 à 38 km/h).

Calendrier d'intervention

- pour les sites de plaine : 3 campagnes dates indicatives : début mai – juin/juillet

– septembre, à caler sur la phénologie des espèces. Le premier relevé doit comprendre la période de vol de *Brachytron pratense* pour les eaux stagnantes et de *Gomphus vulgatissimus* pour les eaux courantes. Le dernier correspond au vol des espèces tardives (*Lestes*, *Aeshna mixta/affinis*,...);

- pour les sites de l'étage montagnard : 3 campagnes / juin - juillet – août ;
- pour les sites de l'étage subalpin : 2 campagnes début juillet - fin juillet.

Les dates de prospection devront être identiques (du point de vue de la phénologie des odonates) d'une année sur l'autre.

Représentativité des données

La méthode proposée est peu sensible à la variabilité temporelle ou spatiale si le plan d'échantillonnage est bien construit et le calendrier phénologique respecté. L'attention des opérateurs doit être attirée sur l'importance de la première campagne qui permet de détecter des espèces à phénologie précoce.

Opérationnalité de la collecte

Compétences requises

Le protocole nécessite une assez bonne connaissance des odonates puisque la détermination à l'espèce est requise. Une personne débutante passera à côté de certaines espèces (confusion entre espèces voisines, moins bonne détection) et passera beaucoup de temps à se former à l'identification, ce qui diminuera l'efficacité du travail sur le terrain. Ainsi, la richesse observée risque d'être inférieure au seuil requis pour valider l'indicateur. Par contre un observateur déjà familiarisé avec ce groupe taxonomique, sans pour autant être spécialiste, pourra rapidement être opérationnel. La disponibilité d'outils de détermination efficaces et robustes, tant pour les imagos que les exuvies, facilite une progression rapide. Deux documents constituent les outils essentiels de détermination (A. WENDLER et J.H. NÜSS, 1997 ; G. DOUCET, 2010)³.

³ Ils sont disponibles auprès de la Société Française d'Odonatologie (<http://www.libellules.org>)

Durée /coût nécessaire aux prospections

Un observateur opérationnel réalise une dizaine de points d'observation en une journée si le temps de déplacement (accès à la zone humide, déplacement entre points) reste peu important. Ainsi une petite zone humide présentant 2 à 3 habitats odonatologiques peut être couverte en 4,5 jours (1 journée de reconnaissance et élaboration du plan d'échantillonnage – qui peut être commune avec d'autres protocoles faune, notamment amphibiens –, 3 journées de collecte des données sur le terrain auxquelles il faut ajouter au maximum une demi-journée pour la détermination des exuvies). Des zones humides plus étendues et plus diversifiées nécessitent la mise en place d'une quarantaine de points de suivi et chaque campagne prend alors 3 ou 4 jours.

Durée / coût de la gestion des données

Le nombre de données collectées est assez peu important (de l'ordre d'une dizaine de taxons par point d'observation et date) ce qui représente au total environ 200 données/an pour une petite zone humide et peut atteindre de l'ordre d'un millier de données/an pour les grandes zones humides diversifiées. Le temps de gestion des données est donc relativement peu important si un outil efficace est à disposition et si la saisie se fait au fur et à mesure de l'acquisition (saisie dès retour au bureau).

Coût du matériel

Le matériel spécifique nécessaire à la phase terrain est peu onéreux : waders (ou cuissardes), filet, loupe à main, jumelles, outils de détermination, petite boîtes en plastique pour stocker les exuvies. La détermination des exuvies nécessite une loupe binoculaire. La conception d'échantillonnage et la mise en place des points de suivi nécessitent des outils généralement disponibles dans les structures : SIG, GPS, toposil...

Protocole Chronoventaire pour l'acquisition de données pour l'étude des communautés de Rhopalocères et Zygènes (Dupont 2014⁴)

Protocole chronométré ou « Chronoventaire »

Comment participer au Chronoventaire ?

Le Chronoventaire est un protocole national d'acquisition de données sur les Rhopalocères et les Zygènes. L'animation est assurée par le MNHN-SPN en lien avec les partenaires de l'inventaire national mené sur ces deux groupes (Dupont, 2014). Il s'inscrit dans la continuité de la réflexion menée par VIGIE NATURE, la Société Odonatologique de France et l'OPIE pour l'élaboration du Suivi Temporel des Libellules (STELI ; Gourmand et al., 2012).

Le comportement d'un observateur réalisant le Chronoventaire est très proche de celui d'un observateur cherchant à lister les espèces d'une station. Il peut donc être utilisé par tous les naturalistes récoltant des données sur les Rhopalocères et/ou les Zygènes dans un cadre privé, associatif ou professionnel.

Compétences requises

Pour faire le Chronoventaire, une bonne connaissance des espèces présentes dans la région prospectée est nécessaire. Il est important de perdre le moins de temps possible pour déterminer les espèces déterminables sur le terrain. Il est assez rapide d'acquérir cette compétence dans une région donnée en s'appuyant sur des guides d'aide à la détermination. Nous recommandons notamment celui de Tristan Lafranchis (2014). Si vous considérez avoir une compétence limitée sur certaines espèces, notamment sur les groupes d'espèces nécessitant un prélèvement pour leur détermination, vous pouvez vous restreindre :

- aux espèces de Rhopalocères déterminables sur le terrain ;
- à l'ensemble des espèces de Rhopalocères ;
- aux espèces de Rhopalocères et Zygènes déterminables sur le terrain.

Vous devez cependant signaler cette restriction au niveau de votre base de données (voir annexe 2 pour le standard de données du Chronoventaire).

⁴ Rapport complet à cette adresse : http://spn.mnhn.fr/spn_rapports/archivage_rapports/2014/SPN%202014%20-%202022%20-%20Chronoventaire_18_avril_2014.pdf

Gestion des données

L'informatisation et la gestion de vos données peuvent être réalisées dans :

- votre propre base de données. Le standard de données du Chronoventaire est indiqué en annexe 2. Il est cependant demandé de communiquer au MNHN-SPN votre participation à ce protocole national d'acquisition de données en contactant le coordinateur national (pdupont@mnhn.fr).
- un espace CARDOBS dédié à ce protocole est mis en place par le MNHN-SPN. Le lien vers cet espace se fait par l'intermédiaire de la page d'accueil de l'INPN⁵. Le login et le mot de passe pour se connecter doivent être demandés au coordinateur national. Ce compte CARDOBS vous donne accès à une base bibliographique sur des sujets liés à l'inventaire (DOCS-web). Il vous donne aussi accès à une application sous Android, CARNAT¹, qui permet de rentrer vos données de terrain sur Smartphone pour les exporter ensuite dans CARDOBS. L'accès au réseau téléphonique lors de la prise de données n'est donc pas nécessaire. Une visualisation ou une exportation de vos données se fait en appliquant un filtre par le champ observateur. Dans le cas où vos données sont exportées par la suite vers une autre base de données, l'identifiant de la donnée sous CARDOBS doit être considéré comme l'identifiant unique de la donnée.

Les données du Chronoventaire sont analysées par le MNHN. Les données sources seront utilisées et diffusées dans le cadre du Système d'Information sur la Nature et les Paysage (SINP) à partir du site de l'INPN. Les données récoltées dans un cadre privé seront diffusées comme des données publiques sauf contre-indication de l'observateur (voir champ « RestrictionLocalisationP » dans le standard de données). Cette diffusion se fera à la précision de la donnée source. Une contre-indication entraîne la non-diffusion de la donnée. Le code de déontologie concernant la diffusion des données correspond aux principes développés dans le protocole du SINP et plus précisément dans l'article 12 traitant du droit de propriété intellectuelle et de la déontologie. Ce protocole est téléchargeable à l'adresse suivante :

<http://www.naturefrance.fr/sinp/presentation-du-sinp/protocole-du-sinp>.

Description de la marche à suivre

La base du Chronoventaire correspond à une durée minimum d'observation de 20 minutes des adultes de Rhopalocères et Zygènes dans une station. Les conditions météorologiques minimum requises sont similaires à celles d'un protocole de type BMS (Langlois & Gilg, 2007) :

⁵ <http://inpn.mnhn.fr/accueil/index>

- Entre 9 h et 16^h (heure d'été). Il faut vérifier que les adultes soient majoritairement en comportement de vol. Dans le domaine méditerranéen, on observe un arrêt du comportement de vol lorsque les températures sont trop importantes ;
- > 14° en plaine (>12° en montagne), temps ensoleillé et faiblement nuageux.
- > 17° en plaine (>15° en montagne), temps nuageux (au maximum 50% de couverture nuageuse).
- Vent inférieur à 30 km/h (correspond à une force visualisée par les branches des arbres qui plient et un soulèvement de poussière lors de rafales).

Si les conditions deviennent non favorables pendant l'observation, l'observateur arrête ses observations. Il reprend le protocole au départ si les conditions redeviennent favorables au niveau de la station (excepté après le passage de fortes pluies).

La station doit comprendre un milieu ouvert, permettant une période d'ensoleillement sur une strate herbacée au cours de la journée. Cela comprend aussi bien des parcelles de pelouses que des lisières herbacées le long d'un chemin forestier. Ce milieu herbacé doit être composé d'un habitat principal le plus homogène possible du point de vue de la structure de végétation. En ce qui concerne la station, les données obligatoires à recueillir sont :

- Le code de l'habitat principal déterminé sur la station. La typologie demandée est la typologie EUNIS⁶ qui est le référentiel habitat actuel à l'échelle européenne (voir annexe 2 pour la liste des habitats et pour les clés de détermination). Dans un contexte de mosaïque d'habitats, c'est l'habitat ayant la plus grande surface estimée qui est noté. Par exemple dans une station renfermant une zone de pelouse calcaire, une zone de pelouse ourlet, une zone arbustive, une zone de rocher affleurant, si la zone de pelouse calcaire occupe la plus grande surface, c'est cette dernière qui est notée.
- Le code de un ou deux habitats adjacents. Le tableau 1 donne quelques exemples.
- Le degré de disponibilité florale au niveau de la station échantillonnée. Ce paramètre est noté à chaque session sur une même station :

- b. Pas ou peu de fleurs (FLEUR_1). Moins de 5% de la surface échantillonnée comporte une strate de végétation (dicotylédones) en période de floraison.
- c. Majoritairement fleurs de pissenlit (FLEUR_2). Ceci caractérise principalement certains habitats agro-pastoraux.
- d. Majoritairement fleurs d'Ombellifères (FLEUR_3). Ceci caractérise principalement certains habitats de lisières forestières et de mégaphorbiaies.

⁶<http://inpn.mnhn.fr/telechargement/sommaire-telechargements>

- e. Majoritairement fleurs roses, mauves ou violettes ou diversité de couleur de fleur (FLEUR_4). Au printemps une lisière forestière riche en primevères et violettes rentre dans cette catégorie. Une station comprenant majoritairement une zone arbustive en fleurs rentre aussi dans cette catégorie.

- La précision des données si l'observateur ne peut pas associer aux données le secteur prospecté (« polygone ») enveloppant le milieu ouvert de la station. On indiquera la distance maximale entre le centre de la station et la limite la plus éloignée.

Le polygone prospecté enveloppant le milieu ouvert de la station doit être associé aux données lors de l'informatisation si l'observateur dispose d'un outil permettant cette association (base de données associée à un système d'information géographique). Cette donnée spatiale n'est donc pas obligatoire. L'outil naturaliste CARDOBS proposé gratuitement par le MNHN permet la saisie de polygones.

Lorsque le choix de la station a été fait par l'observateur, la marche à suivre pour une session du Chronoventaire est la suivante :

- Parcourir la station avec un itinéraire-échantillon non-fixe choisi par l'observateur.
- Noter la première espèce rencontrée. L'heure exacte de ce premier contact est notée. Elle correspond à heure du départ du Chronoventaire.
- Attribuer le chiffre 1 à toutes les espèces rencontrées au cours des 5 premières minutes. Ce chiffre correspond à un rang d'observation.
- Attribuer le chiffre 2 à toutes les espèces rencontrées entre 5 et 10 minutes, etc. La durée minimum de 20 minutes du Chronoventaire est donc découpée en 4 périodes qui correspondent à autant de rang d'observation.
- Dans le cas où les espèces qui demandent un prélèvement pour leur détermination sont prises en compte par l'observateur, ce dernier note le genre sur le carnet de terrain (exemple *Pyrgus* sp. α pour le premier exemplaire prélevé, *Pyrgus* sp. β pour le deuxième exemplaire prélevé, etc.). Il reporte cette codification sur la papillote contenant l'individu. Cette papillote doit bien sûr comporter le code de la station et de la session.
- Si aucune nouvelle espèce n'est observée pendant 15 minutes après la dernière période de 5 minutes durant laquelle la dernière espèce a été observée, il arrête sa session de Chronoventaire. Par exemple, si la dernière espèce a été observée pendant les 5 premières minutes du Chronoventaire (rang 1) et qu'aucune nouvelle espèce n'est rencontrée entre 5 et 20 minutes, la session est arrêtée.

- Si une nouvelle espèce est observée entre 20 et 25 minutes, il attribue le chiffre 5 à cette espèce. Le chiffre 6 est attribué à une espèce observée entre 25 et 30 minutes, etc.

Le parcours dans la station se fait de manière progressive au choix de l'observateur. Tous les éléments présents au niveau de la station (formations herbacées pauvres en fleurs, zones fleuries, zones arbustives, zones de sol nu ou rocher affleurant, ...) doivent être visités sans priorisation. Il est conseillé de repasser plusieurs fois dans une zone.

Tableau 1 : Exemples de caractérisation du complexe d'habitats au niveau d'une station dans le cadre du Chronoventaire

	Habitat principal	Habitats à la périphérie	Commentaires
Station 1	B1.4 : Dunes fixées	B1.5 Landes des dunes côtières B1.2 Plages de sable	Station située sur une portion du littoral présentant un complexe de plages, de pelouses et de landes côtières.
Station 2	B3.3 : Falaises, rochers avec végétation	B3.3 : Falaises, rochers avec végétation F4.2 : Landes sèches	Station située sur une portion du littoral présentant un complexe de falaises et de landes.
Station 3	D2.2 : Bas-marais acides	X04 : Complexes de tourbières bombées G1.5 : Forêts de feuillus marécageuses sur tourbe acide	Station située dans un écosystème de tourbières hautes actives.
Station 4	E1.2 : Pelouses calcaires vivaces et steppes	G1.7 : Chênaies thermophiles et supra-méditerranéennes FB.4 Vignobles	Station située sur un coteau calcaire présentant une mosaïque d'habitats constituée de pelouses, forêts et vignobles
Station 5	E5.2 : Ourlets forestiers thermophiles	G1.9 : Forêts non riveraines avec Bouleau, Tremble, Sorbier ou Noisetier G5.7 : Taillis et stade précoce de successions forestières	Station située sur un chemin intra-forestier.
Station 6	E5.2 : Ourlets forestiers thermophiles	FA.3 : Haies riches en espèces X10 : Bocages	Station située au niveau d'un chemin parcourant un bocage.
Station 7	E2.1 : Pâtures mésophiles	E2.1 : Pâtures mésophiles I1.1 : Monocultures intensives	Station située dans un agro-complexe présentant des parcelles pâturées et des cultures intensives.
Station 8	E5.4 : Lisières humides à grandes herbes	I1.1 : Monocultures intensives	Station située sur un chemin agricole dans une vallée alluviale dominée par la monoculture intensive
Station 9	E4 : Pelouses alpines et subalpines	H2 : Éboulis G3.3 : Pinèdes à Pins à crochets	Station située en montagne à la base d'un éboulis à proximité d'une forêt de Pins à crochets.
Station 10	F6 : Garrigues	F5 : Maquis, matorrals arborescents et fourrés thermo-méditerranéens J2.1 : Bâtiments résidentiels épars	Station située en périphérie de zone urbaine présentant des résidences dispersées parmi un complexe d'habitats dominé par la garrigue et les strates arbustives et arborescentes.
Station 11	I1.5 : Friches, jachères ou terres arables récemment abandonnées	I1.1 : Monocultures intensives G1.1 : Forêts riveraines de Frêne - Aulne et de Chêne - Orme - Frêne	Station située dans un agro-complexe localisé dans une vallée alluviale.

Station 12	I2.2 : Petits jardins ornementaux et domestiques	J1.2 : Bâtiments résidentiels des villages et des périphéries urbaines	Station située dans un village chez un particulier.
------------	--	--	---

Il est aussi possible d'intégrer au jeu de données de la session, votre parcours dans la station si vous disposez d'une application sur Smartphone ou tablette numérique le permettant. C'est le cas notamment d'une application développée par le CEN-Midi-Pyrénées et de l'application CARNAT. Pour cette dernière, la marche à suivre est la suivante :

- L'observateur crée le nom de la station en la localisant par l'intermédiaire de l'interface « prospections standardisées ».
- Il saisit chaque nouvelle espèce rencontrée en associant son critère de détermination. Un relevé géolocalisé est créé à chaque nouvelle espèce saisie à plus de 5 mètres et 3 secondes de la précédente. Ce relevé est associé à une nouvelle station dans la sémantique de CARDOBS. Nous l'appellerons relevé dans la sémantique du Chronoventaire. L'heure de la saisie de la première espèce rencontrée correspond au départ du Chronoventaire. À partir de ce moment, l'observateur surveille dans quelle période de 5 minutes il se situe.
- Il stoppe sa session lorsqu'aucune nouvelle espèce n'est observée pendant 15 minutes après la dernière période de 5 min durant laquelle la dernière espèce a été observée.
- Il recherche la station créée lors de la localisation de sa session et saisit au niveau des champs personnalisés pour le Chronoventaire : l'habitat principal de la station, le degré de disponibilité florale et un ou deux habitats adjacents situés à la périphérie.

Après le transfert des données dans CARDOBS, l'observateur intègre le polygone associé à la station pour la première session. L'ensemble des relevés de la première session et des sessions suivantes du Chronoventaire seront associés à ce polygone. L'utilisation de ce type d'outil permet d'associer au jeu de données d'une session :


- La couche SIG du parcours de l'utilisateur.
- La durée totale du parcours, de la géolocalisation de la station à la fin de la session ; la durée entre la géolocalisation de la station et la saisie de la première espèce ; la durée entre chaque nouvelle observation.
- La longueur parcourue entre chaque nouvelle observation.

Un exemple de relevé lors d'une session de Chronoventaire et son informatisation est présenté dans les tableaux 2 et 3.

Tableau 2 : Exemple de relevé sur un carnet de terrain pour une session de Chronoventaire. Les périodes de 5 minutes sont séparées sur le carnet par une ligne.

<i>Melanargia galathea</i> /Vue/11h10
<i>Maniola jurtina</i> /Vue <i>Lysandra</i>
<i>bellargus</i> /Vue <i>Melitaea</i>
<i>didyma</i> /Filet <i>Coenonympha</i>
<i>pamphilus</i> /Filet
<i>Melitaea celadussa</i> /Observation PG
<i>Coenonympha arcania</i> /Filet
<i>Brintesia circe</i> /Vue
<i>Polyommatus icarus</i> /Filet
<i>Pieris brassicae</i> /Filet
<i>Cupido minimus</i> /Filet

Tableau 3 : Exemple d'informatisation des données d'une session de Chronoventaire.

	Champs relatifs à la station				
Polygone de la station situé sur la commune de Rochefort-Samson (26)					
IdentitéObservateur	Dupont Pascal				
OrganismeObservateur	MNHN-SPN				
GroupeChonoventaire	RHOP2				
DateDebutSession	22/06/2012 11:10:00				
DateFinSession	22/06/2012 11:45:00				
NomToponyme	Parcelle 28				
CodeHabitatStation	E1.2 ⁷				
CodeHabitatAdjacent	E1.2 ; G4.C				
DispoFlorale	FLEUR_4				
Champs relatifs aux espèces					
CdNom	NomScientifiqueCite	Sexe	DeterminationEspece	Determinateur	RangObservation
53700	<i>Melanargia galathea</i>	NON_R	VUE	Dupont Pascal	1
53668	<i>Maniola jurtina</i>	NON_R	VUE	Dupont Pascal	1
54271	<i>Lysandra bellargus</i>	NON_R	VUE	Dupont Pascal	1
53794	<i>Melitaea didyma</i>	NON_R	FILET	Dupont Pascal	1
53623	<i>Coenonympha pamphilus</i>	NON_R	FILET	Dupont Pascal	1
608362	<i>Melitaea celadussa</i>	MALE	OBSERV_PG	Dupont Pascal	2
53661	<i>Coenonympha arcania</i>	NON_R	FILET	Dupont Pascal	2
53367	<i>Brintesia circe</i>	NON_R	VUE	Dupont Pascal	3
54279	<i>Polyommatus icarus</i>	NON_R	FILET	Dupont Pascal	3

⁷ Voir annexe 2

54342	<i>Pieris brassicae</i>	NON_R	FILET	Dupont Pascal	4
54029	<i>Cupido minimus</i>	NON_R	FILET	Dupont Pascal	6

Justification des paramètres du Chronoventaire.

L'activité de certaines espèces n'est pas constante au cours d'une journée. Les travaux de Wikström et al. (2009), réalisés en Suède, montrent qu'*Aphantopus hyperantus* et *Brenthis ino* sont nettement plus actifs le matin alors que les Zygènes sont plus actives l'après-midi. L'heure exacte du début de la session permet l'analyse des variations du jeu de données en fonction de la période d'observation au cours de la journée.

Le découpage temporel par 5 minutes de l'observation permet d'avoir la courbe d'accumulation des espèces sur la station pour chaque session (figure 1). Cette courbe est considérée comme une estimation de la pression d'observation sur le site au cours de la session. Le rang de l'observation est assimilé à un indicateur semi-quantitatif pour l'espèce en relation avec les trois paramètres suivants : l'abondance et/ou la détectabilité et/ou la localisation des individus au niveau de la station. Les espèces observées dans les cinq premières minutes sont considérées comme les espèces les plus abondantes sur l'ensemble de la station et/ou les espèces les plus facilement détectable sur la station au début de la session. Les dernières espèces observées sont considérées comme les espèces les moins abondantes au niveau de la station et/ou les espèces difficilement détectables sur la station au début de la session. Cet indicateur participe à l'analyse des données sur les communautés et la détectabilité des espèces.

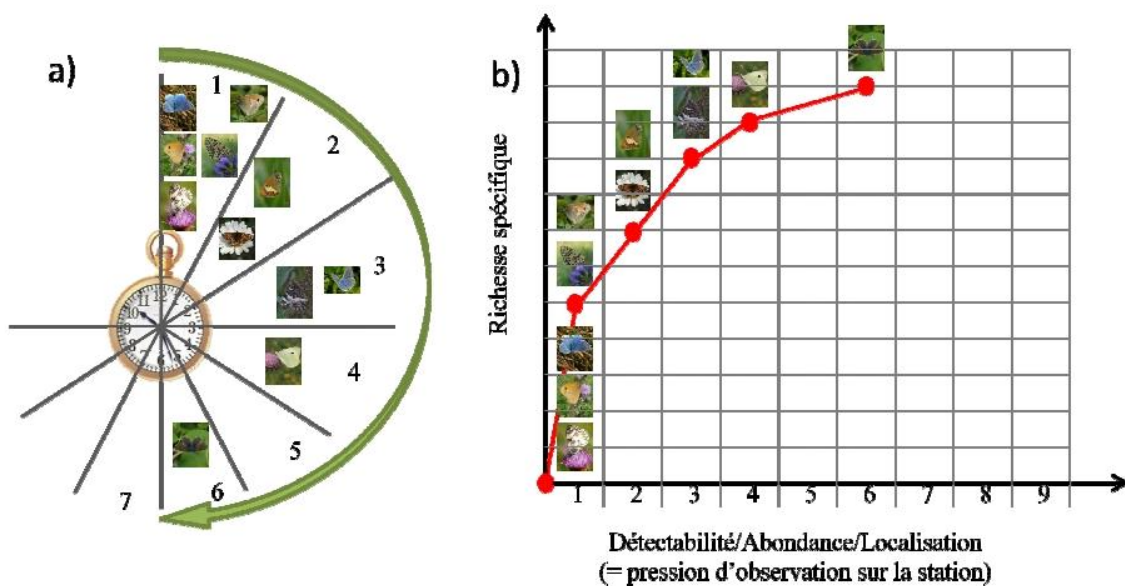


Figure 1 : a) Déroulement des observations au cours d'une session de Chronoventaire. Le rang d'observation d'une espèce est considéré comme un indicateur semi-quantitatif lié à l'abondance, la détectabilité et la localisation des individus dans la station ; b) courbe d'accumulation de la richesse spécifique au cours d'une session de Chronoventaire.

La période de 15 minutes sans nouvelle espèce observée associée à l'arrêt d'une session de Chronoventaire, permet d'avoir une pression d'échantillonnage uniforme sur les stations.

La grande majorité des espèces de Rhopalocères et Zygènes sont liées par des relations trophiques aux habitats herbacés de milieux ouverts. Le maintien des plantes- hôtes pour les chenilles et d'une disponibilité en nectar pour les adultes sont des éléments clés pour le maintien d'une communauté sur un site (WallisDeVries *et al.*, 2012). L'acquisition des données sur la disponibilité florale au niveau de la station doit permettre une meilleure analyse des variations au niveau des communautés d'adultes observés.

L'habitat principal de la station et les habitats adjacents permettent de relier les communautés observées au complexe d'habitats présents au niveau de la station.

Le polygone délimitant la station permet d'analyser l'importance du facteur « surface échantillonnée ». L'intégration du polygone prospecté dans la base de données n'est pas obligatoire dans le cadre du Chronoventaire mais il est important d'avoir cette information pour un maximum de stations afin d'analyser l'influence de ce paramètre sur la structuration des données. Il n'y a pas de minimum de surface requis pour une session. La surface de la station doit

permettre à un observateur de faire une prospection d'une durée de 20 minutes au minimum.

Les données supplémentaires liées à l'application CARNAT et concernant la géolocalisation du parcours et des relevés effectués au cours d'une session, permettent notamment une meilleure évaluation du biais lié aux observateurs.

Nombre de sessions de Chronoventaire dans une station

Pour connaître l'ensemble des espèces de la communauté au sein d'une station, il est demandé de répéter le protocole du Chronoventaire au minimum tous les 15 jours à partir du début de la floraison du Prunelier au printemps jusqu'à la première quinzaine de septembre. Dans les domaines alpins et subalpins, il est demandé de répéter le protocole au minimum tous les 15 jours, de la première quinzaine de juin à la première quinzaine d'août (4 sessions). Cette période de 15 jours a été choisie afin de pouvoir observer les espèces potentiellement présente sur une station et ayant une période de vol inférieure à mois. Si vous manquez certaines sessions sur le terrain, les sessions réalisées participent quand même à l'analyse (Tableau 2). En effet, dans une zone biogéographique donnée, une analyse des sessions de Chronoventaire peut être réalisée par période de l'année. La réalisation d'une seule session peut contribuer à l'analyse des données si le nombre de session sur le même type d'habitat pendant la période choisie est suffisant.

Les données protocolées pour l'étude de la détectabilité de chaque espèce, sont acquises par des sessions successives sur la même station ; l'objectif étant d'avoir au moins deux visites pendant la période de vol des adultes (Dorazio *et al.*, 2006). Ceci demande une pression d'échantillonnage uniforme pour chaque visite.

Tableau 4 : Nombre de sessions dans une station et intégration des données dans les analyses statistiques.

Station	Nombre de sessions	Analyse statistique
Station 1	Une seule session réalisée.	Analyse des communautés par habitat et par période au cours de l'année (intégration de la session réalisée dans la période correspondante).
Station 2	Deux sessions réalisées pendant la période de vol de la première génération de <i>Boloria dia</i> .	Analyse des communautés par habitat et par période au cours de l'année (intégration des sessions réalisées dans la période correspondante). Analyse de la détectabilité de <i>Boloria dia</i> .
Station 3 (domaine méditerranéen)	Cinq sessions réalisées au cours de l'année.	Analyse des communautés par habitat et par période au cours de l'année (intégration des sessions réalisées dans la période correspondante). Analyse de la détectabilité pour les espèces avec au moins deux sessions consécutives pendant la période de vol.
Station 4	Totalité des sessions réalisées au cours de l'année.	Analyse des communautés par habitat et par période au cours de l'année (toutes les périodes de l'année sont disponibles pour cette station) Analyse de la détectabilité pour les espèces avec au moins deux sessions consécutives pendant la période de vol.

Annexe 2 : Standard de données pour le Chronoventaire.

Le standard de données est destiné aux gestionnaires de données des associations et des structures impliquées dans ce programme d'acquisition de données. Le standard de métadonnées associé est le même que celui de l'inventaire des Rhopalocères et Zygènes de métropole (Dupont, 2014).

Codification concernant le caractère obligatoire des champs :

Champ : le champ doit être obligatoirement fourni parfois sous conditions.

Champ : le champ n'est pas obligatoire.

(SINP) : le champ est en cohérence avec le standard SINP (Chataigner *et al.*, 2013a)⁸.

(INPN) : le champ est en cohérence avec le standard INPN (Chataigner *et al.*, 2013b).

(INV) : le champ est un champ spécifique de l'inventaire des Rhopalocères et Zygènes de métropole (Dupont, 2014).

(CHR) : le champ est un champ spécifique du Chronoventaire.

1. Champs associés à la donnée.

1.1 Intitulé des champs

Organisme Gestionnaire Données (SINP)
Date Creation DS ⁹ (INV)
Date Modification DS (INV)
Identifiant Origine (SINP)
DSPublique (SINP)
Restriction LocalisationP (INPN)
Groupes Chronoventaire (CHR)

1.2 Description des champs

Intitulé du champ	Organisme Gestionnaire Données
Définition	Nom de l'organisme qui détient la DS.
Obligatoire	Oui.
Cardinalité	1
Format	Text.
Règle	Liste ouverte à court terme (libellé SINP).

Intitulé du champ	Date Création DS
Définition	Date de la création de la DS au sein de la base de données du producteur.
Obligatoire	Oui.
Cardinalité	1
Format	Date.
Règle	Règle d'écriture : jj/mm/aaaa. Si ce champ n'existait pas dans la base de données,

Intitulé du champ	Date Modification DS
-------------------	----------------------

⁸ <http://www.naturefrance.fr/actions/groupe-de-travail-standardisation-des-donnees-biodiversite-du-sinp>

⁹ DS : donnée source.

Définition	Date de la dernière modification de la DS au sein de la base de données du producteur.
Obligatoire	Oui.
Cardinalité	1
Format	Date.
Règle	Règle d'écriture : jj/mm/aaaa. Dans le cadre du Chronoventaire égal à

Intitulé du champ	Identifiant Origine
Définition	Identifiant unique de l'observation dans la base de données où est stockée la
Obligatoire	Oui.
Cardinalité	1
Format	Text.
Règle	Pas de règle précise mais doit être différent de la clé primaire dans la base de

Intitulé du champ	DS Publique		
Définition	Indique si la DS est publique ou privée.		
Obligatoire	Oui.		
Cardinalité	1		
Format	Text.		
Règle Vocabulaire contrôlé	Code	Libellé court	Libellé long
	Pu	Publique.	La DS est publique, qu'elle soit produite en régie ou
	Re	Publique régie.	La DS est publique et a été produite directement par un organisme ayant autorité publique avec ses
	Ac	Publique acquise.	La DS a été produite par un organisme privée (associations, bureaux d'étude) ou une personne physique à titre personnel. Les droits patrimoniaux exclusifs ou non exclusifs de copie, traitement et diffusion sans limitation ont été achetés à titre gracieux ou payant, sur marché ou par convention, par un organisme ayant
	Pr	Privée.	La DS a été produite par un organisme privé ou un individu à titre personnel. Aucun organisme ayant autorité publique n'a acquis les droits patrimoniaux. La DS reste la propriété de l'organisme ou de l'individu privé. Seul ce cas
	NSP	Ne sait pas	L'information indiquant si la DS est publique ou privé

Intitulé du champ	RestrictionLocalisationP
-------------------	--------------------------

¹⁰ Donnée élémentaire d'échange (donnée vouée à être diffusée dans le cadre du SINP).

Définition	Diffusion de la localisation précise de l'observation.		
Obligatoire	Oui.		
Cardinalité	1.		
Format	Text.		
Règle	Code	Libellé court	Libellé long
Vocabulaire contrôlé	OUI	Localisation précise diffusable.	La diffusion de l'observation est restreinte à cette localisation (libellé INPN). La diffusion de cette observation correspond à la diffusion
	NON	Localisation précise non diffusable.	La diffusion de l'observation n'est pas restreinte à cette localisation (libellé INPN). Dans le cadre du Chronovenaire et d'une donnée privée, cet attribut correspond à une non-diffusion de la donnée. La donnée peut cependant être intégrée dans les analyses

Intitulé du champ	GroupesChronovenaire		
Définition	Groupes de lépidoptères faisant l'objet d'une session de chronovenaire.		
Obligatoire	Oui.		
Cardinalité	1.		
Format	Text.		
Règle	Code	Libellé court	Libellé long
Vocabulaire contrôlé	RHOP1	Rhopalocères déterminables directement sur le terrain.	La session de Chronovenaire ne prend en compte que les espèces de Rhopalocères directement déterminables sur
	RHOP2	Toutes les espèces de Rhopalocères.	La session de Chronovenaire ne prend en compte que les espèces de Rhopalocères.
	RHOPZY G1	Rhopalocères et Zygènes déterminables directement sur le terrain.	La session de Chronovenaire ne prend en compte que les espèces de Rhopalocères et les espèces de Zygènes directement déterminables sur le terrain.
	RHOPZY G2	Toutes les espèces de Rhopalocères et Zygènes.	La session de Chronovenaire prend en compte toutes les espèces de Rhopalocères et Zygènes.

2. Champs constituant à la donnée transmise.

2.1 Source de l'observation

2.1.1 Intitulé des champs

StatutSource (SINP)

2.1.2 Description des champs

Intitulé du champ	StatutSource		
Définition	Type de la source d'observation.		
Obligatoire	Oui.		
Cardinalité	1		
Format	Text.		
Règle Vocabulaire contrôlé	Code	Libellé court	Libellé long
	Te	Terrain	L'observation provient directement d'une base de données ou d'un document issu de la prospection sur le terrain (libellé SINP). Toutes les données du Chronoventaire proviennent d'observations de terrain.

2.2 Observateurs

2.2.1 Intitulé des champs

IdentiteObservateur

(SINP)

OrganismeObservateur

(SINP)

Intitulé du champ	IdentiteObservateur
Définition	Nom et prénom de la personne ayant réalisée l'observation.
Obligatoire	Oui.
Cardinalité	0..N.
Format	Text.
Règle	Règle d'écriture : Nom Prénom.

Intitulé du champ	OrganismeObservateur
Définition	Nom de l'organisme ou des organismes du ou des observateurs, dans le cadre du/desquelles ils ont réalisés l'observation.
Obligatoire	Oui.
Cardinalité	0..N.
Format	Text.
Règle	Règle d'écriture : Sigle ou nom complet de l'organisme. Si plusieurs organismes ont fait l'observation : concaténer les différents noms complets ou sigles des organisme en séparant par une « , ».

2.3 Taxon observé

2.3.1 Intitulé des champs

StatutObservation (SINP)
CdNom (SINP)
NomScientifiqueCite (INPN ; SINP)
CdRef (SINP)
StadeBiologique (INV)
Sexe (INV)
DeterminationEspeceAdulte (INV)
Determinateur (SINP)
RangObservation (CHR)

2.3.2 Description des champs

Intitulé du champ	StatutObservation		
Définition	Indique si le taxon a été observé directement ou indirectement (indices de présence), ou non observé.		
Obligatoire	Oui.		
Cardinalité	1.		
Format	Text.		
Règle Vocabulaire contrôlé	Code	Libellé court	Libellé long
	Pr	Présent	Un ou plusieurs individus du taxon ont été effectivement observés et/ou des indices témoignant de la présence du taxon (libellé SINTP). Seul cas pour les données du

Intitulé du champ	CdNom		
Définition	Code du taxon cité par l'observateur issu de la version de TAXREF valide au		
Obligatoire	Oui conditionnel, seulement dans le cas où un code existe pour le		
Cardinalité	0..1.		
Format	Text.		
Règle Vocabulaire contrôlé	Champ CD_NOM de la dernière version de TAXREF associé à l'espèce de Lépidoptère observée. Lien :		

Intitulé du champ	NomScientifiqueCite		
Définition	Nom scientifique donné par l'observateur au taxon observé.		
Obligatoire	Oui conditionnel, obligatoire si CdNom n'est pas renseigné. Si le libellé du nom n'a		
Cardinalité	0..1.		
Format	Text.		
Règle Vocabulaire contrôlé	Champ NOM_COMPLET de la dernière version de TAXREF, associé à l'espèce de Lépidoptère observée. Lien :		

Intitulé du champ	CdRef		
Définition	Code du taxon référent associé à NomScientifiqueCite ou CdNom au moment de la saisie.		
Obligatoire	Obligatoire.		
Cardinalité	0..1.		
Format	Text.		
Règle Vocabulaire contrôlé	Champ CD_REF de la version de TAXREF au moment de la saisie. Lien : http://inpn.mnhn.fr/programme/referentiel-taxonomique-taxref		

Intitulé du champ	StadeBiologique		
Définition	Stade biologique observé.		
Obligatoire	Oui.		
Cardinalité	1.		
Format	Text.		
Règle Vocabulaire contrôlé	Code	Libellé court	Libellé long
	ADULTE	Adulte vivant	Dans le cadre du Chronoventaire, le stade observé est toujours le stade adulte.

Intitulé du champ	Sexe		
Définition	Sexe observé.		
Obligatoire	Non mais hautement recommandé car cela peut fortement influencer sur le résultat du processus de validation des données.		
Cardinalité	1.		

Format	Text.		
Règle Vocabulaire contrôlé	Code	Libellé court	Libellé long
	MALE	Mâle	Le sexe observé est un mâle.
	FEMELLE	Femelle	Le sexe observé est une femelle.
	NON_R	Non renseigné	Le sexe observé n'est pas renseigné.

Intitulé du champ	DeterminationEspece
Définition	Méthode de détermination des adultes.
Obligatoire	Oui.
Cardinalité	1.
Format	Text.
Règle	Vocabulaire contrôlé par un référentiel pour la détermination des adultes. Le référentiel associé au champ est disponible dans Dupont (2014).

Intitulé du champ	Determineur
Définition	Nom et prénom de la personne ayant réalisée l'identification taxonomique de
Obligatoire	Oui.
Cardinalité	1..N.
Format	Text.
Règle	Règle d'écriture : Nom Prénom (Organisme) ou : Si l'identité de l'individu n'est pas transmise : Règle d'écriture : Organisme. Si plusieurs personnes ont fait la détermination : concaténer les

Intitulé du champ	RangObservation
Définition	Rang auquel le taxon a été observé dans une station lors d'une session du Chronoventaire.
Obligatoire	Oui.
Cardinalité	0..1
Format	Entier.
Règle	Cf. ce rapport.

2.4 Date de l'observation

2.4.1 Intitulé des
champs
DateDebutSession
(CHR)
DateFinSession
(CHR)

2.4.2 Description des champs

Intitulé du champ	DateDebutSession
Définition	Date exacte du début de la session du Chronoventaire.
Obligatoire	Oui.
Cardinalité	0..1.
Format	Date.
Règle	Règle d'écriture : jj/mm/aaaa H:mn.

Intitulé du champ	DateFinSession
Définition	Date exacte de la fin de la session du Chronoventaire.
Obligatoire	Oui.
Cardinalité	1.
Format	Date.
Règle	Règle d'écriture : jj/mm/aaaa H:mn.

2.5 Localisation de l'observation

2.5.1 Intitulé des champs

IdentifiantObjetSIG (INPN)
CoordonneeX (SINP)
CoordonneeY (SINP)
NatureObjetGeo (SINP)
Precision (SINP)
Toponyme (INPN)

2.5.2 Description des champs

Intitulé du champ	IdentifiantObjetSIG
Définition	Identifiant d'origine unique et pérenne lié à l'objet géographique représentant l'observation sur la couche SIG transmise
Obligatoire	Oui conditionnel, seulement si le polygone de la station a été saisi à l'aide d'un
Cardinalité	0..1.
Format	
Règle	L'identifiant doit faire référence à un seul objet géographique dans la/les couche(s) transmise(s). Une observation doit être représentée par un seul objet géographique. Un objet géographique transmis sans correspondance dans le fichier attributaire du standard ne pourra pas être exploité.

Intitulé du champ	CoordonneeX
Définition	Longitude, coordonnée X de l'observation.
Obligatoire	Oui conditionnel. Seulement si le polygone de la station n'a pas été bancarisé.
Cardinalité	0..1.
Format	Réel (*,5).
Règle	Dans le cadre du Chronoventaire, on prendra le centre de la station.

Intitulé du champ	CoordonneeY
Définition	Latitude, coordonnée Y de l'observation.
Obligatoire	Oui conditionnel. Seulement si le polygone de la station n'a pas été bancarisé.
Cardinalité	0..1.
Format	Réel (*,5).
Règle	Dans le cadre du Chronoventaire, on prendra le centre de la station.

Intitulé du champ	NatureObjetGeo		
Définition	Nature de la localisation transmise		
Obligatoire	Oui.		
Cardinalité	1.		
Format	Text.		
Règle	Code	Libellé court	Libellé long
Vocabulaire contrôlé	In	Inventoriel	Le taxon est observé quelque part dans l'objet géographique (libellé SINP). Seul cas pour les données du Chronoventaire.

Intitulé du champ	Précision
Définition	Précision de la donnée source. Estimation en mètre d'une zone tampon autour du
Obligatoire	Oui conditionnel, seulement si le polygone associé à la station n'est pas
Cardinalité	0..1.
Format	Entier.
Règle	Dans le cadre du Chronoventaire on indiquera la distance maximale entre le centre

Intitulé du champ	Toponyme
Définition	Libellé du toponyme.
Obligatoire	Oui.
Cardinalité	0..1.
Format	Text.
Règle	Dans le cadre du Chronoventaire, une codification associée à la station.

2.6 Caractérisation de l'habitat

2.6.1 Intitulé des champs

CodeHabitatStation (CHR)
CodeHabitatAdjacent (CHR)
DispoFlorale (CHR)
DescriptionHabitat (INV)

2.6.2 Description des champs

Intitulé du champ	CodeHabitatStation
Définition	Codes EUNIS de l'habitat principal dans la station échantillonnée.
Obligatoire	Oui.
Cardinalité	0..1
Format	Text.
Règle	Le référentiel est la typologie EUNIS.

Intitulé du champ	CodeHabitatAdjacent
Définition	Codes EUNIS des habitats à la périphérie de la station échantillonnée.
Obligatoire	Oui.
Cardinalité	1..2
Format	Text.
Règle	Le référentiel est la typologie EUNIS. Concaténer les différents codes EUNIS séparés

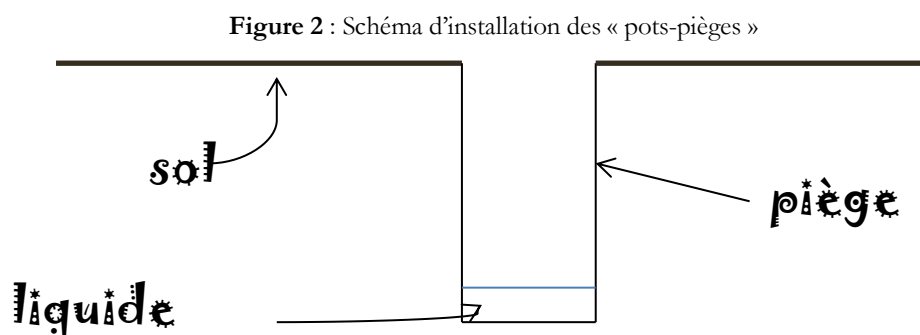
Intitulé du champ	DispoFlorale		
Définition	Indice de disponibilité florale au niveau de la station.		
Obligatoire	Oui.		
Cardinalité	1.		
Format	Text.		
Règle Vocabulaire contrôlé	Code	Libellé court	Libellé long
	FLEUR_1	Disponibilité florale de niveau 1	Pas ou peu de fleurs.
	FLEUR_2	Disponibilité florale de niveau 2	Majoritairement fleurs de pissenlits.
	FLEUR_3	Disponibilité florale de niveau 3	Majoritairement fleurs d'Ombellifères.
	FLEUR_4	Disponibilité florale de niveau 4	Majoritairement fleurs roses, mauves ou violettes ou diversité de couleur de fleur.

Intitulé du champ	DescriptionHabitat
Définition	Description libre de l'habitat.
Obligatoire	Non.
Cardinalité	0..1.
Format	Text.
Règle	Sans règles.

Annexe 3 : Éléments protocolaires pour inventorier les insectes et araignées

Aucun protocole standardisé n'a pu être trouvé pour inventorier les insectes et araignées mais quelques éléments couramment admis doivent être pris en compte. Parmi les méthodes existantes adaptées à nos habitats, il y a le piégeage au sol (pièges Barber), le fauchage, le tamisage de la litière, le battage et la tente Malaise.

Les pièges Barber sont des cylindres ouverts sur l'une des faces dont le fond est rempli d'un liquide conservateur (comme l'éthanol). Le piège est enfoncé dans le sol jusqu'au bord et permettra de récupérer tous les insectes et araignées progressant habituellement sur le sol (voir Fig. 2).

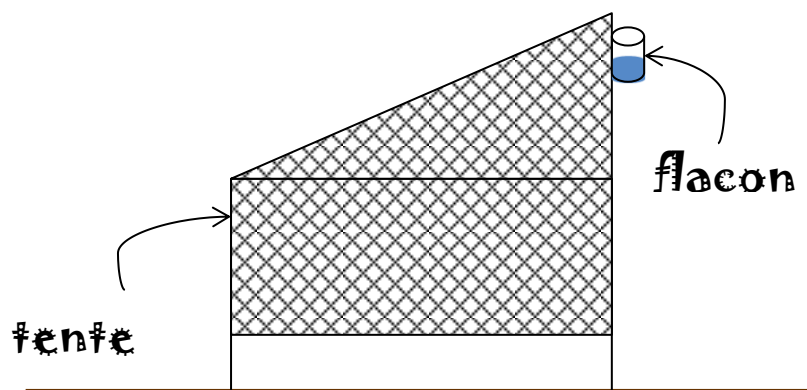


La technique du fauchage consiste à parcourir la zone choisie avec un filet fauchoir pour capturer les insectes et araignées affectant la strate herbacée.

Le battage est une technique qui consiste à donner des coups de bâtons dans les arbustes pour en faire tomber les insectes et araignées sur une toile tendue en-dessous.

Quant à la tente Malaise, c'est un piège passif utilisé exclusivement pour la capture des insectes. Une tente plantée au-dessus du sol, permettant le passage des insectes et possédant un toit penché, est relié par son extrémité la plus haute à un flacon d'alcool dans lequel les insectes vont naturellement se diriger (Fig. 3). Cette méthode est beaucoup utilisée pour capturer des syrphes mais peut potentiellement fonctionner avec tout insecte en vol.

Figure 3 : schémas d'installation des pièges « tentes »



Les inventaires d'araignées se font au printemps et en automne avec, dans l'idéal, un troisième passage en hiver dans un but d'exhaustivité.

Annexe 4 : Proposition de listes espèces bioindicatrices (en cours de vérification)

Tableau 5 : Espèces d'odonates bioindicatrices

Taxon	Zone géographique	Habitat	Source	Remarque
<i>Aeschna caerulea</i>	Alpes	Tourbières à sphaignes, montagnes (rarement en dessous de 1000 m d'altitude). Se reproduit dans les mares des tourbières et les cariçaies inondées	Manneville <i>et al.</i> , 2006 ; Dijkstra, 2011	Rareté : TR
<i>Aeschna juncea</i>	Massif central, Pyrénées, E et N-E France	Lacs, étangs et tourbières acides en plaine ; présentes surtout en montagnes	Manneville <i>et al.</i> , 2006 ; Dijkstra, 2011	Rareté : AR
<i>Aeschna subarctica elisabethae</i>	Alpes, Vosges, Jura	Tourbières à sphaignes (tremblants, bords des fosses ou des mares), montagnes	Manneville <i>et al.</i> , 2006 ; Dijkstra, 2011	Rareté : TR
<i>Ceriagrion tenellum</i>	France	Tourbières à sphaignes au NE, marais ailleurs, plaines et collines ou montagnes (Manneville <i>et al.</i> , 2006). Dans le N-O, principalement dans des tourbières et des lacs acides où se développent des sphaignes et des millepertuis des marais <i>Hypericum elodes</i> (Dijkstra, 2011)	Manneville <i>et al.</i> , 2006 ; Dijkstra, 2011	Rareté : AC. Pour cette espèce, seules les populations du nord de la France peuvent présenter un intérêt.
<i>Coenagrion bastulatum</i>	Alpes, Jura, Massif central, N Vosges, Pyrénées	Bas-marais acides, tremblants et cariçaies, plutôt montagnes. Inféodée aux eaux acides et méso-oligotrophes dans la plus grande partie de son aire.	Manneville <i>et al.</i> , 2006 ; Dijkstra, 2011	Rareté : R
<i>Coenagrion lunulatum</i>	Massif central, Alpes	Bas-marais acides, mares acides, plaines et collines ou montagnes. Points d'eau oligotrophes, souvent acides et riches en végétaux.	Manneville <i>et al.</i> , 2006 ; Dijkstra, 2011	Rareté : TR
<i>Lestes dryas</i>	France	Bas-marais neutro-acides, étangs, tremblants, gouilles, montagnes ou plaines et collines	Manneville <i>et al.</i> , 2006	Rareté : AR. Pond dans les végétaux hygrophiles et se reproduit au niveau des bas-marais, tremblants, gouilles
<i>Leucorrhinia albifrons</i>	S-O France, Brenne, Alpes et Jura	Étangs oligotrophes avec végétaux flottants, plaines et collines. Préférence pour les pièces d'eau peu profondes et forestières pourvues d'une riche végétation.	Manneville <i>et al.</i> , 2006 ; Dijkstra, 2011	Rareté : TR. Protégé par la DHFF.
<i>Leucorrhinia caudalis</i>	France (répartition morcelée)	Mares, étangs et lacs souvent forestiers aux eaux mésotrophes, riches en végétation (notamment flottante)	Manneville <i>et al.</i> , 2006 ; Dijkstra, 2011	Rareté : TR. Protégé par la DHFF.
<i>Leucorrhinia dubia</i>	E France, Massif central, Pyrénées	Tourbières à sphaignes, fosses de tourbage, surtout montagnes. Mares, étangs et lacs, généralement acides et souvent en milieu boisé	Manneville <i>et al.</i> , 2006 ; Dijkstra, 2011	Rareté : AR
<i>Leucorrhinia rubicunda</i>	N ou E France	Étangs tourbeux, tourbières acides de plaines, plaines et collines. Préfère les eaux acides et oligotrophes ; lacs, étangs tourbières souvent en forêt	Manneville <i>et al.</i> , 2006 ; Dijkstra, 2011	Rareté : TR
<i>Nehalennia speciosa</i>	E France	Inféodée aux cariçaies à <i>Carex lasiocarpa</i> et <i>Carex limosa</i> (exceptionnellement en association avec la molinie <i>Molinia caerulea</i> et la prêle des rivières <i>Equisetum fluvatile</i>) qui se développent dans les	Manneville <i>et al.</i> , 2006 ; Dijkstra, 2011	Rareté : TR

		dépressions inondées des tourbières ou autour des lacs acides peu profonds, pauvres en nutriments		
<i>Somatochlora alpestris</i>	Alpes, Jura, Vosges	Tourbières à sphaignes, gouilles permanentes, fosses de haut-marais et mare d'altitude, montagnes. Jusqu'à 2400 m	Manneville <i>et al.</i> , 2006 ; Dijkstra, 2011	Rareté : R
<i>Somatochlora arctica</i>	E et NE France, Massif central, Pyrénées-Orientales	Tourbières à sphaignes, gouilles permanentes, fosses de haut-marais et mare d'altitude, montagnes	Manneville <i>et al.</i> , 2006 ; Dijkstra, 2011	Rareté : R
<i>Sympetrum danae</i>	N, Centre et E France, Pyrénées	Étangs à végétations, marais acides, gouilles, montagnes ou plaines et collines	Manneville <i>et al.</i> , 2006 ; Dijkstra, 2011	Rareté : AR
<i>Sympetrum flaveolum</i>	France	Tourbières et marais divers, montagnes ou plaines et collines. Se reproduit dans des eaux peu profondes, riches en végétation, qui se réchauffent rapidement, voire s'assèchent durant l'été : dépressions et prairies inondables des marais, bord des lacs, cariçaies	Manneville <i>et al.</i> , 2006	Rareté : AR

Tableau 6 : Espèces de Rhopalocères bioindicatrices

Taxon	Zone géographique	Habitat	Source	Remarque
<i>Boloria aquilonaris</i>	Massif central, Jura, Vosges, Ardennes et Pays de Bray (Seine-Maritime)	Tourbières à sphaignes (la chenille préfère les zones de tremblants). 100-2000 m d'altitude.	Manneville <i>et al.</i> , 2006 ; Lafranchis, 2007	Protégé en France. Plantes hôtes : canneberge
<i>Coenonympha tullia</i>	De la Savoie au Morvan et Vosges	Bas-marais mésotrophe proche du haut-marais	Manneville <i>et al.</i> , 2006 ; Lafranchis, 2007	Protégé en France. Plantes hôtes : cypéracées (linaigrettes), graminées
<i>Colias palaeno</i>	Alpes et Jura	Tourbières et landes acides	Université Lille 1 ; Lafranchis, 2007	Existe-il d'autres sous-espèces en France ?
<i>Colias palaeno europome</i>	France	Haut-marais, buttes à sphaignes	Manneville <i>et al.</i> , 2006	Protégé en France. Plantes hôtes : airelle des marais
<i>Eurodryas aurinia aurinia</i>	France	Tourbières	Manneville <i>et al.</i> , 2006	Protégé en France. Plantes hôtes : succise, gentianes. Habitats à préciser.
<i>Mesoacidalia aglaja</i>	France	Tourbières	Manneville <i>et al.</i> , 2006	Plantes hôtes : bistorte, violettes. Habitats à préciser
<i>Proclossiana eunomia</i>	France	Tourbières	Manneville <i>et al.</i> , 2006	Protégé en France. Plantes hôtes : bistorte, violettes (violettes des marais)
<i>Vacciniina optilete</i>	Alpes	Landes, tourbières et pentes des montagnes à <i>Vaccinium</i>	Manneville <i>et al.</i> , 2006 ; Lafranchis, 2007	Plantes hôtes : éricacées (airelles)

Tableau 7 : Espèces d'Hétérocères bioindicatrices

Taxon	Zone géographique	Habitat	Source	Remarque
<i>Acronicta menyanthidis</i>	France	Tourbières et zones humides froides des montagnes	Manneville <i>et al.</i> , 2006	Plantes hôtes : trèfle d'eau, canneberge, divers saules
<i>Buckleria paludum</i>	France	Tourbières acides	Manneville <i>et al.</i> , 2006	Plantes hôtes : drosera
<i>Catoptria margaritella</i>	France	Zones humides	Manneville <i>et al.</i> , 2006	Vit sur divers mousses
<i>Plusia putnami gracilis</i>	France	Tourbières, mégaphorbiaies et prairies hygropile d'altitude	Manneville <i>et al.</i> , 2006 ; Robineau (coord.) <i>et al.</i> , 2007	Les caractéristiques concernent les populations du Massif central, l'espèce occupant les marais de l'arrière littoral dans le reste de la France

Tableau 8 : Espèces d'araignées bioindicatrices

Taxon	Zone géographique	Habitat	Source	Remarque
<i>Agyneta cauta</i>	France	Tourbières acides à sphaignes	Manneville <i>et al.</i> , 2006	
<i>Argyroneta aquatica</i>	France	Plans d'eau pourvus de végétation aquatique et où le courant est faible	Manneville <i>et al.</i> , 2006 ; Roberts, 2009	Habitat un peu top large.
<i>Dolomedes fimbriatus</i>	France	Zones marécageuses, ordinairement avec des plans d'eau	Manneville <i>et al.</i> , 2006 ; Roberts, 2009	Habitat un peu top large.
<i>Gnaphosa nigerrima</i>	France	Dans la mousse des lieux tourbeux	Manneville <i>et al.</i> , 2006 ; Roberts, 2009	Espèce nocturne
<i>Heliophanus dampfi</i>	Europe centrale jusqu'au Massif central	Sur les plantes basses, les broussailles, la mousse et dans les tourbières	Manneville <i>et al.</i> , 2006 ; Roberts, 2009	Rare en France. Habitat un peu top large.
<i>Pardosa sphagnicola</i>	France	Dans la mousse et les plantes basses des milieux humides ou marécageux	Manneville <i>et al.</i> , 2006 ; Roberts, 2009	Sensible à l'humidité. Habitat peut-être un éloigné des notres.
<i>Pirata piraticus</i>	France	Milieux humides et marécageux	Manneville <i>et al.</i> , 2006 ; Roberts, 2009	Habitat un peu top large.
<i>Pirata tennitarsis</i>	France	Tourbières à sphaignes	Manneville <i>et al.</i> , 2006 ; Roberts, 2009	
<i>Pirata uliginosus</i>	France	Tourbières acides à sphaignes (sur les tapis de sphaignes)	Manneville <i>et al.</i> , 2006	Sensible à l'humidité

Tableau 9 : Espèces de Diptères bioindicatrices

Taxon	Zone géographique	Habitat	Source	Remarque
<i>Culicoides impunctatus</i>	France ?	Marais bombés	Manneville <i>et al.</i> , 2006	Imprécisions sur la zone géographique et l'habitat
<i>Serycomia lapona</i>	France ?	Tourbières	Manneville <i>et al.</i> , 2006	Imprécisions sur la zone géographique et l'habitat
<i>Platycybeirus perpallidus</i>	France ?	Larve vivant aux pieds des carex du bas-marais	Manneville <i>et al.</i> , 2006	Imprécisions sur la zone géographique
<i>Chrysops sepulchralis</i>	France ?	Tourbières	Manneville <i>et al.</i> , 2006	Imprécisions sur la zone géographique et l'habitat

Tableau 10 : Espèces d'Orthoptères bioindicatrices

Taxon	Zone géographique	Habitat	Source	Remarque
<i>Pteronemobius heydeni</i>	France	Vit dans les prairies marécageuses, parmi les graminées et sur les touradons (touffes de laïches). Peut s'établir sur les tapis de sphaignes	Manneville <i>et al.</i> , 2006 ; Bellman et Luquet, 2009	Habitat ne correspondant pas vraiment avec ceux étudiés
<i>Stethophyma grossum</i>	France	Adulte colonisant les prairies hygrophiles, les biotopes riverains et jusqu'au branloire dans les marécages. Toutefois, l'adulte évite ordinairement les secteurs à sphaignes des tourbières bombées (Bellman et Luquet, 2009). Endroits humides tourbeux, œufs dans les tapis des sphaignes (Manneville <i>et al.</i> , 2006)	Manneville <i>et al.</i> , 2006 ; Bellman et Luquet, 2010	Doit-on considérer que cette espèce est caractéristique de nos habitats ?



Le réseau Natura 2000 a pour objectif le maintien ou la restauration dans un état de conservation favorable des espèces et des habitats naturels listés dans les annexes de la Directive Habitats-Faune-Flore. Le ministère en charge de l'écologie a chargé le MNHN de mettre en place des méthodes pour évaluer l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire dans les sites Natura 2000.

Une réflexion s'est engagée depuis 2008 au sein du SPN afin de mettre en place des méthodes d'évaluation de l'état de conservation par grand type d'habitat. Après la parution des méthodes d'évaluation des habitats forestiers (Carnino 2009), les dunes non boisées du littoral Atlantique (Goffé 2011), les habitats marins (Lepareur 2011), les lagunes côtières (Lepareur *et al.* 2013), les habitats agropastoraux (Maciejewski *et al.* 2013) et les habitats rivulaires alpins et méditerranéens (Viry 2013) la réflexion se poursuit pour les habitats humides tourbeux.

Cette première version du document résume la réflexion et la démarche qui ont amené à l'élaboration de la méthode pour évaluer l'état de conservation des habitats humides et aquatiques avec dans ce volet les habitats de tourbières acides à sphaignes. Cette méthode repose sur des critères et indicateurs qualitatifs ou quantitatifs, simples et en nombres restreint. Plusieurs indicateurs ont ainsi été sélectionnés après avoir été testés lors d'une campagne de relevés sur le terrain et leur modalité d'application a été précisée afin d'évaluer la structure et du fonctionnement de l'habitat et les atteintes pouvant avoir un impact important.

Cette étude a abouti à une première version de la méthode pour les habitats de tourbières acides à sphaignes, qui vise à être améliorée et à évoluer grâce aux retours d'expérience des professionnels, à l'augmentation des données disponibles, mais également à partir des avancées dans le domaine de la recherche en écologie de la conservation.