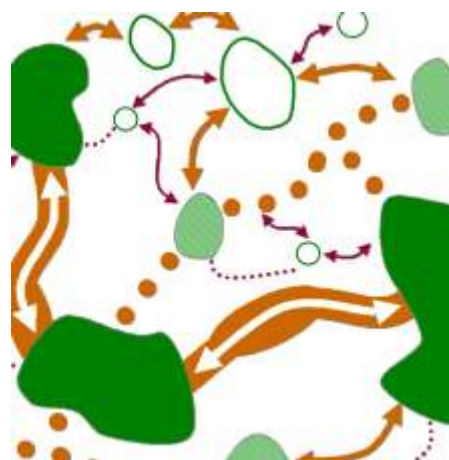


Réflexions en vue de l'application de la Trame verte et bleue aux tourbières

août 2014



Réflexion en vue de l'application de la Trame verte et bleue aux tourbières

*Dans quelle mesure le concept et l'utilité de la mise en réseaux, en trames, s'appliquent-ils aux tourbières ?
Quelle implication pour les trames vertes et bleues ?*

Etude réalisée par Francis Muller, Fédération des Conservatoires d'espaces naturels, avec le concours de Ludivine Coinceot, documentaliste et Grégory Bernard, chargé de mission scientifique et technique au Pôle-relais tourbières.

Remerciements . Nous remercions pour leur participation les personnes suivantes :

- Geneviève Barnaud (Muséum national d'histoire naturelle, Paris [75]), Frédéric Blanchard, Jérémie Cornuau (Terroïko [31]) Emmanuelle Bouillon (PNR du Cotentin et du Bessin [50]), François Dehondt (CBN-ORI Franche-Comté), Nicolas Dupieux (PNR des Monts d'Ardèche [07]), André-Jean Francez (Université de Rennes [35]), Rémi François (Conservatoire botanique national de Bailleul, antenne Picardie [80]), Nicolas Gorius (CEN Rhône-Alpes), Philippe Grosvernier (Lin'Eco, Suisse), Aurélien Hagimont (Syndicat mixte d'aménagement du Dessoubre et de valorisation du bassin versant [25]), Erwan Hennequin (Conservatoire d'espaces naturels Limousin), Hans Joosten, (université de Greifswald, Allemagne), Lucie Le Corguillé, Stéphane Cordonnier et Aurélie Soissons (Conservatoire d'espaces naturels d'Auvergne), Geneviève Magnon (Syndicat mixte des milieux aquatiques du Haut-Doubs), Jean-Paul Maurice (mycologue, Neufchâteau [88]), Sylvain Moncorgé et Magalie Mazuy (Conservatoire d'espaces naturels Franche-Comté), Frédéric Mora (CBN-ORI Franche-Comté, Besançon [25]), Jean Rousselot (Syndicat mixte des marais de Sacy [60], Romain Sordello (MNHN, Paris), Olivier Villepoux (arachnologue, Brioude [43]), Anne-Sophie Vincent (PNR du Haut-Jura), Jean-Baptiste Wetton (PNR du Cotentin et du Bessin [50])

et l'ensemble des membres du Conseil scientifique du Pôle-relais tourbières

Photos de couverture :

▣ Tourbière de Passonfontaine (Doubs) photo F Muller

Images Google Earth : ▣ ensemble de tourbières de Terre de Feu (Argentine) : photo de gauche

▣ Ensemble de tourbières de l'ouest de la baie d'Hudson (Ontario, Canada) : photo de droite



Dans les Hautes-Fagnes (Belgique), un récent programme LIFE aura notamment permis de remettre en connexion des tourbières fragmentées par des plantations de conifères. De petits barrages ont aussi créé des mares, qui seront un élément de connectivité par exemple pour des populations d'insectes aquatiques. Photo programme LIFE Hautes-Fagnes.

Sommaire

Avant-propos	p.2
1. Introduction	p.4
2. Rappels de concepts de connectivité des milieux, de trame, corridors	p.5
3. Rappel de la démarche TVB en France et de ses développements	p.5.
4. L'application possible de la TVB aux tourbières	p.8
4.1 Pour les tourbières en général	p.8
a) les tourbières constituent-elles une sous-trame au sens de la TVB ?	p.8
b) faudrait-il inclure toutes les tourbières dans une même réflexion ?	p.9
c) les milieux humides, des espaces naturellement ponctuels ?	p.10
d) l'intérêt de l'isolement pour favoriser la spéciation	p.10
e) connecter les tourbières, mais comment ?	p.10
f) faut-il connecter à tout prix ?	p.11
g) échanges à grande distance	p.13
h) échanges entre les tourbières et d'autres milieux voisins	p.16
i) les tourbières et le changement climatique	p.18
j) risque de favoriser les espèces envahissantes	p.18
4.2 Cas de certains types de tourbières minérotrophes	p.20
4.3 Cas des tourbières ombrotrophes	p.22
5. Le cas de certaines espèces patrimoniales de tourbières	p.24
5.1 La dispersion des végétaux et des champignons	p.26
5.2 La dispersion et le maintien de la biodiversité des espèces animales	p.30
5.3 Questions se posant suite au regard sur espèces et habitats	p.36
6. Autres aspects	p.37
6.1 Aspects sociologiques de la question des trames en tourbières	p.37
6.2 La qualité des milieux naturels	p.38
6.3 L'évolution des milieux au fil du temps : éviter une approche fixiste	p.38
7. Etude de cas en Franche-Comté	p.38
7.1 Le secteur du Russey	p.38
7.2 La vallée du Drugeon	p.39
7.3 Le PNR du Haut Jura	p.40
7.4 Les Vosges comtoises	p.41
8. Regards sur d'autres cas en France ou Europe limitrophe	p.42
8.1 En Rhône-Alpes	p.42
8.2 En Suisse Romande	p.43
8.3 En Auvergne	p.45
8.4 En Limousin	p.46
8.5 En Picardie	p.47
8.6 En Normandie	p.47
8.7 Eléments de synthèse	p.48
9. Propositions pour une meilleure prise en compte du sujet à l'avenir	p.49
9.1 La Trame verte et bleue et le changement climatique	p.49
9.2 Pistes de recherche	p.50
9.3 Les implications des considérations de l'étude pour la bonne prise en compte des tourbières	p.51
10. Conclusions de l'étude	p.52
11. Bibliographie utilisée	p.54
12. Lexique	p.57
Annexe 1 : Les avis du conseil scientifique du Pôle-relais tourbières	p.59
Annexe 2* : connectivité fonctionnelle dans un réseau de tourbières : Le cas du Plateau de Montselgues (Ardèche)*	fichier séparé

** NB : L'annexe 2 a été réalisée par la société Terroïko avec notre concours et celle des partenaires indiqués. Les éléments qu'elle contient nous ont paru être fortement illustratifs pour les propos que nous tenons dans ce rapport et c'est la raison pour laquelle nous les avons rapportés ici. Il ne saurait s'agir de notre part d'une publicité visant à promouvoir les activités de cette société plutôt que de toute autre.*

Dans quelle mesure le concept et l'utilité de la mise en réseaux, en trames, s'appliquent-ils aux tourbières ?

Quelle implication pour les trames vertes et bleues ?

Avant-propos

Contexte du sujet

Les concepts de trames, de réseaux, d'échanges entre milieux ou sites sont au centre de la réflexion et de l'action, pour la compréhension des systèmes écologiques... ainsi que pour la définition et la mise en place des concepts de conservation et d'un aménagement de l'espace respectueux des milieux naturels. Diverses démarches les mettent en avant, les Trames vertes et bleues et les Schémas régionaux de cohérence écologique figurant parmi les plus notables.

Les tourbières sont relativement moins souvent citées ou intégrées dans ces réflexions et dispositifs de manière générale au titre des zones humides. Au mieux, elles font l'objet de quelques remarques quant à leurs spécificités.

Aussi, ces concepts s'appliquent-ils pleinement à elles ou pas ? Y a-t-il des particularités les concernant à ces sujets, nécessitant de les traiter à part ou de leur accorder une attention spéciale ?

Ces questions avaient été soulevées lors de la journée « Recherche scientifique en tourbières » organisée par le Pôle-relais Tourbières le 2 février 2012 à Besançon (Pôle-relais tourbières, 2013). Il nous semblait qu'elles valaient la peine d'être approfondies, aussi avons-nous proposé au Conseil régional et à la DREAL de Franche-Comté une étude sur ces points.

La présente étude a été séparée en **deux phases**.

La première phase (2012-13) a abordé l'identification des problématiques pour les tourbières (incluant la réflexion sur les habitats et espèces). Elle s'est intéressée aux sujets suivants :

- un rappel d'un certain nombre de concepts pouvant concerner la connectivité des milieux et des espèces, et un lien avec les tourbières ;
- une application de ces concepts dans le cadre des trames vertes et bleues, après en avoir rappelé les raisons d'être, les grandes modalités et les objectifs ;
- l'application des concepts aux tourbières, en mettant l'accent sur d'éventuelles différences entre types de tourbières ;
- l'application de ces concepts à certains groupes d'espèces ou espèces patrimoniales des tourbières.

Elle fournit la bibliographie des documents utilisés au cours de la réflexion, complétée, durant la 2^e phase, par des références utilisées ultérieurement.

Une **seconde phase du travail** s'est déroulée sur **2013-14** :

- **Application de la réflexion à des cas pratiques**, pris sur le territoire régional franc-comtois (plateau du Dugeon, Vosges saônoises, plateau du Russey, les plateaux du Haut-Jura) et à un choix de sites en France et en Suisse voisine.

- **Implications de ces éléments pour la prise en compte des tourbières** sur le terrain et une bonne intégration de ces milieux et de leurs milieux annexes aux TVB. Quelle implication pour l'aménagement du territoire ? Quels suivis effectuer ?
- **Réflexions pour une extension future** : propositions pour que ce sujet fasse l'objet de recherches scientifiques complémentaires pouvant également donner lieu à des thèses (ou équivalents), publications, colloques...

1. Introduction

Il sera question dans ce document de voir dans quelle mesure et comment la connexion entre tourbières peut être favorable ou non au maintien ou au développement des habitats et des espèces caractéristiques des tourbières.

Mode de réalisation de l'étude et information mobilisable

Cette étude a été réalisée en mobilisant :

- Une recherche bibliographique sur le sujet, effectuée à partir des sources déjà disponibles au Pôle-relais tourbières et de recherches spécifiques dans la documentation existant en France et dans d'autres pays. Elle a été effectuée principalement par la documentaliste du Pôle-relais tourbières et se traduit par les références données ci-après dans le texte et récapitulées dans la bibliographie en fin d'étude (§ 11)
- Des contacts avec des scientifiques et techniciens spécialistes de divers domaines se rapportant à notre sujet, et tout particulièrement avec le Conseil scientifique du Pôle-relais tourbières. Le sujet a été abordé aux séances de ce conseil scientifique en Normandie en 2012 et à Paris en 2013 ; le résumé de ces interventions est fourni en annexe 1 du présent document.
- Une réflexion sur la base des documents, avis et informations disponibles, effectuée par le Pôle-relais tourbières.

Le sujet de la présente étude avait été proposé au moment où se mettaient en place les démarches en vue de la réalisation des Schémas régionaux de cohérence écologique (SRCE). Nous avons suivi le déroulement de cette démarche en Franche-Comté et certaines de nos remarques, surtout pour la 2^e partie (application des réflexions à des cas précis), sont liées à celle-ci. Ainsi, si le sujet de la connexion entre milieux tourbeux est un sujet scientifique et technique en soi, la définition puis l'application de la Trame verte et bleue en France ou d'autres politiques publiques constituent à la fois une mise en pratique et une prise en charge par la sphère administrative et politique de ces concepts. Dans les pages qui suivent, il nous arrivera de substituer à la réflexion sur les connectivités en général une réflexion sur l'application de la TVB. Celle-ci est plus spécifiquement abordée au § 3.

Difficultés et particularités du sujet

Nous nous sommes attelés ici à un sujet dont il est apparu qu'il n'avait pas beaucoup été traité, en particulier pour ce qui concerne les tourbières bombées, et moins encore pour un pays comme la France. De plus, les références trouvées, relativement peu nombreuses comparées à ce qui a pu être écrit de manière générale sur les trames vertes et bleues et plus largement sur les concepts de corridors et réservoirs biologiques, ne sont pas toujours facilement utilisables dans le cas de la situation de notre pays, du point de vue des types, des tailles et de la répartition géographique des tourbières, ainsi que, parfois, du point de vue des espèces qu'on y trouve.

Cette constatation nous pousse à proposer un certain nombre de thèmes de recherche, qui pourraient être avec profit développés par les universités, bureaux d'études ou autres chercheurs durant les années à venir.

Les tourbières (et dans une moindre mesure également d'autres types de zones humides) n'ont pas été autant étudiées que d'autres milieux dans les démarches de la TVB en France. Par exemple, l'étude de Sordello et al. 2011b, « a opéré [un choix] de façon à retenir des milieux ou des thèmes :

- liés aux continuités écologiques, souffrant de fragmentation autrement pertinents au regard du projet TVB ;

- ayant un intérêt à être traités à une échelle nationale : grands déplacements de certaines espèces, grands types de milieux, milieux soumis au changement climatique (qui comme nous l'avons vu est le facteur dominant essentiellement à large échelle).

Il est donc proposé de produire cinq cartes nationales dont quatre d'entre elles seront axées sur une logique « milieux » :

- Milieux ouverts frais à froids ;

- Milieux ouverts thermophiles ;

- Milieux boisés ;

- Milieux bocagers.

Une cinquième carte nationale est proposée, reposant sur une entrée « espèces », qui synthétisera les principales voies de migration de l'avifaune. »

2. Rappels de quelques concepts de connectivité des milieux, de trames, de corridors.

Les principes d'un réseau écologique

« Un réseau écologique constitue un maillage d'espaces ou de milieux nécessaires au fonctionnement des habitats et de leur diversité ainsi qu'aux cycles de vie des diverses espèces de faune et de flore sauvages et cela, afin de garantir leurs capacités de libre évolution. » (Allag-Dhuisme et al. 2010).

La **connectivité fonctionnelle** lie ou relie des éléments éco-paysagers physiquement connectés ou non (habitats naturels ou semi-naturels, zones-tampon, corridors biologiques). Elle les relie entre eux, du point de vue d'un individu, d'une espèce, d'une population ou d'une association de ces entités, pour tout ou partie de leur stade de développement, à un moment donné ou pour une période donnée. Quand cette continuité n'est pas physique, on parle parfois de 'corridors en pas japonais'. C'est le « fait qu'un individu (ou les propagules d'une espèce) puisse passer d'une tache à l'autre, même si elles sont éloignées » (Burel et Baudry, 1999). La continuité est fonction de la composition du paysage, de sa configuration (arrangement spatial des éléments du paysage) et de l'adaptation du comportement des organismes à ces deux variables.

Quels sont les habitats qui ont besoin de continuités ?

Cette question a été abordée notamment dans les réflexions du MNHN sur les critères nationaux de cohérence en rapport avec les habitats (Sordello et al., 2011).

Il y est indiqué que « la bibliographie est relativement pauvre sur ce sujet, du fait d'un manque crucial de connaissances : que signifie pour un habitat « avoir besoin de continuité » ? Comment dire qu'un habitat est plus pertinent qu'un autre dans une logique TVB ? ».

Il est à noter que les critères ensuite développés dans ce texte ne sont pas tant en rapport avec la nécessité que les habitats soient connectés mais plutôt en rapport avec les fréquence / rareté / niveau de connaissance de cet habitat.

Voici les critères cités (ibid.) :

- l'étendue de l'aire de répartition de l'habitat en France
- le caractère fréquent de l'habitat au sein de son aire de répartition
- la taille de l'habitat / son caractère ponctuel / son isolement
- le degré de connaissance dont nous disposons à ce jour sur l'habitat. (sur ce dernier critère, il a p. ex. été noté que les tourbières dites 'de couverture' - tourbières ombrotrophes hyper-atlantiques, se développant sur l'ensemble d'un secteur géographique quelle que soit la topographie - n'ont pas été retenus : cet habitat n'est pas reconnu formellement en France).

3 Rappel de la démarche « Trame verte et bleue » en France et de ses développements

La mise en place de cette TVB se base sur un certain nombre de concepts de l'écologie du paysage, comme la connectivité des milieux évoquée plus haut. L'une de nos questions est aussi de voir comment les tourbières se fondent dans cette démarche ou constituent des cas plus ou moins particuliers dans son application.

Définition de la Trame verte et bleue

Extrait de <http://www.trameverteetbleue.fr/presentation-tvb/qu-est-ce-que-trame-verte-bleue/definitions-trame-verte-bleue> , consulté le 31 juillet 2013.

« La Trame verte et bleue est un réseau formé de continuités écologiques terrestres et aquatiques identifiées par les schémas régionaux de cohérence écologique ainsi que par les documents de l'Etat, des collectivités territoriales et de leurs groupements. Elle constitue un outil d'aménagement durable du territoire.

La Trame verte et bleue contribue à l'état de conservation favorable des habitats naturels et des espèces et au bon état écologique des masses d'eau. Elle s'étend jusqu'à la laisse de basse mer et dans les estuaires, à la limite transversale de la mer. »

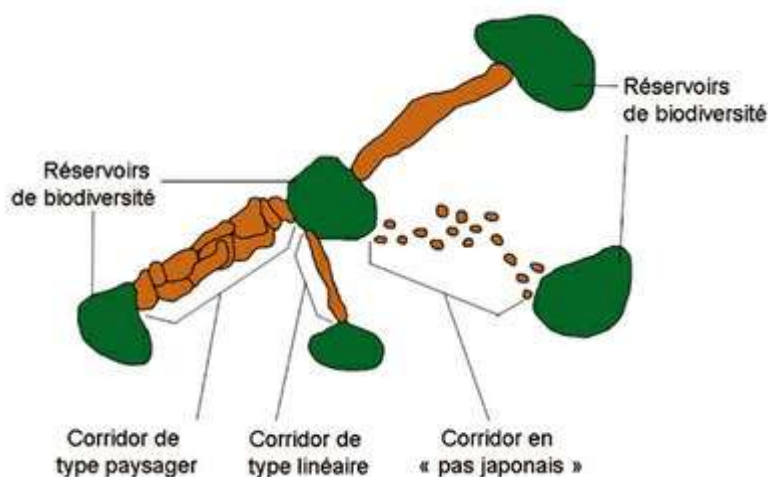


Schéma : F. Allag-Dhuisme (MEDDTL / DGALN / DEB), 2010

- **CONTINUITES ECOLOGIQUES**

Les continuités écologiques constituant la Trame verte et bleue comprennent des réservoirs de biodiversité et des corridors écologiques.

- **RESERVOIRS DE BIODIVERSITE**

Ce sont des espaces dans lesquels la biodiversité est la plus riche ou la mieux représentée, où les espèces peuvent effectuer tout ou partie de leur cycle de vie et où les habitats naturels peuvent assurer leur fonctionnement en ayant notamment une taille suffisante, qui abritent des noyaux de populations d'espèces à partir desquels les individus se dispersent ou qui sont susceptibles de permettre l'accueil de nouvelles populations d'espèces.

Les réservoirs de biodiversité comprennent tout ou partie des espaces protégés et les espaces naturels importants pour la préservation de la biodiversité (article L. 371-1 II et R. 371-19 II du code de l'environnement).

- **CORRIDORS ECOLOGIQUES**

Les corridors écologiques assurent des connexions entre des réservoirs de biodiversité, offrant aux espèces des conditions favorables à leur déplacement et à l'accomplissement de leur cycle de vie. Les corridors écologiques peuvent être linéaires, discontinus ou paysagers.

Les corridors écologiques comprennent les espaces naturels ou semi-naturels ainsi que les formations végétales linéaires ou ponctuelles permettant de relier les réservoirs de biodiversité, et les couvertures végétales permanentes le long des cours d'eau mentionnées au I de l'article L. 211-14 du code de l'environnement (article L. 371-1 II et R. 371-19 III du code de l'environnement).

- **APPLICATION AUX ZONES HUMIDES**

Les zones humides dont la préservation ou la remise en bon état contribue à la réalisation des objectifs visés au IV de l'article L. 212-1 du code de l'environnement, et notamment les zones humides mentionnées à l'article L. 211-3, ainsi que les autres zones humides importantes pour la préservation de la biodiversité, constituent des réservoirs de biodiversité et/ou des corridors écologiques.

- **SOUS-TRAMES**

« La première dimension est liée à la diversité des milieux présents sur le territoire étudié. À chaque type de milieu correspond en effet une sous-trame. On distinguera par exemple une sous-trame forestière, une sous-trame des zones humides, une sous-trame aquatique (eaux courantes), une sous-trame des milieux agricoles extensifs... C'est l'ensemble de ces sous-trames qui forme le réseau écologique global du territoire ainsi que l'analyse des relations entre sous-trames. La définition des sous-trames nécessite une adaptation aux caractéristiques et enjeux du territoire.

Pour certains territoires, il conviendra de dégager une sous-trame des prairies humides, pour d'autres, une sous-trame des landes, de pelouses calcicoles, etc. Cette notion de sous-trame est importante pour les phases d'élaboration de la trame verte et bleue lors de l'identification des réservoirs de biodiversité pour les espèces et habitats de chaque sous-trame. » (Allag-Dhuisme et al., 2010).

- **TRAME VERTE ET/OU TRAME BLEUE**

Les tourbières et d'autres zones humides sont à la croisée des trames bleues, qui comprennent notamment les cours d'eau et des trames vertes, qui incluent aussi forêts, prairies, haies... En effet, les zones humides peuvent être un élément de continuité pour les espèces et habitats liés à l'eau, mais comportent aussi une végétation, parfois abondante, qui permet de les inclure dans les connexions 'vertes'. Dans ce qui suit, nous regarderons donc les tourbières dans le cadre de la 'Trame verte et bleue', sans scinder habituellement entre trame verte et trame bleue. Dans certains cas particuliers seulement, en général pour des espèces, que nous pourrions être amenés à examiner si tel type de tourbière est plutôt un obstacle ou un corridor à la circulation.

Selon Allag-Dhuisme et al, 2010 :

« **Plusieurs entrées** sont envisageables pour établir l'ossature d'une Trame verte et bleue :

- **par les espèces** : en partant du postulat que la continuité sert à leur déplacement, il s'agit de cibler le maintien ou la remise en bon état de cette continuité sur certaines espèces. Cependant, le fait de se restreindre à un trop petit nombre d'espèces [les plus rares ? NDLR] peut être discutable. Il est alors possible de travailler sur des groupes d'espèces pas trop rares et caractéristiques chacun d'un type d'habitat donné. La localisation des habitats associés à ces communautés permet de réfléchir aux continuités à maintenir ou restaurer (approche « espèces puis habitats ») ;

- **par les habitats** : plutôt que de choisir des listes d'espèces, se focaliser sur les habitats permet d'assurer la sauvegarde des espèces qui y sont inféodées (approche « habitats puis espèces ») ;

- **par les zones d'intérêt écologique majeur** qui abritent une grande diversité biologique d'espèces et d'habitats qu'il convient de favoriser en permettant des échanges entre elles. Des ZNIEFF de type 1 voire de type 2 pourraient constituer ces zones (approche mixte « espèces et habitats ») ;

- **par les paysages** : il s'agit de favoriser les structures paysagères qui permettent la connexion des habitats naturels (approche « écopaysages »). »

« La destruction et la fragmentation des habitats naturels se traduisent aussi bien par la diminution des surfaces utilisables par une espèce ou groupe d'espèces que par l'augmentation des distances qui séparent les habitats naturels résiduels les uns des autres (artificialisation sur de vastes surfaces, activités humaines intensives et fragmentation par des barrières physiques artificielles notamment, telles les infrastructures linéaires de transport). » (Allag-Dhuisme et al, 2010)

Dans la présente étude, nous considérerons nettement le cas des espèces et des habitats, et aborderons celui des paysages brièvement dans le §6. Pour ce qui est des zones d'intérêt écologique majeur, considérant que les tourbières sont en France, par leur relative rareté, toutes composées d'habitats et abritant des espèces rares, l'entrée par zones d'intérêt écologique majeur ne nous semble pas apporter ici de plus-value.

4 L'application possible de la TVB aux tourbières

4.1 Tourbières en général

a) Les tourbières constituent-elles une sous-trame au sens de la TVB ?

Les tourbières constituent un ensemble de types de milieux pour lesquels on peut se poser la question de l'application des concepts de trames et réseaux. Elles ne constituent pas une sous-trame à proprement parler dans la mise en place de la TVB en France.

Dans l'élaboration d'une « liste recommandée d'habitats aux enjeux forts de liaison » (Sordello et al. 2011), il a été proposé l'ajout de certains types de milieux définis selon Corine Land Cover. Pour les milieux humides, il s'agit des marais intérieurs (n°411), des tourbières (412) et des plans d'eau (512).

Au total, les **habitats de tourbières retenus dans ce document** sont :

- les tourbières hautes actives (n° de la Directive Habitats, Faune, Flore : 7110)
- les tourbières hautes dégradées encore susceptibles de régénération naturelle (7120)
- les tourbières de transition et tremblants (7140)
- les dépressions sur substrats tourbeux du *Rhynchosporion* (7150)
- les tourbières basses alcalines (7230)
- les marais calcaires à *Cladium mariscus* et espèces du *Caricion davallianae* (7210, ces formations n'étant pas toujours tourbeuses)

Nous avons au total 6 grands types d'habitats tourbeux (ou pouvant l'être) parmi les 14 habitats de zones humides qui sont retenus dans la sous-trame correspondante.

Il faudrait y ajouter les tourbières boisées (91D0) (cet habitat n'est cependant pas classé dans les milieux humides par son classement principal, mais dans les milieux boisés).

Celles-ci comprennent exclusivement les sous-types suivants :

- 44.A1 - Boulaies à sphaignes
- 44.A2 - Tourbières boisées à pin sylvestre
- 44.A3 - Tourbières boisées à pin à crochets
- 44.A4 - Pessières à sphaignes

b) Faudrait-il inclure toutes les tourbières dans une même réflexion ?

...Ou vaut-il mieux considérer, comme l'a fait notre conseil scientifique (cf Annexe 1) que les tourbières ne forment pas un type homogène et qu'il faut les scinder ?

C'est cette dernière option que nous tendrons à privilégier ici, sur la base d'un fonctionnement très différent entre principalement les « hauts-marais » (tourbières bombées, tourbières ombrotrophes) et les « bas-marais » (tourbières minérotrophes).

En effet, les hauts-marais sont alimentés par des eaux météoriques alors que les bas-marais le sont par des eaux de surface ou souterraines. Ce mode d'alimentation hydrique implique nécessairement que les bas-marais soient liés hydrologiquement avec d'autres milieux voisins, que ce soit d'autres tourbières ou non, car les eaux, sauf cas très rares, entrent et sortent de la tourbière considérée.

Pour les hauts-marais, le lien hydrologique pourrait apparaître comme moins nécessaire, et nous essayerons de développer les argumentaires parfois divergents à ce sujet. Il est à noter qu'il y a bien des relations qui s'établissent entre ces tourbières, et entre celles-ci et les milieux environnants, notamment pour les espèces qu'elles comportent. Mais elles sont nettement d'un type différent de celles que l'on observe pour les bas-marais.

Une distinction peut aussi dans certains cas être opérée entre milieux oligotrophes (à faible apport de nutriments, ils incluent toutes les tourbières ombrotrophes) et milieux eutrophes / polytrophes, à apport de nutriments forts à excessifs.

Il paraît délicat de définir une sous-trame « tourbière » car si quelques espèces sont spécifiques à ces milieux, il existe aussi un ensemble important d'espèces plus ubiquistes de milieux humides. Quelle est la part réelle des espèces spécifiques ? De nombreuses

espèces vont également se retrouver dans les habitats de prairies tourbeuses (Code européen 6410) par exemple. A l'échelle d'une région, une distinction entre sous-trame de zones humides oligotrophes et une sous-trame de zones humides eutrophes pourrait être plus fonctionnelle. En Auvergne, il n'a pas été possible de cartographier une sous-trame zone humide générale (S. Cordonnier, com. pers. 2014).

c) Les milieux humides, des espaces naturellement ponctuels ?

Comme cela est mentionné dans l'état des lieux **en partie 1.2**, une carte nationale des zones humides en France a été réalisée en 2009 par l'Observatoire national des zones humides avec l'appui technique du MNHN.

L'idée de valoriser cette carte pour l'identification de continuités écologiques de milieux humides a été soulevée par le Ministère. Le Muséum a donc mené une réflexion à ce sujet, notamment en consultant Geneviève Barnaud, experte Zones humides au sein du service du Patrimoine naturel.

Ainsi, cette réflexion a abouti à considérer que, « *de façon générale, les milieux humides ne semblent pas véritablement s'inscrire dans une logique de continuités physiques comme cela peut être le cas pour les milieux forestiers ou les milieux ouverts.* »

Différents points ont notamment été soulevés :

« - un certain nombre de milieux humides sont « **naturellement** » **ponctuels** et il n'y aurait pas véritablement de sens à vouloir physiquement les relier. Pour certains types de milieux humides, une mise en continuité avec d'autres milieux semblables pourrait même s'avérer préjudiciable au maintien des équilibres biologiques et hydriques. Les tourbières d'altitude par exemple ont tout avantage à rester isolées car vulnérables aux arrivées d'eau riches en nutriments ou d'espèces eutrophes ;

- certaines espèces peuvent tout à fait avoir besoin d'échanges entre différents milieux humides mais il s'agit au final d'un besoin d'une mosaïque d'habitats différents juxtaposés ou situés à proximité et non d'une continuité physique d'un type de milieu humide. [...]

A ce stade, l'identification de grandes continuités écologiques ne semble donc pas évidente en ce qui concerne les milieux humides. » (Sordello et al. 2011b)

d) L'intérêt de l'isolement pour favoriser la spéciation

Peut-on considérer que l'isolement total ou relatif de nos tourbières constitue un facteur apte à stimuler la spéciation ?

Dans ce sens, si l'on veut préserver une biodiversité en voie de création, il s'agirait de plutôt maintenir cet isolement, afin de permettre une telle différenciation. Il apparaît que si spéciation il devrait y avoir, elle n'en est vraisemblablement qu'à ses prémisses. En effet, l'isolement des espèces en tourbières étant la plupart du temps de l'ordre d'un à quelques milliers d'années, lorsqu'on sait que la fin de la dernière période glaciaire date d'un peu plus de 10 000 ans et que les tourbières de notre pays sont presque toutes postérieures à cette époque. La différenciation complète d'une espèce met quant à elle plus souvent un temps de l'ordre de plusieurs centaines de milliers d'années, même s'il est très variable.

Des cas sont cependant relatés d'évolution aboutissant à une foison d'espèces nouvelles en un temps comparable à celui qui nous sépare de la fin de la glaciation de Würm, comme pour les poissons Cichlidés du lac Victoria (Afrique orientale), qui se seraient largement différenciés après un assèchement du lac voici 14 000 ans (Raven et al., 2011)

e) Connecter des tourbières, mais comment ?

S'il est question de connecter des tourbières dans certains cas, qu'entend-on par 'relier physiquement' les tourbières ?

Il s'agira en fait de savoir :

- si la distance qui sépare les tourbières est suffisamment faible pour pouvoir permettre des **échanges d'individus des espèces liées aux tourbières**, afin que des métapopulations ne soient pas durablement isolées (se pose néanmoins, pour certains interlocuteurs contactés, la question de l'intérêt possible de tels isolements, pouvant théoriquement conduire à long terme à la différenciation de formes voire de (sous)-espèces, un peu comme des îles océaniques) ; bien sûr, la distance permettant un échange est variable en fonction de la capacité de déplacement actif ou passif de l'espèce.
- ce qui se passe **en cas de destruction de tourbières proches** : les tourbières restantes seront-elles en mesure, en fonction de leur surface et de leurs caractéristiques, de maintenir les espèces et habitats qu'elles possèdent, voire de pouvoir permettre des recolonisations ultérieures ?
- **quels types de milieux sont présents entre les tourbières existantes** : quelle circulation ces milieux interstitiels permettent-ils, en fonction de leurs caractéristiques et de la manière dont les diverses espèces peuvent les utiliser ou y pénétrer ? Y a-t-il des barrières infranchissables (axes de circulation humains mais aussi champs de céréales par exemple) ?

f) Faut-il connecter à tout prix ?

Inconvénients ou risques à connecter les tourbières

« Il convient de garder à l'esprit que les discontinuités naturelles ont isolé de tout temps des populations d'espèces, qui, au fil des milliers d'années, ont évolué jusqu'à devenir des espèces à part entière. C'est cette fragmentation naturelle qui a permis l'apparition de nouvelles espèces par divergence progressive, la diversité intrinsèque des habitats naturels et qui a donc créé une partie de la biodiversité actuelle. Toute continuité écologique n'est pas systématiquement positive pour la conservation de la biodiversité. Il ne s'agit donc pas de tout connecter « à tout prix » : parfois certains écosystèmes fonctionnent de manière isolée. » (Allag-Dhuisme et al., 2010)

Bien sûr, il ne doit aucunement s'agir de **mettre en communication hydrique** des tourbières qui ne l'étaient pas. En effet, une part importante de la spécificité de telles ou telles tourbières, même proches les unes des autres, peut être due à l'existence de conditions chimiques (concentration en ions particuliers...) ou physiques (température...) différentes. L'eau, par sa quantité, sa régularité de disponibilité et sa qualité, détermine le type de tourbières et son fonctionnement. La mise en connexion d'eaux de qualité différente pourrait bouleverser ces subtilités, pouvant dans les pires cas, comme lorsque le pH est très différent, totalement modifier la flore ou la faune présentes.

Mais il est à souligner que **les connexions ne sont pas qu'hydriques** : des habitats, des espèces, peuvent se développer ou modifier leur répartition sans que les communications se fassent par le biais des eaux, stagnantes ou courantes, souterraines ou de surface. Par exemple, la dispersion des graines, nous le verrons plus loin, peut être aérienne.



Ligulaire de Sibérie *Ligularia sibirica*, une espèce arctico-alpine présente dans quelques massifs montagneux français, en Europe centrale et dans les zones boréales. Photo G Bernard, Bourdouze [63], 2011.

Une des particularités de certaines tourbières, notamment de celles des zones de montagne, est de **constituer des isolats relatifs** et de comporter souvent des éléments de faune, flore et habitats qualifiés pour certains d'arctico-alpins car largement présents dans le nord de notre hémisphère et trouvables dans les montagnes d'Europe.

En ce sens, c'est même un certain isolement qui les définit et les maintient. Mais s'il s'agit d'un isolement de l'ensemble de ces tourbières par rapport au reste des tourbières du pays, cet isolement signifie-t-il que CHACUNE des tourbières de ces ensembles doit être isolée des autres ? On peut plus logiquement souhaiter

conserver / retrouver un ensemble d'une certaine taille, comportant des liens entre tourbières voisines, de manière à ce que des métapopulations de taille viable puissent être représentées.

Ceci pose la question d'une éventuelle **taille minimale** des tourbières ou des ensembles connectés de tourbières, pour qu'ils puissent comporter durablement les espèces caractéristiques. Dans nos régions, la taille des objets est déjà trop faible pour que des grandes espèces, comme des oiseaux ou grands mammifères, y soient réellement inféodées. On ne trouvera pas, ainsi, de pluviers, grues ou grands limicoles nicheurs comme dans les tourbières de Scandinavie.

La taille des tourbières influe sur d'autres paramètres. Une différence évoquée (Joosten H., com. pers., 2014) entre les tourbières d'assez grande taille d'Europe centrale, comme en Biélorussie, et celles plus petites de France, peut tenir à ce que des conditions microclimatiques (humidité notamment) se maintiennent mieux dans des ensembles vastes. Ainsi, ce serait un des facteurs expliquant qu'on puisse avoir en Biélorussie des tourbières ombrotrophes qui se maintiennent alors que les précipitations annuelles sont de 600 mm seulement. Il faut en France en général quelque 1000 mm ou plus pour obtenir ce type de tourbières. La présence tant d'espèces que d'habitats ou de types de tourbières pourrait donc nécessiter que des éléments de notre réseau de tourbières restent de grande taille pour disposer de l'ensemble des caractéristiques remarquables potentielles.

Parmi les inconvénients potentiels de la reconnexion des tourbières, notons un possible risque de **connecter des populations-sources avec des populations-puits**. Exemple : un nacré de la canneberge pond sur une tourbière où une population source se maintient. En ouvrant la possibilité à ce nacré d'aller pondre sur une tourbière éloignée un peu dégradée où la survie de la ponte est compromise (climat, faible population...), on diminue la population source (effet négatif). Mais il existe des espèces pour lesquelles c'est l'inverse (notamment pour des plantes à stratégie R comme 'rudérale'). Il est donc difficile d'avoir une approche globale sur ce thème.

Tableau 1 : Avantages et risques potentiellement induits par la création de corridors (extrait de Bergès et al., 2010)

Avantages potentiels	Risques potentiels
Augmenter le niveau d'immigration, ce qui pourrait : <ul style="list-style-type: none"> • augmenter ou maintenir la richesse spécifique et la diversité, • augmenter la taille de la population d'une espèce donnée, • diminuer les risques d'extinction, • permettre une réinstallation de l'espèce, • réduire les risques de dépression de consanguinité (<i>inbreeding depression</i>) et maintenir la diversité génétique. 	Augmenter le niveau d'immigration, ce qui pourrait : <ul style="list-style-type: none"> • faciliter la propagation des maladies, des espèces nuisibles, des espèces envahissantes, des exotiques, • homogénéiser la diversité génétique des populations par flux de gènes excessif (<i>outbreeding depression</i>).
Accroître la quantité de lieu de nourriture pour les espèces à large niche	Faciliter la propagation du feu et des autres catastrophes contagieuses
Fournir un couvert refuge lors des déplacements entre taches	Augmenter le risque de prédation
Accroître l'accessibilité à un panel d'habitats	Pourrait ne pas fonctionner pour les espèces non étudiées spécifiquement
Fournir un refuge en cas de grandes perturbations	Coût et conflits possibles avec les autres actions de conservation des espèces menacées (augmenter la taille des taches d'habitat, améliorer la qualité de la matrice, déplacer les espèces)

Quelques remarques, concernant les tourbières, à propos du tableau 1 ci-dessus, qui a été élaboré pour les milieux naturels en général :

Tous les éléments ici mentionnés ne semblent pas s'appliquer de manière égale aux tourbières :

- Accroître la quantité de lieux de nourriture pour les espèces à large niche est ici peu recherché. En effet, une particularité des tourbières est d'avoir peu d'espèces à large niche, ou alors elles sont présentes dans des tourbières peu typiques ou dégradées.
- En face, la propagation du feu est aussi un évènement qu'on retrouvera surtout dans les tourbières dégradées et asséchées.

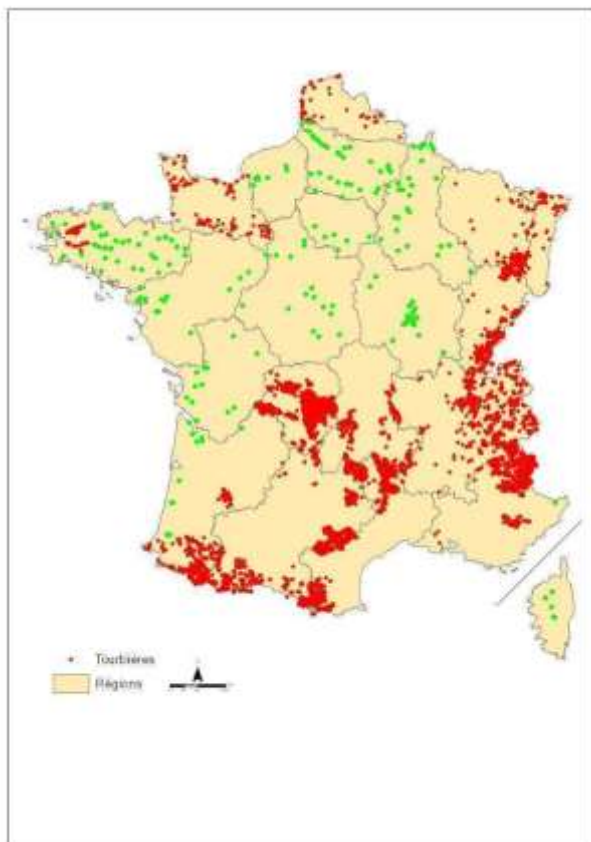
Par contre, un **refuge en cas de perturbations** pourrait s'avérer utile. On songe, p. ex., aux possibilités pour les espèces et habitats de trouver un refuge approprié si, suite aux changements climatiques, un repli devait pouvoir s'effectuer vers des zones encore favorables. Nous avons pu voir en Biélorussie en 2014, la difficulté de survie d'une espèce comme le lagopède des saules (*Lagopus lagopus*), adaptée aux conditions froides et surtout présente en toundra. L'oiseau, présent naguère sur une grande partie du pays, se restreint maintenant aux vastes tourbières du nord du pays. Mais l'absence de zones montagnardes plus fraîches et les conséquences du réchauffement climatique risquent de rendre problématique un repli de cette espèce assez peu mobile vers des zones restant favorables.

g) Echanges à grandes distances

Les études sur la Trame verte et bleue s'intéressent aussi bien aux connexions à l'échelle locale qu'aux échelles régionale ou encore nationale. Pour ce qui concerne les tourbières, nous ne pouvons que regretter l'absence, à ce jour, d'une carte nationale de leur répartition. Le SOeS (service des statistiques du Ministère chargé de l'écologie) et le Pôle-relais

tourbières se sont associés avec les Conservatoires d'espaces naturels des régions concernées pour parvenir à une cartographie assez fine sur une petite moitié environ des régions de France (Anonyme 2013). Mais la couverture nationale reste incomplète, faute de pouvoir réaliser ou terminer des inventaires régionaux sur des bases similaires.

Le Pôle-relais tourbières a sur cette base réalisé une carte fondée sur des données qui ne sont assez complètes que pour les zones figurant en rouge (carte n°1 ci-dessous). Les informations compilées sont également un peu variables d'une région à l'autre, n'intégrant pas toujours de la même façon des sites où de la tourbe est présente sans que la végétation soit restée caractéristique de tourbières. La carte a néanmoins l'avantage de montrer que les tourbières sont présentes sur quasiment tout le territoire national, même si c'est d'une manière très irrégulière, et que les points forts de cette répartition se situent d'une part dans les zones humides des littoraux ouest, et notamment proches des estuaires de grandes et moyennes rivières (Somme, Douve, Loire, Adour,...) et d'autre part sur les moyennes montagnes à la pluviométrie élevée..



Carte n°1 : carte provisoire de localisation des principaux ensembles à tourbières de France, Pôle-relais tourbières / FCEN 2014, réalisée pour les zones en rouge sur la base d'inventaires faits avec les Conservatoires d'espaces naturels et le Service de la statistique (SOeS) du Ministère de l'écologie, complétées par des indications provenant de diverses sources pour les zones en vert. NB : chaque tourbière est figurée par un point, et est en général grossie par rapport à sa taille réelle, afin de pouvoir être visible à l'échelle de la carte.

Dans les vallées de l'ouest, il s'agit de tourbières minérotrophes et en général eutrophes, dont les connexions seraient de nature similaire à celles pouvant exister entre milieux non tourbeux.

Pour les espèces, les connexions sont vraisemblablement actives pour des espèces comme les oiseaux, qui vont d'estuaire en estuaire et qui sont étudiés en tant que tels (en faisant l'objet de cartes particulières) par le MNHN dans son travail sur la TVB.

Pour ce qui concerne les tourbières des zones de moyenne montagne, on peut se rapprocher des réflexions du MNHN visant à examiner les connexions entre milieux ouverts frais à froids.

CONTINUITES ECOLOGIQUES D'IMPORTANCE NATIONALE DE MILIEUX OUVERTS FRAIS A FROIDS



MNHN-SPN - Carte nationale de continuités écologiques d'importance nationale de milieux ouverts frais à froids - Juin 2011



Carte n°2 : document MNHN 2011

On retrouve sur les continuités figurées dans la [carte n°2](#) une grande partie des zones riches en tourbières. Celles-ci pourraient ainsi faire l'objet d'une connexion, par exemple entre les tourbières des Pyrénées et celles du sud du Massif central (liaison 4), ou encore celles du Jura et des Vosges (liaison n°3).

On n'aurait cependant pas, en suivant la carte, de lien entre les tourbières des zones estuariennes ou de bas de bassins versants de l'Atlantique et de la Manche, celles-ci ne

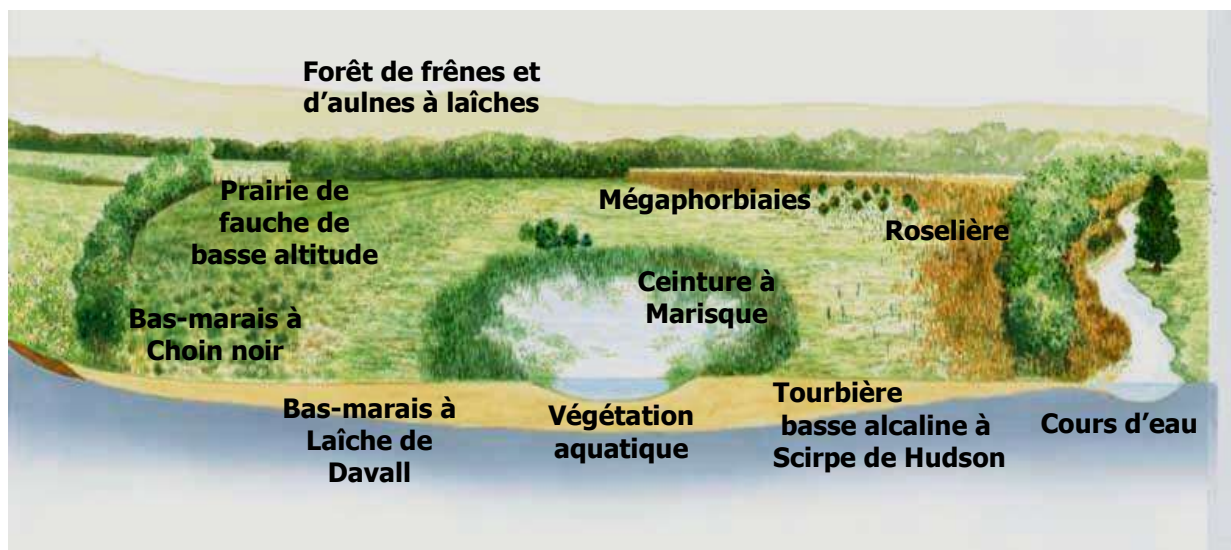
relevant pas des milieux froids ou frais...et également d'une aire biogéographique différente et donc de communautés animales et végétales en partie différentes ...

Ainsi, des connexions envisagées pour les milieux froids en général pourraient s'appliquer en partie aux tourbières. Mais ces connexions s'avèreraient-elles positives et auraient-elles du sens pour les espèces et habitats des tourbières concernées ? Nous aborderons cette question dans des chapitres suivants.

En-dehors des échanges à grande distance évoqués ici, nous aborderons principalement dans les réflexions qui suivent les échanges à petite et moyenne distances, qui apparaissent comme plus en rapport avec les préoccupations de connaissance et de protection des tourbières. Les § 7 et 8 de l'étude se penchent en particulier sur des ensembles locaux ou régionaux.

h) Echanges entre les tourbières et d'autres milieux voisins

Il nous apparaît qu'il faille non seulement considérer les connexions entre tourbières plus ou moins éloignées, mais aussi toutes les relations nécessaires entre les tourbières et les milieux qui les entourent.



Les milieux naturels des tourbières alcalines et de leurs abords. Croquis élaboré pour la région Rhône-Alpes, source non connue.

Dans un schéma comme celui ci-dessus, illustrant les habitats possibles en **tourbières alcalines** de plaine ou de vallée, on voit bien que les éléments tourbeux s'insèrent dans un ensemble où interviennent la rivière et ses bordures de roseaux, des prairies de fauches, des formations boisées... Une tourbière qui serait privée de ces voisinages et des connexions qu'ils permettent serait fortement appauvrie, et verrait une partie de ses espèces disparaître ou régresser.

- ainsi, certaines espèces peuvent avoir besoin **d'échanges entre différents milieux humides**, profitant ainsi d'une mosaïque d'habitats différents juxtaposés ou situés à proximité l'un de l'autre. Par exemple, certains oiseaux peuvent fréquenter un certain type de zones humides le jour puis se diriger vers d'autres la nuit, certains milieux correspondant à la prise de nourriture, d'autres à la nidification ou encore à un abri sûr. Leurs besoins correspondent donc à des déplacements entre habitats devant être proches et atteignables sans pour autant que cela implique une continuité surfacique d'un même milieu.

C'est sans doute un des aspects qu'il convient de prendre le plus en compte dans le cas des tourbières, et particulièrement en France où ces milieux n'occupent que des surfaces relativement limitées. De nombreuses espèces utilisent ainsi non seulement les tourbières mais une partie des milieux adjacents.

Une avancée dans la réflexion consisterait sans doute à réaliser des tableaux comme celui qui a été fait pour l'Auvergne, montrant les possibilités de connexions inter-milieux. Il ne nous paraît pas certain qu'un tel tableau puisse ou doive être fait à l'échelle de la France, mais il pourrait établir, à l'échelle d'une région naturelle, ceux des milieux qui ont des liens forts / possibles / faibles avec les tourbières et l'importance des connexions pour les diverses espèces des tourbières avec chacun de ces milieux.

Degrés de continuités écologiques entre écopaysages

	Écopaysages													Éléments spécifiques					
	Grandes cultures intensives	Présence de peupliers d'alignement	Présence de prairies dominantes	Présence de prairies temporaires dominantes	Mares prairies/cultures	Coteaux thermophiles	Forêts de plaine et de colline	Forêts de montagne	Cirque glaciaire	Vallée escarpée	Vallée alluviale	Espaces urbains et village	Arbre hors forêt : maillage lâche	Arbre hors forêt : maillage dense	Zones humides	Buttes, turlurons	Sucs, gardes		
Écopaysages	Grandes cultures intensives	faible		faible	moyen	moyen	faible	faible			faible	moyen	faible	faible	faible	faible	faible		
	Présence de peupliers d'alignement		fort	fort					faible	fort	moyen		faible			fort	faible		
	Présence de prairies dominantes			fort	moyen	faible	faible	faible	faible	fort	moyen		faible	moyen	moyen	fort	moyen	moyen	
	Présence de prairies temporaires dominantes				moyen	moyen	faible	faible	faible	moyen	faible	moyen	faible	moyen	moyen	moyen	moyen	moyen	
	Mares prairies/cultures					moyen	moyen	faible	faible		faible	moyen	faible	moyen	moyen	faible	moyen	moyen	
	Coteaux thermophiles							fort	moyen			fort	faible	faible	moyen	moyen	faible	fort	
	Forêts de plaine et de colline								fort	moyen		forte	fort	faible	moyen	fort	fort	moyen	moyen
	Forêts de montagne									fort	fort	fort	faible	faible	moyen	fort	fort		moyen
	Cirque glaciaire										fort	fort	faible	faible	moyen	fort	fort		
	Vallée escarpée											fort	fort	faible	moyen	fort	moyen	fort	moyen
	Vallée alluviale												fort	faible	moyen	moyen	fort	faible	
	Espaces urbains et village													faible	faible	faible	faible	faible	faible
Éléments spécifiques	Arbre hors forêt : maillage lâche													moyen	moyen	faible	faible	moyen	
	Arbre hors forêt : maillage dense														fort	faible	moyen	moyen	
	Zones humides															fort		moyen	
	Buttes, turlurons																fort		
	Sucs, gardes																	moyen	
Écopaysages ne participant pas aux mêmes continuités écologiques ou n'étant jamais connexes sur le territoire																			
Faible	Écopaysages présentant des continuités écologiques réduites ou présentant des motifs et éléments participant aux mêmes continuités écologiques sous forme d'îlots très dispersés dans une matrice défavorable.																		
Moyen	Écopaysages possédant une régularité d'éléments et motifs participant aux mêmes continuités écologiques mais de manière discontinue (corridors essentiellement de type « pas japonais »)																		
Fort	Écopaysages participant pleinement aux mêmes continuités écologiques ou support d'une même continuité pour laquelle l'Auvergne possède un rôle important au niveau National																		

Tableau 2 : degrés de continuités écologiques entre écopaysages. Extrait de « Schéma régional de cohérence écologique, 2011, Région Auvergne / DREAL Auvergne, 107 pages »

Intérêt du schéma ci-dessus : il permet de montrer pour les tourbières ou d'autres milieux comment les continuités fonctionnent entre respectivement 'écopaysages' ou habitats voisins. On pourrait étendre ce genre de tableau à des milieux plus nombreux ou plus affinis, en appliquant le raisonnement aux tourbières (à scinder en leurs divers types principaux).

Voir aussi au § 5 de la présente étude pour un raisonnement analogue en matière d'espèces.

i) Les tourbières et le changement climatique

La carte des milieux frais et froids nous introduit aussi la question de la réaction des tourbières face au changement climatique. Si, comme semblent l'indiquer les divers scénarios actuellement présentés, il se confirme que le climat se réchauffera nettement

durant ces prochaines décennies, les milieux les plus frais auront tendance à se restreindre. Or une part non négligeable des tourbières les plus originales en font partie.

L'une des conséquences en sera vraisemblablement une **perte de connectivité entre certains massifs ou sous-massifs**. Les mesures à notre portée évitant d'accroître cet isolement de populations ou d'habitats en des zones restreintes devront être prises. La survie de certaines espèces « *dépendra de leur capacité de s'adapter à de nouvelles conditions climatiques, ou à décaler leur répartition géographique pour suivre des climats adéquats. Les groupes qui devraient être le plus affectés incluent les taxons géographiquement localisés, les populations disjointes ou en périphérie, les espèces spécialisées, celles à faibles capacités de dispersion, les espèces génétiquement affaiblies, et les espèces montagnardes et alpines* » (Bennett, 2003). Il se trouve que beaucoup des espèces de tourbières, surtout des tourbières ombrotrophes de montagne, relèvent de ces critères. Leur survie est donc problématique. Encore qu'il faille **considérer non seulement les températures mais aussi les autres conditions requises** (humidité, précipitations - qui pourraient, selon les scénarios, augmenter dans le nord-est de la France mais dont la régularité pourrait être affectée -, nature des sols...) et le fait qu'un bon état fonctionnel général d'une tourbière en augmente la résilience face à un facteur défavorable comme l'augmentation des températures.

j) Risque que les connexions de tourbières favorisent des espèces envahissantes

Dans le développement de la TVB, l'argument que la mise en connexion favoriserait les espèces envahissantes est fréquemment évoqué comme frein à la 'connexion à tout prix'. Il s'agit par exemple d'éviter, lors de création d'infrastructures artificielles comme lors de la possible restauration de corridors entre cœurs de biodiversité, que des espèces déjà ou potentiellement envahissantes trouvent des facilités accrues à s'étendre.

Qu'en est-il pour les tourbières ?

En ce qui concerne les marais eutrophes, et spécialement en plaine, les espèces réputées envahissantes sont assez largement répandues. Toutes les précautions qui sont préconisées dans les divers documents qui paraissent en assez grand nombre ces derniers temps (comme Haury J. et al. 2010) s'appliquent pleinement.

On peut citer quelques exemples de plantes posant problème en bas-marais, et dont la connexion de ceux-ci risquerait de favoriser un développement gênant pour les espèces ou habitats indigènes :

- la Balsamine de l'Himalaya *Impatiens glandulifera*



- divers Asters nord-américains comme *Aster novae-belgiae*
- la Verge d'or du Canada *Solidago canadensis*

La Balsamine de l'Himalaya s'étend au See d'Urbès [68]. Photo F. Muller



Des asters envahissants. RNN de Vesle-et-Caumont [02], photo F. Muller

NB : il n'y a cependant pas que les espèces exotiques qui peuvent être envahissantes. Des modifications des conditions du milieu, et tout spécialement l'assèchement, vont pouvoir induire le développement intempestif d'une espèce auparavant modérément présente. Les tourbières eutrophes comportent nombre d'espèces 'sociables' susceptibles d'envahir et de banaliser un milieu tourbeux dès lors qu'il s'assèche ou que son niveau trophique augmente. On notera notamment que le roseau *Phragmites australis*, la molinie *Molinia caerulea*, et même une espèce localement 'patrimoniaire' comme la marisque *Cladium mariscus* peuvent devenir exclusives.



Marisque *Cladium mariscus*, tourbière du Bourdet [79], photo F. Muller, 2005

En ce sens, il convient toujours de retenir que l'invasion par des plantes 'agressives' sera **plus accentuée si d'autres perturbations lui ont ouvert la voie**. « Pour des écosystèmes « stables » (dont les caractéristiques structurales et fonctionnelles n'évoluent pas de façon importante sur une échelle de temps de plusieurs décennies), les dynamiques respectives des

espèces s'équilibrent entre elles et il n'y a pas modifications tendancielle des caractéristiques des écosystèmes. Cependant la plupart des écosystèmes sont soumis à des perturbations physiques et/ou à des phénomènes d'eutrophisation. Les espèces invasives semblent plus fréquentes dans les milieux où de telles perturbations créent des ouvertures dans le couvert végétal. » (Haury et al., 2010). Le niveau d'exposition au risque d'invasion est donc dépendant de la résilience du milieu (définie au §9)

Les bas-marais sont moins vulnérables aux plantes envahissantes que les systèmes alluviaux mobiles, où des milieux à nu (comme des bancs de gravier) sont dégagés et s'offrent à toute colonisation, mais ils le sont plus que les tourbières ombrotrophes.

En ce qui concerne les tourbières ombrotrophes, justement, et de manière plus large les tourbières aux conditions les plus rudes (que ce soit du fait de pH acides, de froids marqués fréquents ou de l'anoxie sévère qui peut régner dans les tourbes), cette dureté des conditions limite autant la colonisation forte par des espèces exogènes qu'elle limite le nombre des espèces indigènes. Leur relatif isolement y a sans doute aussi contribué. En pratique, et jusqu'à présent en tout cas, le nombre des espèces exotiques trouvées en tourbières hautes est resté très faible, et l'ampleur de leur invasion a été faible également.



Touffes de *Sarracenia purpurea*, plante 'carnivore' introduite dans la tourbière active du Forbonnet à Frasne [25]. Cette espèce a ensuite fait l'objet d'une limitation partielle sur place. Photo F. Muller

On peut donner comme **exceptions** peu fréquentes, des cas d'espèces elles-mêmes tyrphobiontes, généralement introduites volontairement, comme la Sarracénie, plante carnivore américaine. Certaines de ces introductions se sont effectuées anciennement : « Dans quelques marais de la Suisse occidentale, *Sarracenia purpurea* L. a été introduite depuis fort longtemps et s'est établie dans le Jura près de Berne comme à Vevey. Ici -à Vevey- les plantes fleurissent et produisent des fruits chaque année, si bien que les fleurs sont vendues sur le marché. Elles proviennent de graines qui, en 1890, ont été importées du Canada. » (Hegi 1906-31)



Campylopus introflexus, mousse exotique envahissante, dans la tourbière de Gayme, Picherande [63], photos G. Bernard, 2011.



Ayons tout de même à l'esprit que des tourbières ayant subi des assèchements marqués, assortis surtout de minéralisations de l'histosol, perdent cette relative 'protection' face aux envahisseurs et deviennent alors vulnérables : elles finissent par entrer dans les mêmes cas de figures que des tourbières eutrophes. Dès les premiers stades, on peut voir apparaître des espèces exotiques, comme la mousse de l'hémisphère sud *Campylopus introflexus*. Toute connexion ultérieure entre tourbières dégradées peut s'avérer une voie d'expansion de ces espèces.

La présence de l'une ou l'autre de ces espèces envahissantes doit amener à réflexion, quant aux actions de gestion ou de restauration. Elle doit aussi inciter à éviter toute dissémination accidentelle. Ainsi, on ne transportera pas de sol ou tourbe susceptible de comporter des graines ou spores, et on veillera à nettoyer les matériels et les bottes en passant d'un site à l'autre.

4.2 Cas particulier de certains types de tourbières minérotrophes

Les milieux tourbeux pionniers minérotrophes

Nous pouvons regrouper sous ce vocable certaines associations phytosociologiques de tourbières qui sont particulièrement bien prisées par les législations européennes et françaises, car leurs habitats ont été spécialement mis en avant comme devant être protégées. Il s'agit par exemple, pour les habitats, des formations du ***Rhynchosporion***, trouvées sur sols détrempés à tendance acide.



Un milieu pionnier pas même encore tourbeux (mais qui pourrait le devenir à terme ?) à Rossolis et Lycopodes, vallon de Bouhette, Gourbera [40]. photo F. Muller, 2013

Parmi les espèces végétales qui peuplent ces milieux, on retrouve plusieurs espèces protégées (parfois seulement au niveau régional) comme les droséras, les rhynchosporées, certains lycopodes, ...

Leur caractère pionnier impliquant une facilité de colonisation des milieux dès que les conditions physico-chimiques de leur développement sont présentes (humidité ou précipitations, pH, texture du substrat,...), ces espèces et associations végétales s'installent facilement. Les espèces ont un fort pouvoir de dispersion (ou une rémanence grâce à leurs graines présentes dans le substrat) qui leur permet cette forte réactivité. Ces types de milieux seraient donc surtout menacés par l'absence de conditions physico-chimiques propices à leur installation ou, en pratique, par l'absence de création de nouveaux milieux ou de perturbations (anthropiques ou naturelles) qui « rajeunissent » le milieu, mais guère par un réseau trop peu dense de sites favorables. Il doit cependant y avoir des limites à la dispersion des espèces, si les réservoirs devaient être réellement trop éloignés.

Les tourbières de transition et tremblants



On a ici typiquement des milieux en pleine évolution, les réflexions faites au §6 sur la fixité des milieux s'y rapportent donc.

Pour le reste, on combine ici des espèces de milieux pionniers (cf. ci-dessus), beaucoup d'espèces aquatiques, et quelques espèces de milieux plus évolués.

Pour les habitats et espèces pionniers qu'elles hébergent, les considérations vues au § précédent peuvent s'appliquer. Pour celles qui relèvent des milieux ombrotrophes, ce serait au § 4.3 que nous relierions nos propositions.

Un tremblant ou radeau flottant, tourbière de Lispach, La Bresse [88]. Photo F. Muller, 2007

Les bas-marais eutrophes

Comme nous l'avons déjà évoqué, ces tourbières, encore relativement répandues en plaine, même si elles ont été souvent rognées et presque toujours dégradées, ne présentent sans doute pas une spécificité marquée du fait qu'elles soient tourbeuses, par rapport aux zones humides non tourbeuses. Cela se confirme au §5, par exemple pour les insectes ou les champignons, lorsque nous abordons les besoins et possibilités de connectivité pour ces espèces. Dans leurs cas, les réflexions et propositions générales sur la connectivité des milieux humides nous semblent devoir s'appliquer.

Les milieux tourbeux boisés ...

Ces milieux (qui peuvent aussi se développer en bordure, ou en phase sénescence, d'une tourbière ombrotrophe) sont-ils à considérer comme des zones humides ou comme des milieux boisés, ayant des caractéristiques des deux ? La démarche TVB en France les classe d'abord comme milieux boisés, secondairement comme milieux humides, est-ce pleinement logique ?

« Dans le contexte morpho-climatique du massif Central oriental granitique, la présence de l'arbre n'est pas forcément incompatible avec la poursuite de l'accumulation de tourbe. Dans certains cas, le stade boisé n'est seulement qu'une des phases naturelles de la vie d'une tourbière. » (Cubizolle et Sacca, 2004)

Il conviendrait donc de ne pas exclure des tourbières les boisements sur tourbes: ils possèdent des caractéristiques différentes des tourbières 'ouvertes', puisque p. ex. des

boisements d'une relative densité peuvent être des obstacles pour des insectes inféodés à des tourbières 'ouvertes'. Mais ils restent des tourbières pour d'autres caractéristiques, liées à leur sol ou leur hydrologie, au fait aussi que leur couvert végétal peut évoluer au fil du temps : passage p. ex. d'une pinède sur tourbe à une pessière sur tourbe, ou inversement retour d'une forêt à des milieux ouverts si le niveau d'eau monte significativement, suite à des interventions humaines ou des changements naturels.

Tourbières thalassogènes et tourbières d'arrière-littoral en général

Une continuité de milieux humides peut se dégager au **niveau littoral** mais cette continuité correspond davantage à un gradient milieu marin/milieu terrestre (passant par des milieux estuariens, lagunaires etc.) et non pas réellement à une continuité physique de milieux humides semblables ;



Panne arrière-dunaire à Merlimont [62], photo F. Muller, 2014

Il existe des tourbières arrière-littorales, dont il s'agirait également d'estimer la nécessité / l'utilité qu'elles soient reliées en réseau. Nous n'avons pas trouvé de références qui pourraient guider la prise en compte de la mise en réseau de ces tourbières. Ces milieux restent également peu nombreux et généralement de petite taille en France.

4.3 Cas particulier des tourbières ombrotrophes

La sensibilité à l'apport d'eaux de nature différente

Si, nous l'avons vu, les tourbières ombrotrophes peuvent apparaître moins vulnérables que les tourbières minérotrophes à l'expansion des espèces envahissantes, une autre menace est en revanche plus forte dans leur cas : il s'agit de **l'arrivée d'eaux riches en éléments nutritifs** (eutrophes), sans parler d'eaux polluées par des substances toxiques (métaux lourds ou autres) qui sont dommageables à l'ensemble des types de zones humides. En ce sens, une connexion hydrique avec des zones alimentées par des eaux eutrophes peut s'avérer catastrophique et faire disparaître des espèces localement, ou en tout cas faire basculer un système oligotrophe vers un système à tendance eutrophe, bien différent et en



général bien plus banal. Toute action visant à connecter deux espaces qui aurait pour effet l'augmentation du niveau trophique du système auparavant 'pauvre' en éléments nutritifs serait donc à déplorer.

Tourbière ombrotrophe de pente près du col de l'Issarbe [64] photo G. Magnon, 2013.

Dans les cas où la connexion est visée, ou est un corollaire, il faut donc particulièrement veiller à ce que les eaux de qualité différente ne soient pas mélangées suite à des interventions.

Cas n°1 incluant une tourbière ombrotrophe : à la tourbière de Frasne [25], il est nettement apparu, suite à des études hydrologiques, que l'alimentation de la tourbière active du Forbonnet et celle du ruisseau voisin étaient séparées et comportaient des eaux de pH et qualité très différentes. Lors des travaux de réhabilitation suivants, il a été pris garde à ne pas connecter les deux ensembles. (Source : syndicat mixte des milieux aquatiques du Haut-Doubs)

Cas n°2 sans tourbière ombrotrophe : les précautions citées pour Frasne et de manière générale pour les tourbières ombrotrophes valent aussi pour des tourbières non ombrotrophes mais cependant oligotrophes, leurs eaux d'alimentation n'ayant traversé que des roches libérant peu de nutriments : dans le cas des marais de Sacy [60], les eaux alimentant le sud du marais, après avoir traversé des couches de sable, arrivent avec une qualité rare pour le Bassin parisien central, parfois avec moins de 2 g/litre de nitrates, alors que les eaux alimentant le nord du marais sont nettement plus chargées (source : syndicat mixte des marais de Sacy). Toute connexion hydrique entre ces deux zones risquerait de faire perdre au sud du marais ses caractéristiques oligotrophes.



Dans la partie sud du marais de Sacy [60] dont l'eau d'alimentation est peu chargée en nitrates, photo F. Muller, 2013

Précisons bien qu'il s'agit ici de connexion hydrique ; des connexions autres, du genre rétablissement de couloirs de végétation ouverte ou inversement de haies ou boisements, sont à considérer différemment et peuvent se justifier pour fournir à certaines espèces des voies de passage.

L'isolement des systèmes ombrotrophes

Cet isolement est en fait souvent une réalité sans qu'une intervention humaine soit à évoquer, et parfois de longue date. Ces systèmes peuvent naître de manière autonome, et ne sont pas reliés fonctionnellement (cela n'empêchant pas qu'il y ait des liens entre populations animales/végétales vivant sur des ensembles ombrotrophes proches). Ils peuvent parfois d'ailleurs se trouver limitrophes à des systèmes de tourbières minérotrophes ou des ruisseaux, sans que les échanges hydriques entre ces milieux respectifs soient importants, la souvent faible conductivité hydraulique de la tourbe ajoutant à cet isolement. Dans nos pays, ces systèmes sont souvent de taille limitée, même s'ils se regroupent parfois en ensembles liés à la présence locale de conditions climatiques et géomorphologiques favorables.

Connecter ou non les tourbières ombrotrophes ?

Ces caractéristiques peuvent faire pencher le raisonnement vers une nécessité limitée de mise en réseau, mais elles impliquent néanmoins que les surfaces critiques de survie d'un habitat ou d'une espèce, d'une taille différente de l'un à l'autre, soient présentes. Plutôt que de mettre en contact à tout prix des zones qui ne l'étaient guère, on veillera surtout à conserver, et en un bon état fonctionnel, les éléments de tourbière ombrotrophe existants. Vu la faible surface de ces milieux en France, il importerait de ne plus en perdre du tout, et

d'en conserver la qualité. Nous étudierons en particulier dans les **chapitres 7 et 8** de l'étude le cas de certaines zones riches en telles tourbières dans notre pays.

Un raisonnement à tempérer ?

L'isolement hydraulique des tourbières ombrotrophes est donc souvent mis en avant. S'il est réel dans les tourbières dites « de couverture » (selon les auteurs, absentes ou très peu présentes en France) il serait cependant à tempérer quelque peu, surtout dans les systèmes sur terrains calcaires comme ceux du massif du Jura, selon Ph. Grosvernier (com. pers., 2014). En effet, les tourbières hautes ne se bâtissent que rarement ex nihilo, et une phase de bas-marais ou de marais de transition est souvent présente auparavant ; elle demeure encore actuellement en couche sous-jacente au haut-marais. Si l'alimentation en eau du bas-marais est affectée en qualité ou quantité, le haut-marais sus-jacent en pâtira. Cela implique donc de conserver non seulement une zone tampon de quelques mètres de large en bon état pour que le haut-marais le soit, mais d'assurer durablement le fonctionnement hydraulique correct dans un bassin de plusieurs kilomètres carrés.

5 Le cas de certaines espèces patrimoniales de tourbières

« Chaque espèce, voire chaque population a des capacités de dispersion et des exigences écologiques différentes. Il est donc possible d'identifier autant de réseaux écologiques que d'espèces. Néanmoins, dans une visée opérationnelle, les espèces ayant des besoins proches et fréquentant des milieux de même type peuvent être regroupées.

Par ailleurs, la plupart des habitats naturels fonctionnent en réseau. Cette notion d'habitat naturel peut être considérée comme un ensemble d'espèces formant une entité écologique fonctionnelle. Des cortèges d'espèces végétales permettent d'identifier chaque habitat naturel. Selon ces cortèges, chaque type d'habitat naturel possède une diversité intrinsèque. Ces habitats peuvent aussi être regroupés par type de milieux. » (Allag-Dhuisme et al. 2010).

En suivant Allag-Dhuisme, on pourrait ainsi regrouper des espèces de tourbières ayant des exigences écologiques et des capacités de dispersion / (re)colonisation similaires puis, dans un diagnostic de territoire, assembler ces exigences afin de favoriser les connexions nécessaires à l'ensemble.

S'agissant des connexions nécessaires aux espèces données et s'établissant entre tourbières et autres milieux, on pourrait aussi imaginer dresser des tableaux où l'on regrouperait, pour un type de tourbières donné, l'ensemble des espèces qui lui sont caractéristiques. Le tableau ferait apparaître pour chacune, en fonction des types de milieux limitrophes, les connexions qui leur sont respectivement indispensables (l'espèce a besoin de cet autre milieu pour survivre, p ex si la reproduction doit s'y faire), utiles, possibles, rares ou impossibles/inexistantes. On pourrait y ajouter les informations connues sur la distance de dispersion moyenne et maximale de l'espèce.

Type de milieu : Tourbière ombrotrophe											
	manière dont les habitats limitrophes peuvent permettre la connexion										
	autres types de tourbières et marais				autres habitats non tourbeux						
espèces trouvées régulièrement dans ce milieu	tourbières de transition	tourbières acides basses	bas-marais alcalins	etc...	forêt de feuillus claire	forêt de résineux	broussailles de feuillus	prairies humides	prairies sèches	cultures de céréales	zones urbanisées
espèce A	7	4	2		3	1	5	4	2	1	1
espèce B	4	5	5		2	2	3	5	3	2	1
espèce C	5	9	2		5	2	4	3	2	2	1
espèce D	3	4	4		3	3	4	5	4	3	1
espèce E	7	8	6		2	1	1	4	2	2	1
espèce F	...										
espèce G	...										
total	26	30	19		15	9	17	21	13	10	5

de 1 à 10 : niveau croissant de possibilité de connexion dans le milieu considéré pour l'espèce

Tableau n°3

Proposition de tableau récapitulant les capacités de déplacement des espèces d'un type de tourbière donné à travers des milieux limitrophes différents (chiffres fictifs).

Dans ce tableau, on peut affiner plus ou moins le niveau de précision des milieux limitrophes (par exemple forêt de feuillus > forêt alluviale > aulnaie > aulnaie inondée...) en fonction des informations disponibles et de la finesse du regard qu'on souhaite avoir.

A ce tableau pourraient s'ajouter deux autres colonnes, remplies dans les cas où l'information est disponible, sur :

- la distance moyenne de déplacement d'une espèce
- la distance maximale de son déplacement (pouvant être en rapport avec la limite que l'espèce tolérerait pour ne pas être isolée).

En pratique, un tel tableau semble pour l'instant difficile à compléter, en fonction des connaissances actuellement disponibles. D'ailleurs, comme évoqué lors de la rencontre sur la recherche scientifique en tourbières de Besançon (Pôle-relais tourbières, 2013), les listes de communautés typiques de tel ou tel milieu ne sont pas toujours disponibles.



Le plateau tourbeux des Ponts de Martel [canton de Neuchâtel, Suisse]. Beaucoup de tourbières s'y sont boisées, ce qui peut constituer un obstacle pour diverses espèces. D'autres trouveront comme obstacles les prés voire les champs de céréales qui s'étendent entre les secteurs restés humides. Photo F. Muller, 2009

Quels milieux constituent-ils des barrières infranchissables pour des espèces de tourbières ?

Des milieux à considérer comme infranchissables sont théoriquement définissables, espèce par espèce ou groupe d'espèce par groupe d'espèce : ils sont pour la plupart d'un type très

éloigné de celui des tourbières : milieux secs et / ou chauds (cultures de céréales, routes, habitations), milieux continûment boisés (forêts denses). Nous verrons plus loin, quels milieux peuvent représenter un obstacle fort pour certains types d'espèces, notamment pour des insectes.

Il faudrait aussi pouvoir savoir **avec quelle fréquence ou pas de temps**, des milieux peu franchissables peuvent néanmoins l'être. En effet, il n'est pas forcément nécessaire, pour des espèces, que le passage soit très fréquent, pourvu qu'il le soit assez pour que quelques échanges existent et pour que l'isolement génétique n'existe pas. Un passage suffisamment conséquent par siècle ne serait-il même pas suffisant ? [Voir aussi l'annexe 2](#).

Si de tels échanges sont suffisants dans des contextes de bon état général de milieux, cela ne permettrait cependant pas de réalimenter, 'en urgence', une population en voie d'extinction, suite par exemple à une dégradation locale d'un milieu. Gimmi et al., 2011 : « *les principaux enjeux de nos jours [pour les écosystèmes de zones humides] sont la baisse de connectivité des habitats et une dégradation accrue des habitats. En plus des effets immédiats de la destruction des habitats, la grande perte observée des habitats humides et la réduction de la connectivité des habitats devraient très vraisemblablement causer à terme l'extinction d'espèces végétales et animales de zones humides spécialisées dans les zones humides restantes - un phénomène appelé dette de l'extinction (extinction debt, Tilman et al., 1994).*

En d'autres termes, la présence des espèces ne devrait pas être liée à la couverture spatiale des zones humides et à la configuration des habitats, mais reflèterait des conditions historiques. Les efforts futurs de restauration des zones humides devraient nettement s'orienter sur le rétablissement de connexions entre les réseaux existants de zones humides et ôter les barrières à la dispersion entre les habitats, sans négliger d'autres menaces actuelles pesant sur les zones humides comme l'apport de nutriments en provenance des zones agricoles voisines ou l'embroussaillage (Klaus, 2007). Dans ce contexte, la création d'habitats en pas japonais et de couloirs de migration est un élément crucial pour améliorer la connectivité des zones humides. »

Les liens entre faune et flore

Ci-après, nous examinerons le cas de certains végétaux et animaux ; il faudrait cependant dans certains cas aussi tenir compte de liens entre faune et flore qui sont à conserver (Fédération des Conservatoires botaniques nationaux, 2011) : l'animal ne peut survivre que si sa plante-hôte (plus ou moins exclusive) existe, c'est le cas spécialement chez des papillons. Il existe aussi des associations à trois 'partenaires' comme entre les papillons du genre *Maculinea*, des fourmis et des gentianes. Les trois éléments ont besoin de pouvoir être présents simultanément.

5.1 La dispersion des végétaux et des champignons

La dispersion des graines et autres diaspores **reste le moyen fondamental d'extension pour une espèce végétale**, au moment où les habitats des plantes deviennent plus rares, plus fragmentés et plus vulnérables aux influences extérieures. « *Dans les habitats petits et fragmentés, la dispersion des graines est considérée comme ayant un rôle crucial pour la survie régionale des plantes, puisqu'une dispersion réussie des graines permet la (re)colonisation de sites nouveaux ou de sites où elles s'étaient éteintes [...] De plus, la dispersion des graines permet aux espèces de migrer, suivant par exemple les changements climatiques* » (Soons M.B., 2006). Les données sur les distances de dispersion des graines sont rares. Vittoz et Engler (2007) proposent une typologie permettant de classer les espèces en fonction de leurs distances de dispersion (entre 1 et 5000 m) au regard de leurs modes précis de dispersion. (Fédération des Conservatoires botaniques nationaux, 2011)

Cependant, « le rôle des continuités écologiques pour les espèces a essentiellement été étudié pour la faune : peu d'études sur le rôle de ces continuités sur la flore sont disponibles » (Fédération des Conservatoires botaniques nationaux, 2011, qui cite Kirschner et al., 2003, Townsend & Levey 2005, Haddad & Tewksbury, 2006). De plus, les études disponibles le sont souvent à des échelles spatiales fines, concernent des pas de temps relativement courts et pas toujours répliqués. Peu ont étudié le rôle des corridors à l'échelle des communautés d'espèces.

Plus précisément, pour se rapprocher de notre sujet, à l'instar de F. Dehondt (comm. pers., 2013), directeur du Conservatoire botanique national de Franche-Comté, on peut faire la remarque que **peu d'études sont disponibles sur le sujet de la dispersion des espèces de tourbières** et sur la démonstration du caractère probant du concept de trame pour les tourbières bombées. En ce sens, le CBN de Franche-Comté avait indiqué ne pas être en mesure de définir des espèces de cohérence régionale dans ces milieux, pour la mise en œuvre des trames vertes et bleues.

Il avait aussi déjà été vu (FCBN 2011) que peu d'espèces (pas seulement mais également vivant en tourbières) des livres rouges et de l'annexe II de la Directive FFH pouvaient être retenues comme étant de cohérence nationale, car certaines avaient des stations rares, des populations petites ou éloignées, ou des informations manquantes.

Il peut donc être suggéré que la recherche se penche davantage sur l'intérêt de la présence de trames de tourbières dans la survie des espèces.

En bas-marais, néanmoins, en Europe et Amérique du nord, Middleton et al., 2006 ont étudié la dispersion des graines.

Ils indiquent que « la fragmentation du paysage peut réduire les opportunités de dispersion, isolant ainsi les bas-marais et réduisant les échanges génétiques. Les espèces des zones humides fragmentées peuvent avoir un moindre succès reproducteur, qui peut conduire à une perte de biodiversité. Si les bas-marais ont toujours été relativement isolés les uns des autres, ils se sont retrouvés de plus en plus fragmentés dans les temps modernes dans les paysages agricoles et urbanisés d'Europe. La dispersion par l'eau, les animaux et le vent a été perturbée par les changements liés au développement dans les paysages proches des marais. Comme certaines espèces ont des graines très longévives dans le sol, il n'est pas forcément nécessaire qu'il y ait de fréquents épisodes de dispersion pour maintenir la biodiversité des bas-marais. Néanmoins, la dispersion limitée de certaines espèces dominantes comme *Carex stricta* est un fait est important pour la restauration. »

Ils précisent aussi que les bas-marais, en conditions anciennes, étaient probablement plus connectés entre eux du fait de la dispersion des graines par le bétail. Cependant, des graines pourraient aussi être transportées passivement par des faucheuses auxquelles elles resteraient collées.



Des études génétiques expérimentales soutiennent l'idée que les bas-marais sont de plus en plus isolés par la fragmentation et que la fragmentation affecte les performances des espèces. Mais les faits semblent varier d'un cas à l'autre, de hauts niveaux de différenciation génétique étant trouvés dans de petites populations récemment (30 ans) fragmentées de *Pedicularis palustris* (Schmidt & Jensen, 2000) alors qu'une variabilité génétique réduite de *Swertia perennis* était trouvée dans de petits bas-marais isolés (Lienert et al., 2002).

Pedicularis palustris, la pédiculaire des marais, dans la tourbière de l'Entre-Côtes, Foncine-le-Haut [39]. Photo F. Muller, 2010.

Middleton et al., 2006, précisent que la dispersion à longue distance a été peu étudiée, en comparaison avec la dispersion locale (à l'intérieur du site lui-même), bien qu'elle soit un facteur clé pour notamment le maintien des espèces dans des communautés et le rétablissement de la biodiversité dans des sites endommagés puis restaurés.

La dispersion par les eaux (hydrochorie) est le mécanisme de dispersion le plus répandu, mais la gravité, les animaux et le vent (Soons 2006) sont également importants. La capacité des espèces à se disperser dans l'eau est un élément critique dans tous les types de zones humides, particulièrement parce que le niveau de rétablissement hydrologique déterminera finalement le succès de la restauration naturelle, c'est-à-dire la capacité des espèces à se réimplanter dans les sites sans intervention directe comme un repiquage. L'hydrochorie est par exemple importante pour le *Liparis* de Loesel. Sur les 3 populations connues de *Liparis* en Picardie, l'extension locale de l'espèce grâce à ses pseudobulbes flottant en période d'inondations a été confirmée (Rémi François, com. pers.)

La dispersion par les animaux (zoochorie) est peut-être plus répandue qu'on ne l'imagine souvent. Outre des cas comme celui d'un héron s'envolant avec des brins d'utriculaires pris dans les pattes, on note aussi l'importance de la zoochorie pour *Apium repens* en Picardie, qui serait transporté par les équins, bovins, chasseurs et pêcheurs (Rémi François (com. pers., 2014). Bailly et Schaefer (2010), citant Proctor, 1962, indiquent pour la dispersion des Charophytes que « *les connexions dans les ensembles lacustres sont surtout assurées par les oiseaux d'eau, par voie externe (diaspores fixées aux palmes ou aux plumes) et surtout par voie interne ; une proportion importante des oospores semble supporter le passage dans le tractus digestif des oiseaux herbivores en conservant leur pouvoir germinatif.* »

Le sanglier *Sus scrofa* concourt aussi à la dispersion de diverses plantes. Elle est supposée pour la dissémination des zoospores de *Nittela mucronata* (Characée) mais aussi de celle du millepertuis des marais (*Hypericum elodes*), trouvé d'ailleurs dans des souilles à sangliers (R. François, com. pers., 2014)

La dispersion par le vent (anémochorie) permet plus facilement une (re)colonisation dans toutes les directions, y compris vers l'amont mais plus fortement dans le sens des vents dominants, que celle par l'eau. Elle se fait souvent sur d'assez longues distances (donc y compris vers des sites assez éloignés. Elle fonctionne aussi là où le niveau d'eau n'est pas suffisant pour assurer l'hydrochorie. L'homme peut cependant réduire l'efficacité de la dispersion éolienne. D'abord, par une réduction du nombre de graines viables produites, qui réduit la probabilité d'une dispersion à longue distance. Deuxièmement, par l'eutrophisation, qui gêne le lâcher des graines et le transport par le vent, limitant la dispersion à des rayons plus faibles (Soons 2006)

Sans doute l'embroussaillage consécutif au drainage puis à l'abandon de sites de tourbières limite-t-il aussi le vent et sa capacité à disperser les graines des plantes.

Selon Soons, 2006, la perte de la capacité des graines à être dispersées par le vent peut être appliquée à la politique de conservation et de restauration des zones humides. La dispersion peut être favorisée 1) en augmentant la taille des populations existantes, pour que plus de graines soient produites et dispersées, et 2) en prévenant et réduisant l'eutrophisation, pour que la dispersion éolienne ne soit pas gênée.

La fragmentation des habitats (menant à l'isolement, la diminution des tailles des pans d'un habitat donné et un accroissement de l'effet de lisière) est observée dans des écosystèmes de tourbières minérotrophes comportant de nombreuses espèces végétales menacées. Soomers et al (2013) écrivent qu'il était resté incertain, jusqu'à leurs travaux, si la fragmentation des habitats avait en soi un effet négatif supplémentaire sur le maintien des espèces végétales de bas-marais, en plus de la perte et de la dégradation des habitats. Ils ont étudié 6 espèces de bas-marais et ont remarqué que 5 d'entre elles (*Carex diandra* faisant exception) étaient influencées par la fragmentation. Ce facteur était la plus importante

cause limitant la distribution pour *Carex lasiocarpa*, et était la seconde cause pour *Juncus subnodulosus* et *Menyanthes trifoliata*. La présence d'une lisière de milieu allongée avait un effet négatif sur la présence de *Carex lasiocarpa* et *Pedicularis palustris*.

Les résultats de leurs études sur un marais de la vallée de la Vlecht (Pays-Bas) montrent clairement que même si les conditions abiotiques conviennent à certaines espèces, l'isolement des noyaux d'habitats et une longueur de lisières accrue causés par la fragmentation des habitats affectent négativement la viabilité d'espèces végétales caractéristiques des bas-marais. De ce fait, disent les auteurs, il est important non seulement d'améliorer la qualité des habitats mais aussi de considérer les caractéristiques spatiales des espèces cibles des habitats, lorsqu'on élabore les stratégies de conservation de la flore dans des paysages intensivement humanisés, tels que les bas-marais d'Europe occidentale et d'Amérique du nord.

Donc, il faut repérer les espèces végétales particulièrement sensibles de tourbières basses et leur éviter le morcellement des habitats qui leur correspondent. L'extension d'études comme celles de Soons et al. à d'autres espèces menacées serait ainsi souhaitable dès lors qu'on voudrait prendre en compte suffisamment d'espèces dans les réflexions sur les effets du morcellement.

Quelques espèces végétales de tourbières sont particulièrement citées (FCBN 2011) comme pouvant bénéficier d'une prise en compte des trames :

- le liparis de Loesel (*Liparis loeselii*) : les corridors autour des populations actuelles permettraient la dispersion des graines. Mais l'écologie de l'espèce est compliquée, et les corridors n'auraient peut-être de sens qu'au niveau des sous-populations. De plus, il est indiqué que « *la sous-espèce type des milieux tourbeux ne semble pas être pertinente dans ce cadre avec des populations fonctionnant de façon relativement autonome. [...] Une étude génétique réalisée par l'université de Neuchâtel a mis en évidence que le concept de corridor n'était pas adapté pour Liparis loeselii type* ».
- La saxifrage œil-de-bouc (*Saxifraga hirculus*) : inversement, ici, la capacité de dispersion de l'espèce est très réduite (espèce barochore, à reproduction asexuée par stolons) et ses individus sont très isolés. Les concepts de continuité écologique sont ici difficilement applicables.

Le cas des sphaignes et autres mousses

Les spores, issues de la reproduction sexuée des mousses, sont-elles un moyen facile pour ces plantes essentielles des tourbières (et notamment des sphaignes pour les tourbières ombrotrophes) pour assurer la dispersion même en situation d'isolement des tourbières ? « *L'efficacité de la sporulation comme système de dispersion des sphaignes paraît, en général, plutôt faible malgré les avantages théoriquement conférés par les variations génotypiques engendrées par la reproduction sexuée* » (Payette & Rochefort, 2001). Mais d'autres diaspores existent, via la reproduction végétative. « *Les spores ne semblent pas être le seul moyen que possèdent les sphaignes pour disperser l'espèce, s'installer et conquérir de nouveaux territoires. Sans qu'aucune observation dans la nature ne soit encore venue confirmer son existence ni mesurer son efficacité, la dispersion des sphaignes devrait aussi être réalisée au moyen de fragments végétatifs détachés de la plante. Ces fragments de sphaignes ont montré une étonnante capacité à se régénérer en conditions expérimentales. Il ne serait donc pas étonnant que ce pouvoir soit mis à profit pour la dispersion des espèces dans la nature. [...] La conjugaison des voies de reproduction végétative et sexuée confère aux sphaignes un immense pouvoir de conquête du milieu.* »

Voir également ce qu'il est dit plus haut à propos de la zoochorie pour les espèces de Charophytes.

Les champignons de tourbières

D'après J.P. Maurice, mycologue - écologue à Neufchâteau [Vosges], comm. pers., 2013.

Les champignons possèdent dans leur mode de dispersion quelques analogies avec les sphaignes, dans la facilité qu'ils peuvent avoir à se disséminer dès lors qu'ils peuvent trouver des milieux qui leur conviennent. En ce sens, il n'est pas besoin de favoriser la dispersion entre sites favorables.

La présence de réseaux locaux de tourbières semble être d'un certain intérêt cependant pour des espèces de champignons inféodées aux milieux de tourbières pionnières ou ouvertes (radeaux et tremblants p.ex.) qui bénéficieraient de l'existence d'un nombre suffisamment conséquent de tourbières relativement proches. Une espèce rare comme *Armillaria ectypa* peut être citée dans les tourbières à sphaignes ; elle n'est cependant pas présente dans tous les massifs car si on la trouve dans les Vosges et le Massif central, elle est naturellement absente de celui du Jura. Des différences nettes entre la fonge de certains massifs montagneux peuvent être notées, elles peuvent vraisemblablement être en partie liées à des différences édaphiques ou climatiques. Ces différences seraient naturelles et ne nécessiteraient pas que l'on mette en connexion les tourbières entre massifs différents.

Les tourbières minérotrophes et particulièrement les plus eutrophes d'entre elles possèdent peu de spécificités par rapport à des marais non tourbeux : les espèces originales et patrimoniales de champignons qu'on peut trouver sur des arbres comme les bouleaux ou saules sont plutôt liées à ces essences qu'aux tourbières elles-mêmes. De même, les marais tufeux ne présentent guère d'espèces originales.

Il n'est guère possible de définir de combien de tourbières et de quelles surfaces il faudrait disposer pour maintenir la présence des espèces caractéristiques. On note simplement que des tourbières propices peuvent accueillir une fonge spécifique même si elles sont de petite taille.

Selon J.P. Maurice, il n'existerait pas de bibliographie se rapportant à la connectivité vue du côté à la fois des champignons et des tourbières.

5.2 La dispersion et le maintien de la biodiversité des espèces animales

Concernant la sensibilité des animaux à la question des trames et réseaux, la distinction entre tourbières minérotrophes et ombrotrophes est ici moins évidente, les espèces animales n'étant souvent pas directement concernées par l'alimentation hydrique des tourbières, mais davantage par le cortège des espèces végétales présentes (il est vrai lui-même dépendant des facteurs hydriques) ou par la structure physique du milieu.

Pour diverses espèces animales, des monographies ont été rédigées par le MNHN à propos de leur prise en compte dans la TVB, et mises en ligne. Elles permettent de rassembler diverses informations sur la biologie de ces espèces et sur leur sensibilité à l'isolement, leurs capacités de dispersion, leurs nécessités pour la survie, etc.

Sont par exemple développés, les cas des espèces suivantes pouvant fréquenter les tourbières françaises :

INSECTES :

- l'Azuré des mouillères *Maculinea alcon*
http://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/syntheses-bibliographiques-especes/120910_azure_des_mouilleres_avril2012.pdf
- Le Damier de la succise *Euphydrias aurinia aurinia*
http://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/syntheses-bibliographiques-especes/120220_-_damier_de_la_succise_-_janv2012.pdf

- Le Cuivré de la bistorte *Lycaena helle*
http://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/syntheses-bibliographiques-especes/121221_cuivre_bistorte_mai2012.pdf
- La Cordulie arctique *Somatochlora arctica*
: http://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/syntheses-bibliographiques-especes/121221_cordulie_arctique_juin2012.pdf
- La Leucorrhine à large queue *Leucorrhina caudalis*
http://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/syntheses-bibliographiques-especes/120628_leucorrhine_large_queue_mars2012.pdf
- Le Criquet palustre *Chorthippus montanus*
http://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/syntheses-bibliographiques-especes/120326_criquet_palustre_fev2012.pdf

REPTILES:

- le Lézard vivipare *Zootoca vivipara*
http://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/syntheses-bibliographiques-especes/120529_lezard_vivipare_avril2012_0.pdf
- la Vipère péliade *Vipera berus* http://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/syntheses-bibliographiques-especes/120220_vipere_peliade_janv2012.pdf

OISEAUX:

- le Pipit farlouse *Anthus pratensis* :
http://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/syntheses-bibliographiques-especes/120326_pipit_farlouse_fev2012.pdf
- La Gorge-bleue à miroir *Luscinia svecica*
http://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/syntheses-bibliographiques-especes/120803_gorgebleue_a_miroir_avril2012.pdf

D'autres espèces, parmi les 39 faisant à ce jour (août 2014) l'objet de telles monographies très détaillées, peuvent aussi occasionnellement se trouver en tourbières. Voir <http://www.trameverteetbleue.fr/documentation-outils/syntheses-bibliographiques-especes?specie=&&page=2>

Quelques autres espèces, dont la survie durable en tourbières peut poser problème, ont retenu l'attention de divers auteurs quant à leur corrélation avec des réseaux de sites :

Les oiseaux

Les oiseaux, par leur capacité de dispersion, semblent moins enclins à pâtir d'un morcellement des milieux qui leur sont favorables, dont les tourbières. En outre, pour les tourbières françaises, rares sont les espèces aviennes qui soient pleinement dépendantes des tourbières.

Nous avons trouvé une référence canadienne donnant des indications précises sur l'avifaune en tourbière et sa sensibilité aux effets de trame : Delage V. et al, 2000 :

« *Les conséquences de la perte et de la fragmentation des habitats sur l'avifaune demeurent encore peu connues et se rapportent essentiellement aux espèces forestières. Les tourbières à sphaignes (tourbières ombrotrophes) sont des milieux non forestiers bien délimités des milieux environnants et habités par une avifaune distincte* ». Cette avifaune distincte relevée par les auteurs canadiens ne se retrouve guère dans les tourbières françaises. Ces auteurs ont recensé 15 espèces d'oiseaux chanteurs dans les tourbières du Québec et ont noté que « *les parcelles isolées des tourbières fragmentées renferment une avifaune différente de celle des secteurs comparables des tourbières naturelles* ». « *Parmi les variables caractérisant la configuration des parcelles, seule la superficie de celles-ci semblait jouer un rôle important* ». Etant amenés à faire des propositions pour limiter les effets de l'exploitation des tourbières, ces auteurs suggèrent que « *le mode d'exploitation d'une tourbière devrait privilégier la conservation d'un nombre plus faible de parcelles de plus grande superficie en plus d'inclure une parcelle issue de la portion centrale de la tourbière* ». En effet, le centre de la tourbière présente une avifaune différente de la



périphérie, moins nombreuse en espèces mais recelant p ex. une espèce caractéristique de ces milieux comme le bruant de Lincoln *Melospiza lincolnii*.

Bruant des marais (*Melospiza georgiana*) dans les zones humides boisées du Cap Miquelon, St-Pierre et Miquelon [975]. Photo F. Muller, 2002

Les reptiles et amphibiens

Les capacités de dispersion des reptiles et amphibiens sont plus ou moins connues selon les espèces. Les reptiles et amphibiens sont relativement peu mobiles et leurs possibilités de déplacement d'une tourbière ou d'un ensemble de tourbières à l'autre peuvent être facilement grevées par la présence d'une route ou de milieux qui leur sont peu propices. Cela peut devenir un facteur critique pour des espèces à faible distribution.

La vipère péliade (*Vipera berus*) est répartie en France principalement dans le nord-ouest, les Ardennes, le Massif central et le massif jurassien. Dans une partie de son aire, comme en Franche-Comté, elle occupe surtout des régions d'altitude, et certaines tourbières forment une partie conséquente de son habitat. « *A l'est, la fragmentation des populations tend à augmenter* » (Lescure & de Massary, 2012).

Parmi les éléments dans la synthèse bibliographique MNHN citée plus haut, retenons par exemple :

- Dans le Jura, des populations de l'ordre de 50 reproducteurs sont considérées comme vulnérables mais viables à moyen terme pour autant qu'aucun problème additionnel (destruction volontaire, prélèvements, ...) n'intervienne (Ursenbacher, 1998).
- Des déplacements allant jusqu'à 1900 m sont observés en Angleterre (Prestit, 1971 *in* Ursenbacher, 2005). Des déplacements plus faibles sont observés en Suisse, avec une distance maximale de 500 m environ (Neumeyer, 1987 ; Monney, 1996).
- Sur des sites homogènes (Jura), certains animaux bougent sur une surface inférieure à 1 ha (com. pers. Ursenbacher, 2012).

On le voit donc, ces animaux sont assez peu mobiles et, pour des milieux distants de plus de 2 km, les échanges risquent d'être peu importants entre sites. « *Les résultats génétiques tendent à confirmer cela pour la péliade. En effet, des sites séparés par 1-2 km sont déjà génétiquement différenciés* » (Ursenbacher, Monney & Fumagalli, 2009).

La grenouille des champs (*Rana arvalis*) est une des espèces pouvant être présentes en tourbières en France qui a la répartition la plus limitée : Alsace, extrême nord de la Franche-Comté, Nord-Pas de Calais (tourbières de Vred et de Marchiennes).

Les populations du nord de la France sont isolées ; un éventuel fonctionnement métapopulationnel n'a pas pu être démontré (Rondel et Scrève 2003) et semble même exclu pour certains auteurs (Godin et al. 2007), cités dans Lescure et de Massary 2012.

Des grenouilles en tourbières de l'est canadien

Mazerolle (2004) a étudié les obstacles aux déplacements d'amphibiens* dans les tourbières perturbées par l'exploitation de la tourbe au Nouveau-Brunswick [Canada] : il résume la question de la résistance aux mouvements des grenouilles dans un environnement perturbé. Il indique que les grenouilles étudiées « *ont généralement évité les surfaces arides [sans couverture végétale] lorsqu'une surface naturelle [avec couverture végétale] était disponible. Bien que capables de s'orienter avec succès vers le site de capture (i.e. l'étang) lorsque relocalisées sur la surface aride, les grenouilles avaient une plus faible probabilité de retour*

que lorsque relocalisées à des distances semblables sur la surface naturelle. Les grenouilles sur les substrats associés à des perturbations anthropiques (i.e. ou tourbe [à nu] ont perdu près de deux fois plus d'eau que les individus sur le substrat témoin. Néanmoins, les plus grandes pertes d'eau ont eu lieu sur la terre exposée dans écran (i.e., absence de couverture végétale). Nous concluons que les surfaces perturbées par les activités anthropiques qui résultent en une perte de couverture végétale et qui produisent des surfaces arides, telles que l'exploitation des tourbières ou l'agriculture, perturbent les déplacements des grenouilles. »

* espèces concernées : grenouille verte américaine *Rana clamitans melanota* et grenouille léopard *Rana pipiens*

On voit que les milieux secs peuvent induire une perte d'eau des ces espèces sensibles à la dessiccation du fait de leur peau perméable. Ainsi, des tourbières qui ne seraient en contact que par des zones sèches doivent être considérées comme ne pouvant permettre le déplacement facile des amphibiens. Pour ces espèces, il n'y a de réseau efficace que si non interrompu par des zones sèches continues.

Les insectes inféodés aux tourbières

D'après un entretien avec Frédéric Mora, CBN-ORI Franche-Comté, com. pers. 2013. Il concerne principalement, mais pas exclusivement, les Rhopalocères (papillons 'diurnes') :

Pour des habitats aussi spécifiques que les tourbières bombées, la prise en compte des connexions pour les insectes doit faire l'objet de considérations spécifiques et il convient de ne pas vouloir connecter à tout prix.

En comparant des massifs différents, il apparaît que des espèces ne sont pas présentes de manière similaire. P. ex., pour le papillon solitaire (*Colias palaeno*), celui-ci est absent des Vosges, alors que sa plante-hôte l'airelle des tourbières *Vaccinium uliginosum* y est très présente. Dans le Jura, il est bien présent dans les sites appropriés. Cette absence dans les Vosges serait normale et liée aux glaciations.

Il ne faudrait donc **pas forcément envisager des connexions entre grands massifs différents**, ni entre autres ensembles plutôt éloignés ; en revanche, **une connexion entre sites voisins peut être préconisée**. Ce sont donc des systèmes tourbeux à l'échelle d'un plateau, d'un petit massif, qu'il faut d'abord pouvoir conserver, soit avec des connexions directes entre sites, soit avec un système de 'pas japonais' permettant aux espèces à dispersion moyenne de trouver moyen de se répandre ou d'utiliser le réseau local.

P. ex. le nacré de la canneberge (*Boloria aquilonaris*) a un système de déplacement en vol assez efficace. Pour que des sites proches le long des vallées soient reliés et inter-accessibles pour lui, on peut envisager des travaux de réouverture des milieux proches favorables. Les petites populations, éventuellement affaiblies, pourront être ainsi renforcées.

On ne saurait cependant pas, pour chaque espèce, dire quels seuils d'effectifs minimaux seraient à maintenir. *Maculinea nausithous* et *M. alcon* se maintiennent souvent en petites populations. En revanche, pour *Coenonympha tullia*, le fadet des tourbières, on a souvent comme en Bourgogne des populations de petite taille qui paraissent au bord de l'extinction.

Les milieux présents autour des tourbières sont importants pour un bon maintien des espèces. *Coenonympha tullia* p. ex. n'est en fait pas lié strictement aux seules tourbières hautes mais a besoin de bas-marais et prairies de fauche voisins. Il a disparu des Vosges comtoises mais se maintient dans la vallée du Drugeon [25] où ces milieux annexes sont mieux préservés.

Inversement, *Boloria aquilonaris* a une situation moins favorable dans le Jura car on y assiste à un morcellement des systèmes tourbeux avec perte de petits sites à *Vaccinium uliginosum*.

Les papillons à faible mobilité sont très fragilisés par la fragmentation, comme *Maculinea alcon*, *Coenonympha tullia*.

La question de la stabilité génétique peut se poser. *M. alcon* semble pouvoir vivre sans grand brassage génétique entre populations, à condition que les populations soient assez conséquentes.

Selon Frédéric Blanchard (com. pers., 2012), remettre artificiellement en contact des tourbières hébergeant le papillon *Coenonympha oedipus* (fadet des laïches) serait sans doute très négatif. Actuellement, en Europe, l'espèce est présente sous forme de petits isolats en France, Italie, Slovénie, Pologne et Albanie (Tolman & Lewington, 1997)

Pour les **Odonates** (libellules), à nouveau selon F. Mora (ibid.) la situation est souvent moins critique, car elles ont des facultés de vol et de dispersion plus importantes. On remarque que lors de la création d'une gouille, la colonisation par les libellules se fait facilement et rapidement.

En ce qui concerne les **insectes peu mobiles**, la situation est différente. On a p ex des Carabidés comme *Agonum ericeti*, qui vit sur les sphaignes mouillées ; il a de faibles capacités de dispersion, étant quasi aptère. Quelle serait pour lui la taille minimale nécessaire d'un site propice ? (F. Mora, ibid.).

En fait, il ne faut en général pas considérer la taille totale d'un site ou d'un ensemble de sites, mais bien les habitats favorables, qui peuvent être soit de taille inférieure à la tourbière (l'espèce, au comportement dit sténoèce, n'utilise qu'une formation végétale ou un type de structure pour ses besoins vitaux) soit supérieure à la tourbière (l'espèce utilise ou a besoin de milieux voisins, souvent des prairies humides, des mégaphorbiaies). Ainsi, il est important de conserver certains milieux voisins des tourbières, comme les ceintures à bistortes, en mettant en place une gestion y compris dans les zones agricoles. Dans certains secteurs, on peut préconiser un fauchage tous les 4 ou 5 ans seulement. (F. Mora, ibid.).

Pour certains papillons, le milieu de vie est très réduit, lié à une seule espèce végétale. En revanche, la dispersion des immatures peut se faire sur plusieurs kilomètres.

Certains milieux voisins peuvent être un véritable obstacle à toute dispersion. Ce sera le cas, pour les rhopalocères de tourbières, en présence de :

- milieux boisés (mais un couloir de 3 à 4 m de large permettrait de passer)
- prairies de fauche d'exploitation classique (sans fauche tardive)
- cultures (encore pire que les prairies)
- infrastructures de transport (les autoroutes, p ex, constituent une barrière ombrothermique qui, sans être très large, rebute fortement des espèces de tourbières). (F. Mora, ibid.).

En Ardenne belge (Cristofoli & Mahy, 2010), des espèces de tourbières restent vulnérables malgré l'augmentation de la surface des zones tourbeuses et de leur connectivité depuis les années 1950. « *La faible taille des populations existantes de ces espèces [Boloria aquilonaris, Clossiana selene, Proclassiana eunomia] et leurs exigences vis-à-vis de la qualité de l'habitat (notamment vis-à-vis de la plante-hôte des chenilles, ressources nectarifères pour les adultes, etc.), peuvent avoir contraint l'émergence de nouvelles populations viables dans les fragments d'habitats nouvellement créés.* »

Les Arachnides

Selon Cristofoli et Mahy, 2010, après restauration des habitats et de certaines connectivités dans les tourbières des Hautes-Fagnes ardennaises (Belgique), « on note dans les nouveaux fragments d'habitats une prépondérance d'espèces ayant la faculté de se déplacer aisément. Ceci traduit l'expression de contraintes à la dispersion : les espèces les moins mobiles n'arrivent pas à atteindre - rapidement - les fragments restaurés. Parmi les causes pouvant être avancées, citons une connectivité trop faible des fragments restaurés ou une matrice paysagère hostile à la dispersion de certaines espèces. Un grand nombre d'araignées ont la faculté d'effectuer le ballooning [aéronautisme], c'est-à-dire de se laisser emporter par le vent, au bout d'un fil de soie. Les milieux fermés que constituent les pessières des hauts plateaux ardennais peuvent compromettre une telle dispersion sur de longues distances. Par contre, quinze années après la restauration, nous retrouvons des communautés semblables aux communautés des fragments d'habitats de référence ([qui sont en l'état depuis] plus de 50 ans). »

On voit donc ici l'importance du facteur temps pour arriver à retrouver une population diversifiée d'araignées dans des tourbières restaurées, si la connexion n'est pas parfaite et surtout si des habitats non propices comme ici les plantations d'épicéas empêchent les mouvements d'espèces.

D'après O. Villepoux (arachnologue spécialiste des tourbières, com. pers., 2013) :

S'il existe en France environ 1600 espèces d'araignées, peu sont exclusives aux tourbières, certaines étant trouvées dans toutes les tourbières, d'autres spécifiquement en tourbières bombées. Il est à noter que beaucoup d'éléments de connaissance manquent encore chez de nombreuses espèces.

Pour les araignées, on ne peut définir une liste type d'espèces de tourbières valable pour toute la France : des espèces limitées aux zones humides dans le sud pourront se trouver dans le nord dans toutes les prairies. Les listes doivent être vues par régions ou par massifs.

La dispersion des araignées se fait par aéronautisme principalement, permettant de longs voyages. Si l'individu tombe sur un milieu défavorable, même une forêt [en ce sens, Villepoux pense que le cas évoqué ci-dessus pour les Ardennes ne devrait pas représenter une limite forte], il peut grimper sur les végétaux et se laisser à nouveau entraîner. Mais cette dispersion se fait principalement dans le sens du vent. Les araignées se déplacent peu à pied, et dans ce cas la traversée de territoires peu favorables peut être gênante. La dispersion est aussi favorisée par le nombre en général important d'individus pouvant ainsi voyager.

Chez les araignées, beaucoup d'espèces sont réparties dans tous les milieux qui peuvent correspondre à leurs exigences, et **les questions de limitations à la dispersion ne paraissent pas essentielles**. On ne sait en général pas pourquoi les espèces rares le sont, sauf à avoir des exigences de milieux étroites. *Pardosa sphagnicola*, p. ex., vit seulement dans les tourbières bombées bien froides au régime hydrique lui convenant. Certaines espèces de tourbières bombées sont des relictés glaciaires, peu répandues en France, mais qui le sont largement au nord de l'Europe. On n'a pas d'espèces d'araignées qui soient endémiques à la fois de France et des tourbières. Certaines espèces sont limitées par leurs exigences en matière de froid, d'humidité de l'air ou de niveau d'eau constant. En revanche, le pH leur importe peu.

Selon les espèces, le domaine vital est différent et peut ne pas correspondre à l'ensemble d'une tourbière, si tous les milieux de la tourbière ne leur conviennent pas. Il faut donc considérer, pour les possibilités de dispersion, la présence à proximité de milieux similaires plutôt que la présence voisine de tourbières quelles qu'elles soient.

En résumé, **les araignées seraient peu sensibles au manque de connexion**, par l'importance de leurs populations en général et surtout par leur capacité à se déplacer.

NB : En bas-marais, on a une faune moins spécifique des tourbières, elle se trouvera plus largement dans d'autres types de zones humides.

5.3 Quelques questions se posant suite à ces regards sur les espèces et habitats

Les informations manquent encore sur beaucoup d'habitats, d'espèces ou groupes d'espèces, et des recherches de terrain seraient les bienvenues.

Par exemple, **les relations entre tourbières et milieux adjacents non tourbeux** sont encore mal connues.

Des questions sur les surfaces, qualité et populations minimales et optimales pour parvenir au maintien de la biodiversité sont encore irrésolues ou mal documentées.

S'agissant des **populations critiques à maintenir**, « *les seuils minimaux se sont avérés difficiles à trouver [pour tous milieux, pas seulement les tourbières], et même introuvables dans la littérature pour la plupart des taxons étudiés [par le MNHN : référence aux 39 fiches présentées au début du § 5.2 NDLR]. En outre, la plupart du temps, il est possible d'évoquer des valeurs minimales observées plus que de véritables seuils du type « minimum vital ».* (Sordello R., 2013). L'auteur donne le cas d'une espèce non liée aux tourbières, le chat forestier (*Felis silvestris*), pour lequel le minimum viable d'une population est estimé à 50 individus adultes, fertiles et non apparentés pour que la survie de la population soit assurée à 95% pendant 100 ans au moins. Mais ce minimum doit être porté à 500 individus si l'on prend en compte les modélisations qui calculent la viabilité, les facteurs biotiques et abiotiques qui influencent les populations, tels que le climat, les maladies ou les impossibilités d'alimentation.

Le facteur temps s'impose à nous de diverses manières :

- il est question de savoir durant **combien de temps les tourbières restent isolées** les unes des autres. Pour les espèces y vivant, cela est à mettre en rapport avec le temps durant lequel il n'y aurait plus d'échanges génétiques entre les individus de populations isolées. Cet élément est à corréliser avec le nombre d'individus pouvant être présents dans chaque site isolé. La taille des territoires isolés entre aussi en compte dans cette réflexion, de manière variable selon les espèces, un même site ayant le potentiel d'accueil pour bien moins de grands mammifères que d'escargots par exemple.
- il intervient aussi, mais à une échelle bien plus grande (de l'ordre des centaines de milliers d'années, parfois moins) pour permettre les processus assez lents conduisant à une **éventuelle spéciation**.
- il se pose aussi lorsqu'on examine la réponse aux **actions de réhabilitation / restauration** qui sont menées, dans le domaine de la mise en connexion ou autre. Beaucoup de réponses positives (ou négatives parfois) ne se manifestent qu'après qu'un certain temps se soit écoulé après les actions. En particulier, la (re)mise en connexion de milieux n'aura ses effets qu'après un certain laps de temps.

Les méthodes d'**étude de l'ADN** permettent notamment de se rendre compte si des populations ont été isolées depuis un certain temps ; sur des espèces à rotations de génération courtes, comme les papillons par exemple, cela se voit rapidement, mais cela peut aussi être perceptible pour les espèces à générations plus longues (Cornuau J., com. pers., 2014). L'utilisation de la génétique des populations serait ainsi une méthode fiable

pour mesurer les flux biologiques dans un réseau de tourbières⁷. Les outils de génétique des populations permettent de savoir si des flux de gènes sont effectifs entre des tourbières. De plus ces outils donnent des informations sur la taille des populations, la diversité génétique des populations, la structuration du réseau de tourbières et les distances de dispersion des espèces. Les données de génétique des populations peuvent également être combinées à d'autres méthodes (capture / marquage / recapture, suivis visuels des trajectoires d'individus (pour les espèces qui s'y prêtent)).

(Voir aussi plus loin au § 6.3 les considérations sur une approche non fixiste)

6. Autres aspects

6.1 Aspects sociologiques de la question des trames en tourbières

Lors de la journée d'étude sur 'tourbières et recherche scientifique' organisée en février 2012 par le Pôle-relais tourbières, il a brièvement été souligné que « *les questions de connexions, de réseaux, de corridors constituaient des thématiques de recherche à venir. **La tourbière n'est en effet pas un objet isolé, mais elle s'inscrit dans un territoire avec des acteurs, elle renvoie à une dimension culturelle, ce qui est important quand on prévoit la gestion.*** » (Pôle-relais tourbières, 2013)

Il s'agit là d'une autre manière d'appréhender les réseaux et trames. Les tourbières sont vues, comprises ou 'jugées' par les populations qui vivent près d'elles comme un élément de leur cadre de vie. Elles sont ainsi intégrées, plus ou moins fortement, avec des connotations positives ou négatives, dans l'ensemble de l'environnement des habitants. Et c'est sans doute le plus souvent en tant qu'ensembles qu'elles sont vues et non en tant que tourbières isolées, dès lors que plusieurs tourbières font partie d'un terroir.

Dans cette dimension sociale, ou proche d'elle, on peut inclure **la dimension paysagère**, qui intègre la perception que peuvent avoir des tourbières ou ensembles de tourbières les personnes qui les considèrent. De ce point de vue, on peut estimer que si les 'paysages à tourbières' sont peu fréquents en France, du fait de la rareté relative des tourbières qui sont également parfois dispersées, leur présence en un lieu donné est en général marquante dans l'imaginaire populaire, pour les habitants comme pour les visiteurs. Cela nous incite à



proposer de maintenir ou restaurer la qualité et l'originalité de ces paysages : grands marais de plaine, de chapelets ou d'ensembles de tourbières de montagne, là où leur taille devient significative dans le paysage. L'inventaire complet de ces 'paysages à tourbières' devrait être fait là où il n'existe pas encore, ainsi que l'inclusion et la prise en compte de ces particularités dans les plans d'aménagement et de développement.

Les tourbières peuvent être l'élément clé de paysages originaux et appréciés. Tourbière du Moutat, Mouthe [25], photo F. Muller, 2010.

6.2 La qualité des milieux naturels

Il est important de considérer que la connectivité n'est pas l'unique réponse à la fragmentation et la dégradation des habitats naturels. La préservation de la biodiversité doit aussi être raisonnée en termes de qualité des habitats naturels, via la diminution des pressions humaines sur les milieux naturels, l'accroissement des zones protégées et l'amélioration de la qualité de la matrice. Pour résumer, il convient de procéder à une « *requalification généralisée des territoires* » (Bergès et al. 2010).

6.3 L'évolution des milieux au fil du temps : éviter une approche trop fixiste

Si les milieux tourbeux évoluent avec une relative lenteur, ils ne sont pas fixes pour autant. Il importe que la trame et les connexions prennent en compte leurs possibilités d'évolution.

On l'a vu pour les **milieux pionniers**, ceux-ci s'installent rapidement. En revanche, ils sont assez prompts, aussi, à régresser ensuite devant des milieux plus pérennes (avec leurs cortèges d'espèces). Il faut que les systèmes en réseaux que l'on favorise laissent la possibilité à des habitats pionniers de s'installer, mais pas toujours au même endroit. En revanche, il faut laisser aussi s'installer des milieux d'évolution plus lente, et ne pas rejeter la présence d'**habitats sénescents**.

« Il convient de ne pas envisager la gestion site par site, mais d'avoir au contraire une approche globale qui tienne compte de l'état de tous les sites. C'est à cette échelle seulement qu'il faut maintenir l'objectif d'une biodiversité maximale. En effet, l'assèchement et la minéralisation naturels d'une tourbière n'est en rien catastrophique et ne nécessite aucune intervention si elle est compensée par des démarrages de la turfigenèse en d'autres secteurs. C'est le cas dans les Bois Noirs, par exemple [est du Massif central], où les petites zones para-tourbeuses sont innombrables. Elles représentent, à l'échelle du massif, un potentiel de régénération remarquable des tourbières, à condition évidemment que l'Homme ou un changement climatique majeur ne viennent pas bouleverser les bilans hydriques actuels. » (Cubizolle & Sacca, 2004)

Ainsi, il faudrait intégrer les systèmes connectés pour une bonne gestion des tourbières, mais accepter que certains de leurs éléments ne comportent pas à un moment ou un autre tous les espèces ou habitats dont on recherche la survie, pour peu qu'ils puissent se retrouver alors en un autre élément du réseau

7. Etude de cas en Franche-Comté

7.1 Le secteur du Russey [25]



Dans les environs du Russey, les questions de connectivité peuvent notamment se poser pour de petites tourbières enclavées en forêt. Photo F. Muller, 2010

D'après Aurélien Hagimont, Syndicat mixte d'aménagement du Dessoubre et de valorisation du bassin versant, com. pers., 12/02/14

Sur le secteur, il existe les complexes tourbeux du Mémont (hors Natura 2000) et de Noël-Cerneux.

Seuls sont en Natura 2000 les zones du Creugnot (sur Bonnétaget et St-Julien-lès-Russey [25]) et de Cerneux Gourinots (commune du Russey [25]) qui concernent le Syndicat mixte.

Les aspects de connectivité ne sont pas directement mis en avant dans les modes de gestion des tourbières. Mais la réflexion se fait toujours sur l'impact de ceux-ci sur les sites proches.

Cas de diverses espèces animales.

Par ex., sur l'un des sites, une station de mélibée (*Coenonympha hero*) est entourée d'épicéas peu propices aux déplacements de l'espèce. Le syndicat mixte, l'ONF et la commune ont voulu développer l'idée d'un corridor.

A Cerneux-Gourinots, le damier de la succise (*Euphydryas aurinia*) était également cloisonné par des bosquets. Des travaux de réouverture de corridors libres d'arbres devaient permettre tant de favoriser les insectes que de restaurer une forme souhaitée de paysage.

Les travaux entamés récemment ne sont pas toujours très conséquents et font par exemple intervenir du débardage équestre.

Sur l'Adresse, on a 2 mares à tritons crêtés (*Triturus cristatus*) d'un côté de la route, 2 de l'autre côté : la route est-elle un élément perturbant ?

Cas de certaines espèces végétales :

L'utriculaire du nord (*Utricularia stygia*) est présente à Frambouhans : quelles possibilités de déplacement y a-t-il pour les diaspores ?

Il n'y a pas d'autres espèces qui aient été prises en compte ; on a pu supposer que les graines / spores trouvaient suffisamment bien à se disperser.

Plus que pour rétablir des **connexions**, on intervient pour **agrandir le domaine vital** d'espèces dans des secteurs à la surface propice limitée. Cela est vrai tant pour des plantations que l'on supprime que pour des zones drainées qu'on restaure.

La connectivité aura-t-elle une influence sur la conservation des sites dans un contexte de changement climatique ?

Les actions de gestion n'ont pas encore pris en compte de cet élément, mais A. Hagimont garde une veille documentaire sur ce sujet. Pour l'instant, ces considérations en sont davantage venues influencer sur la gestion des forêts que sur celle des tourbières.

Conservé au maximum les habitats revient à avoir une meilleure chance de succès face aux aléas à venir. A. Hagimont essaie de transmettre un tel message aux élus, lesquels partagent assez bien un souhait d'agir durablement, en appliquant p. ex. des modifications hydrauliques de restauration, comme il en est prévu dans le programme LIFE « tourbières du Jura franc-comtois » concernant aussi ce secteur du Russey. Mais, si ce programme prévoit des restaurations, il n'a guère mentionné explicitement la question des connexions dans le secteur.

7.2 La vallée du Drugeon

D'après G. Magnon, com. pers., mars 2014 (Syndicat mixte des milieux aquatiques du Haut Doubs)

La connectivité, à l'échelle locale, a toujours été prise en compte dans les interventions de réhabilitation de tourbières en vallée du Drugeon. Lors de mise en place de gouilles, on veille à ce qu'elles servent aux Odonates notamment, mais elles ne sont pas placées au hasard : on cherche à ce qu'une possible (re)colonisation soit favorisée. Pour les plantes, on veille à

ne pas détruire des espèces patrimoniales qui se seraient installées, même sur des zones dégradées.

Un **objectif 'papillons'** a aussi été défini. Par exemple, près de la Grande Seigne, à Granges-Narboz [25], les boisements d'une quarantaine d'années forment un obstacle à la circulation des papillons comme *Coenonympha tullia*. Des ouvertures ont été réalisées. On ne sait pas si elles jouent un rôle (il n'y a pas p. ex. eu de captures / marquages / recaptures) et on n'a pas d'éléments chiffrés sur les communications effectives entre sites. Mais le corridor a été établi.

En général, pour les insectes, on sait que la vallée du Drugeon représente le **dernier bastion pour plusieurs espèces** comme *C. tullia*, sûrement parce qu'on y trouve des tourbières assez grandes. L'importance de la présence de milieux annexes aux tourbières est soulignée (d'autres zones humides mais aussi des milieux secs, permettant l'alimentation des individus : on ne se préoccupe pas que de la présence de la plante hôte mais aussi des plantes alimentaires).

Le **non mélange des eaux** entre les tourbières actives acides et les autres tourbières plus alcalines et riches en nutriments est primordial dans ces contextes calcaires. Les eaux calcaires peuvent se trouver dans la base d'un bombement ombrotrophe, mais sans que les eaux se mélangent.

Le programme LIFE 'réhabilitation fonctionnelle des tourbières du massif jurassien' ne s'est pas basé sur la connexion des milieux tourbeux. Il va cependant reprendre divers indicateurs qui seront améliorés par l'existence d'une bonne connectivité. Il sera intéressant de pouvoir se rendre compte si les espèces (notamment de papillons) circulent bien d'un site à l'autre.

La question des surfaces critiques de sites peut se poser. Des sites de petite taille valent à être conservés, p. ex. pour des milieux naturellement petits, comme les tourbières de sources.

7.3 Le Parc naturel régional du Haut-Jura

(Anne-Sophie Vincent, com. pers., mai 2014)

La prise en compte des corridors et connexions pour les tourbières du Parc naturel du Haut-Jura est une question compliquée, et a surtout été appliquée pour la gestion de sites très proches les uns des autres, ou pour le cas de certains insectes.

De fait, on parle peu de Trame verte et bleue en lien avec ces types de milieux.

Il faut dire que la charte du Parc considère toutes les zones humides de son territoire comme prioritaires et s'assigne comme objectif de les protéger toutes, voire de les restaurer si nécessaire. D'une certaine manière, le leitmotiv est 'conserver l'existant, améliorer la

fonctionnalité, et la connectivité suivra...'. Le parc comporte certains grands ensembles fonctionnels riches en tourbières comme le secteur de La Rixouse, dans lesquels des continuités sont supposées exister et fonctionner.



fonctionnalité, et la connectivité suivra...'. Le parc comporte certains grands ensembles fonctionnels riches en tourbières comme le secteur de La Rixouse, dans lesquels des continuités sont supposées exister et fonctionner.

Vallon du ru du Loutre, La Rixouse [39].
Photo F. Muller 2010.

Le parc se heurte aussi partiellement à un manque de connaissances des phénomènes liés à la connexion pour les milieux tourbeux et leurs espèces. Il veut

par contre éviter de lancer des travaux de remise en connexion, dont il pourrait apparaître ensuite qu'ils auront été inutiles, si la connectivité ne s'avère finalement pas être un facteur limitant dans la distribution et la survie durable des espèces. Les recherches menées en matière d'isolement de populations, comme celles faisant intervenir les différences génétiques entre métapopulations, intéressent potentiellement le Parc.

Le Parc prend-il en compte les éventuels problèmes liés à des sites trop petits et surtout de surface et qualité en diminution ?

Oui, sur certaines tourbières isolées, des mesures de restauration, de déboisement, ont permis de regagner des surfaces utiles. Par exemple, au grand Essart à Cuttura [39], une tourbière assez petite et isolée dans son vallon, on a étudié l'hydrologie du site, car de la tourbe avait été extraite et la tourbière perturbée et légèrement réduite en taille. Elle a été inscrite dans le programme « restauration fonctionnelle des tourbières de l'Arc jurassien ». Ainsi, si ce programme n'abordait pas explicitement la question de la connexion des tourbières, il l'intègre de manière implicite et par les travaux prévus.

Autre exemple, celui de la tourbière de Ranchette, près de St-Claude [39], site à glaïeul des marais (*Gladiolus palustris*). Des travaux de déboisement y ont été réalisés dans une logique de remise en connexion des milieux séparés par des résineux, au sein d'un même ensemble tourbeux. La tourbière avait été auparavant bien réduite, les travaux lui ont permis de recouvrir une surface plus importante.

La connectivité aura-t-elle une influence sur la conservation des sites dans un contexte de changement climatique ?

Le parc s'en préoccupe pour tous les types de milieux de son territoire, et souhaite maintenir une bonne connectivité, afin que les espèces puissent se déplacer facilement si besoin de repli ou colonisation.

Dans les programmes LEADER soutenus par l'Europe, le suivi de la végétation, des insectes et oiseaux est fait depuis 6 ou 7 ans dans l'optique du changement climatique. Mais les sites d'investigation comportent des forêts et prairies, pas des tourbières, sans que A-S. Vincent puisse en donner la raison.

Le Parc compte répondre à un appel à projets en cours du LEADER, prenant en compte les questions de changement climatique.

Les questions de connexion font-elles l'objet de discussions dans les cercles professionnels auxquels participe le Parc ?

Oui, en ce qui concerne la TVB en général, mais peu en ce qui concerne les tourbières en particulier.

Comme le Parc travaille sur le SCOT du secteur du Haut-Jura et du val de Mouthe, une entrée TVB avec sa sous-trame 'milieux humides' a été intégrée, prévoyant la préservation de tous les sites existants.

La **connexion hydraulique** n'entre pas dans les projets et il ne convient pas de relier de ce point de vue des tourbières qui ne l'étaient pas originellement. Mais il s'agit de comprendre quel est leur fonctionnement hydraulique. Cela se fait à une échelle très locale.

7.4 Les Vosges Comtoises

(Moncorgé S., Mazuy M., CEN Franche-Comté, com. pers., 2014)

Sur les communes de St-Bresson, La Longine, La Montagne, La Rosière [70], dans des secteurs s'étendant jusqu'à 800 m d'altitude, des réseaux isolés de tourbières subsistent. L'ONF y gère plusieurs tourbières, qui sont incluses dans une Réserve biologique forestière et a demandé au Conservatoire d'espaces naturels Franche-Comté (CEN FC) de se pencher



sur la question des connexions entre tourbières dans le cadre d'une étude sur la gestion de cet ensemble.

Tourbière du Grand Roncey, La Longine [70] ; photo S. Moncorgé, CEN-Franche-Comté.

Ici, comme classiquement dans de tels cas, on est amené à se poser les questions :

- Comment ces tourbières s'intègrent-elles dans un réseau plus vaste de tourbières du massif vosgien sud ?
- Où sont les tourbières les plus proches et comment interagissent-elles avec celles qui nous concernent ?
- Quelles sont les espèces patrimoniales qui seraient dépendantes d'échanges entre sites ?
- Y a-t-il des problèmes de connectivité ?

Le CEN FC a recherché **quelles espèces pouvaient être analysées** pour les questions de connectivité. 10 espèces : 5 de papillons, 4 de libellules et une de criquet avaient initialement été retenus parmi les insectes, mais il a ôté les espèces les moins tyrophiles, les moins sténoèces et les moins menacées. Restaient le fadet des tourbières *Coenonympha tullia* et le nacré de la canneberge *Boloria aquilonaris*, la leucorhine douteuse *Leucorhinia dubia* et la cordulie arctique *Somatochlora arctica*.

Parmi les espèces végétales, sur les 6 tourbières étudiées, on retenait 4 espèces, surtout pionnières, qui étaient menacées en Franche-Comté : l'utriculaire *Utricularia ochroleuca*, la scheuchzérie *Scheuchzeria palustris*, le rossolis intermédiaire *Drosera intermedia* et le rhynchospore blanc *Rhynchospora alba*.

Il s'agissait de savoir si **le rétablissement de corridors** (matérialisés par des coupes à travers certains massifs forestiers pour permettre un vol aisé des espèces) pouvait concourir à rétablir les connexions. Il s'agissait aussi de favoriser des milieux fleuris pour les papillons, comportant non seulement la plante-hôte des larves mais aussi des plantes nectarifères appréciées.

Qu'a-t-il donc été proposé ?

- ☒ Elargir des sommières (= grandes laies forestières), même si elles sont situées sur des milieux secs ;
- ☒ Relier des vallons différents a-t-il du sens ? il faut déjà prévoir de relier au mieux les sites présents dans un même vallon ;
- ☒ Prévoir que les noyaux de population bénéficient de milieux en état favorable, faute de quoi l'expansion des animaux sera problématique, par manque d'individus colonisateurs ;
- ☒ Chercher des éléments historiques : a-t-on des raisons de penser que les milieux étaient mieux connectés auparavant, et si oui comment ?

8. Regards sur d'autres cas en France ou pays voisins

8.1 En Rhône-Alpes,

En Pays de Gex [Ain],

D'après Nicolas Gorius, CEN Rhône-Alpes, comm. pers., 27-7-12

Un contrat « corridors » est en cours. Plusieurs tourbières sont concernées le long de la rivière Versois.

On pense aux corridors surtout pour les papillons du genre *Maculinea*, pas tant pour l'ensemble des espèces.

On est cependant attentifs à ne pas permettre l'expansion des espèces allochtones d'écrevisses en leur donnant la possibilité d'utiliser des connexions d'une rivière à une autre passant dans des ensembles de marais.

Dans le Parc naturel régional des Monts d'Ardèche

D'après Nicolas Dupieux, PNR des Monts d'Ardèche, comm. pers., 26-3-14

La question des corridors entre tourbières occupe le PNR au moins depuis un programme LIFE achevé vers 2006 ; on en revient toujours aux mêmes questions. Mais N. Dupieux ne pense pas qu'il faille autant s'attacher à ces problèmes de connexion.

Des travaux sont en cours : l'entreprise Terro'iko s'est penchée sur des analyses, avec modélisations, à partir d'un jeu de données sur des espèces relevées dans le Parc ([cf. annexe 2](#)).

L'orthetrum bleuisant (*Orthetrum coerulescens*, Odonate) a fait l'objet de captures / marquages / recaptures (CMR), sur un nombre important d'individus (1493). Puis c'est l'azuré des mouillères (*Phengaris alcon alcon*, Lépidoptère) qui a été utilisé. Alors qu'on se demandait sur quelle espèce travailler, il est apparu que ce papillon très menacé à faibles effectifs pouvait convenir. Ce n'est pas ici la méthode CMR qui a été employée, mais des études de trajectoire à vue. La méthode consiste à suivre visuellement le déplacement d'un azuré dans son milieu, à noter ses déplacements à l'aide d'un GPS et à noter son comportement lorsqu'il changeait de milieu. Jusqu'à présent, on se basait toujours sur des études nécessitant 3 passages annuels, dont l'un au moins n'était pas faisable pour cause de météo défavorable. Ici, cela n'a pas été nécessaire. Les analyses de génétique des populations auraient pu si besoin compléter le dispositif.

Aujourd'hui, pour le PNR, la priorité est non pas à la restauration des connexions entre tourbières du nord et du sud du Parc, mais à une **intervention pour réhabiliter les habitats qui dysfonctionnent**, et à la restauration. Pour le rétablissement des corridors, se pose par ailleurs toujours la question de comment les reconstituer (y compris de savoir comment le facteur eau doit y être considéré).

Les échanges entre les populations d'espèces rares existent sur le site de Montselgues [07], même si ces échanges sont peu fréquents. Cela peut-il suffire ?

Les craintes de déconnexion de sites que le PNR pouvait avoir ne se sont pas avérées si fondées. Les quelques échanges d'individus qui fonctionnent seraient suffisants pour maintenir des populations viables ([pour des informations complémentaires, cf. l'annexe 2](#)).

8.2 en Suisse Romande

D'après Philippe Grosvernier, bureau d'études Lin'Eco (également chargé de missions de coordination pour les tourbières de Suisse romande), com. pers. 2014

La Trame Verte et Bleue n'existe pas sous ce vocable en Suisse. Un Réseau Ecologique National (REN) a été défini (BERTHOUD G. et al., 2004, voir <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00540/index.html?lang=fr>)

En 1996, le Comité permanent de la Convention de Berne a adopté une résolution prévoyant en Europe et en Afrique la création du réseau « ÉMERAUDE », qui inclut des « zones d'intérêt spécial pour la conservation » (ZISC), en utilisant quasiment le même modèle méthodologique que Natura 2000. La mise en œuvre du réseau écologique national (REN)

est un des objectifs majeurs de la conception « **Paysage Suisse** » et des Principes directeurs « **Paysage 2020** » de l'OFEFP (Office Fédéral de l'environnement, des Forêts et du Paysage, 2003). Le REN contribue à fournir des solutions contre la perte générale de la biodiversité, due à la fragmentation progressive du paysage, à encourager la revitalisation écologique des régions utilisées de manière intensive et, finalement, à pallier le manque de perméabilité du réseau des infrastructures de transport. Le REN établit une vision cartographique d'un réseau écologique multiple et interconnecté, permettant de suivre l'évolution des problèmes de la fonctionnalité écologique globale du territoire.

Il est cohérent au niveau international et constitue la contribution de la Suisse aux trois piliers de la Stratégie de la diversité biologique et paysagère au niveau européen : le **réseau Natura 2000**, le **réseau ÉMERAUDE** et le **Réseau écologique paneuropéen (REP)**.

Les zones humides y sont décrites : elles sont bien représentées dans toutes les régions, mais offrent des particularités liées à la morphologie du terrain et à l'intensité des pratiques agricoles.

Analyse sommaire par région biogéographique (parties concernant la Suisse Romande) :

Jura : Les milieux humides sont rares tout en étant regroupés dans certaines vallées, en formant de petits ensembles isolés.



Plateau des Ponts-de-Martel, canton de Neuchâtel [ch] ; les tourbières y apparaissent comme des îlots plus ou moins boisés au sein de prés. Photo F. Muller, 2009

Plateau : Les zones humides en réseaux sont rattachées aux zones alluviales des grands cours d'eau et des lacs. Les réseaux sectoriels sont souvent isolés dans le sud-ouest du Plateau, alors qu'ils sont encore cohérents dans la partie nord-est, malgré une forte fragmentation de l'espace.

Alpes centrales occidentales : Région relativement pauvre en zones humides, seule la région du Bois de Finges [Valais] présente un ensemble important de zones alluviales et de petits marais formant un réseau. Par contre, la zone alpine de haute altitude possède de nombreuses zones humides liées aux marges glaciaires, dont certaines créent un début de réseau lorsque les zones humides situées dans d'autres vallées latérales sont suffisamment proches.

Des continuums ont été définis, dont un continuum humide, qui comprend les tourbières :

• **Continuum humide** (paludéen) :

H1. Roselières, bas-marais alcalins et prés à litière (*Phragmition*, *Phalaridion*, *Magnocaricion*, *Caricion davallianae*, *Molinion*)

H2. Bas-marais acidophiles et hauts-marais (*Sphagion*, *Caricion fuscae*, *Caricion lasiocarpae*)

H3. Prairies humides eutrophes et mégaphorbiées (*Calthion*, *Filipendulion*)

H4. Sources alcalines et acides, bords de torrents alpins (*Cratoneurion*, *Cardamino-Montion*, *Caricion bicolori-atrofuscae*)

H0. Vertébrés liés à l'ensemble des zones humides (batraciens et reptiles)

Pour les bas-marais et hauts-marais, 14 espèces d'Odonates ont été définies comme formant des guildes d'espèces typiques du continuum (op.cit., p 111).

Les Odonates ont justement servi pour un embryon de réflexion dans les Franches-Montagnes. En tenant compte de ce qui pouvait être considéré comme populations-réservoirs (y compris en France limitrophe), sites-relais et corridors possibles, et en réalisant des aménagements de plans d'eau, les possibilités d'expansion de *Leucorrhinia pectoralis* ont été étudiées et favorisées. En 2014, des stages ont permis de préciser la répartition et l'expansion de cette espèce dans le Jura suisse ; les résultats en seront présentés à la rencontre franco-suisse d'octobre de la même année aux Ponts-de-Martel [canton de Neuchâtel]. Déjà, dans les actes de la rencontre franco-suisse 2013 de Labergement-Ste-Marie, S. Tschanz donnait des premiers résultats montrant la recolonisation par l'espèce dans un contexte de tourbières pouvant être considérées comme étant en réseau, dans sa présentation accessible sur <http://www.pole-tourbieres.org/IMG/UserFiles/Files/3.1.pdf> (diapositives 16 à 29)

En pratique, si selon Grosvernier, le REN est assez bien conçu et fournit des cartes de continums de zones humides assez intéressantes en tenant compte des possibilités de connexions variables avec d'autres milieux contigus, et prend en compte une compilation de banques de données considérant diverses espèces, ce réseau reste assez peu utilisé par les acteurs de terrain. Le canton du Vaud a également défini des réseaux plus fins.

Concernant l'adaptation au changement climatique, P. Grosvernier travaille à un outil destiné à diagnostiquer la relation des tourbières avec leur environnement hydrogéologique. Le postulat est que les tourbières vont faire face à des conditions plus tendues du fait des changements climatiques (températures moyennes plus élevées, sécheresses estivales...) et que de ce fait il sera d'autant plus nécessaire qu'elles soient en bonne relation avec l'environnement qui leur fournit l'eau. Il s'agirait alors de pouvoir définir sur quelles surfaces (allant généralement bien au-delà d'une simple bande-tampon) il faudrait que la ressource en eau soit préservée.

8.3 en Auvergne

D'après Lucie Le Corguillé, Stéphane Cordonnier et Aurélie Soisson, Conservatoire d'espaces naturels Auvergne, com. pers., 2014

Un des objectifs du CEN Auvergne pour la TVB régionale est de pouvoir placer tous ses sites de tourbières dans un contexte de corridors. Dans les plans de gestion réalisés, l'achat de parcelles voisines peut être recommandé.

Les tourbières ne sont pas traitées à part des autres zones humides.

Il ne leur semble pas que les tourbières ombrotrophes présentent un réel problème de connexion, et ils concentrent donc leur action sur les cas où ils savent qu'il existe des problèmes d'isolats. Les tourbières boisées, souvent trop négligées, devraient requérir selon eux plus d'attention, comme celles du Cézallier ou des Bois Noirs.

Liens entre tourbières et zones humides associées : on se pose la question de la TVB par **l'entrée 'espèces'** (et notamment dans le cadre des plans nationaux d'action Odonates et Papillons en cours) mais les espèces végétales n'ont pas été abordées.

Une espèce a particulièrement été étudiée : l'agrion à lunule *Coenagrion lunulatum*, des lacs-tourbières oligotrophes d'altitude, typique du Massif central mais aussi présente en Europe de l'est.

Des inventaires de cet odonate ont été réalisées et le seront encore jusqu'en 2015, afin de progresser dans la connaissance de l'écologie et des métapopulations de l'espèce. La méthodologie qui permettra de vérifier si les sites sont bien reliés pour cette espèce (et de même pour *Somatochlora arctica*) est en février 2014 encore à définir.

Pour des papillons du genre *Maculinea*, le programme a été validé plus tard que celui des libellules, la démarche est donc encore moins avancée. Pour *M. alcon*, de la même manière

que pour *Coenagrion lunulatum*, l'Auvergne qui accueille de fortes populations de ces espèces a une responsabilité marquée dans leur conservation en France. Et une bonne interconnexion entre sites peut jouer un grand rôle.

On se pose la question aussi de **l'alimentation en eau**. Quel impact un problème hydraulique a-t-il en aval ?

Tourbière de Gayme, Picherande [63] fortement modifiée par une ancienne exploitation artisanale de la tourbe. Photo F. Muller 2011



L'**outil 'paysages'** est mis en avant pour l'intérêt des tourbières à composer un paysage typique, dont la lecture peut être proposée. Cela peut ouvrir la porte à une réflexion sur la TVB, mais pas seulement. On peut mettre en avant des ruptures lisibles pour le public dans un paysage.

Que manquerait-il dans les démarches actuellement suivies ?

- très peu d'approches sont liées aux tourbières sensu stricto
- les conséquences éventuelles d'un changement climatique n'ont pas été prises en compte dans les projections. La démarche par site qui est privilégiée ne tend pas non plus trop à cette vision. De surcroît, le CEN ne serait guère en mesure d'agir en fonction de ces changements dus au climat.

8.4 En Limousin

D'après E. Hennequin, com. pers., 18-4-14

La prise en compte des éléments de connectivité commence à être effective au Conservatoire d'espaces naturels du Limousin, surtout dans le bassin amont de la Vézère, site Natura 2000. Ainsi, les plans de gestion à faire ou renouveler sont **regroupés par bassins versants**. L'impulsion vient en partie de l'Agence de l'eau Adour Garonne qui finance à 50% ces plans de gestion et qui y voit un intérêt plus pour la politique de l'eau que pour celle du maintien des espèces.

Aussi les contours des sites qui sont étudiés débordent-ils des zones en maîtrise foncière du CEN, permettent notamment de voir quelles parcelles devraient logiquement faire l'objet d'une intervention future.



Vue de la tourbière des Dagues [87]. Photo F. Muller, 2005

Les tourbières du Limousin sont rarement ombrotrophes, le **lien entre tourbières par l'eau** est donc assez important : beaucoup de tourbières sont traversées par des cours d'eau.

De manière un peu similaire à ce qui se passe dans les Hautes-Fagnes belges, on a des problèmes de **développement excessif de molinie**, ce qui rend les tourbières moins fonctionnelles. Elle provoque un ombrage sur les écoulements et modifie les tourbières d'une bonne partie du réseau. Sans elle, on retrouve des habitats amphibies et aquatiques de

meilleure qualité. La remise en pâturage permet, lorsque la pression de pâture reste limitée, de favoriser les sphaignes au détriment des molinies.

En ce qui concerne l'adaptation de réseau de sites à une nouvelle donne induite par les **changements climatiques**, le Conservatoire d'espaces naturels Limousin ne s'est pas encore penché sur la question. Mais une équipe du CNRS de Chizé [79] est venue travailler sur des sites gérés par le CEN sur des liens entre le climat et certains groupes taxonomiques comme les reptiles (vipère péliade et lézard vivipare) ; des capteurs ont été installés sur les sites à sphaignes.

8.5 En Picardie

D'après R. François, Conservatoire botanique national de Bailleul, antenne Picardie, com. pers. ; 8-2-14

Le Conservatoire botanique national de Bailleul s'est penché sur la question des **tourbières alcalines des vallées picardes** et leur réaction face à des modifications récentes.

On note la présence de sphaignes acidiphiles dans certains secteurs relativement oligotrophes, comme dans les réserves naturelles de Boves [80] et de St-Quentin [02]. La fougère *Dryopteris cristata* a disparu de Boves **suite à des inondations importantes** ayant apporté des eaux eutrophisées. Le plan de gestion de la RN de Boves mentionne qu'il ne faut pas permettre de connexions hydriques entre les parties oligotrophes de la réserve et le reste du réseau. On confirme ainsi le souhait que des parties à l'alimentation différente restent bien isolées. Il en est de même à Sacy [60].



La tourbière de l'étang St-Ladre à Boves [80] avait subi les fortes inondations de 2001, qui ont fait disparaître plusieurs espèces acidiphiles et/ou oligotrophes. photo F. Muller, 2012

Comment concevoir **la réhabilitation après ces inondations** ? On essaye une gestion « amaigrissante » des espaces prairiaux, limitant l'apport de matières nutritives. Il est prévu la création de mares et gouilles à alimentation météorique. Cela fonctionne bien : les conditions deviennent progressivement oligotrophes, même si les espèces

disparues ne reviennent pas pour l'instant. Mais des espèces ayant régressé ont pu retrouver des aires antérieures perdues. Leur mode de dispersion est plus ou moins rapide.

Globalement, toutes les tourbières souffrent d'à-coups de sécheresse qui conduisent à une **minéralisation** de la tourbe, les pompages agricoles pouvant aggraver la situation comme à Velles-et-Caumont [80]. Cette minéralisation est irréversible.

8.6 En Basse-Normandie

D'après J.B. Wetton, PNR du Cotentin et du Bessin [50], com. pers., 27 mai 2014

Un choix avait été fait à deux niveaux par le Parc naturel régional pour la mise en place de la Trame verte et bleue sur son territoire :

- Décliner la TVB dans les communautés de communes pour répondre à la dynamique du SRCE. Il s'agissait d'améliorer la connaissance, particulièrement à destination des

élus. La visée était donc plus pédagogique que scientifique. Cette démarche avait démarré avant le SRCE. Le choix a été de la poursuivre sur les 4 communautés de communes du parc.

- Mettre en œuvre de manière classique, du point de vue géographique, diverses actions et réflexions. Les tourbières n'y sont pas distinguées des autres types de zones humides.

En parallèle, le parc était attentif à toutes les questions relatives aux zones humides de son territoire. Ses zones humides sont assez différentes dans leurs types et répartition de celles de montagne : elles constituent une mosaïque de prairies tourbeuses non isolées les unes des autres, même si les tourbières elles-mêmes y sont parfois isolées. La gestion de l'hydraulique est conçue de manière globale, comme bénéficiant aux prairies comme aux milieux tourbeux.

Les **travaux** menés visent une amélioration globale de la fonctionnalité des zones humides. La gestion de l'eau se fait donc à l'échelle des zones humides et consiste surtout en une gestion du niveau de l'eau.

Une fois la question de la fonctionnalité globale abordée, la question de l'exploitation agricole des zones tourbeuses se pose. Par exemple, la gestion agropastorale de la RNN de la Sansurière (composée en grande partie de tourbières) et d'autres zones d'intérêt écologique majeur est choisie avec soin.

Quel soin est-il apporté à la **prise en compte d'espèces menacées**, pour lesquelles les questions de réseaux de sites se posent ?

Une veille concerne *Euphydryas aurinia*, le damier de la succise, dont le parc est bien pourvu avec plusieurs métapopulations occupant par exemple les vallées du Gorget et de la Taute. On a examiné les pratiques de gestion dans le but de dynamiser les noyaux de présence. Mais que faire sur des zones intermédiaires où l'espèce est absente ?

Pour les espèces végétales, on ne voit guère comment un réseau de sites disjoints peut être favorable, aussi cette question a-t-elle peu été traduite sous forme de préconisations de gestion.

De manière générale, on formule, parfois un peu par défaut, le postulat que lorsque l'hydraulique est correcte, les éléments du patrimoine naturel auront tendance à suivre.

A-t-on réfléchi aux connexions à une plus vaste échelle que celle du PNR, comme la région entière voire l'inter-région ? Non, il n'y a pas eu de travail macrorégional, sauf pour l'ornithologie. Les commandes politiques et techniques ne correspondaient guère à cette échelle.

Le Parc ayant un rôle de partenaire, il développe son approche auprès des communautés de communes ; cependant, il ne reste pas fixé sur ces limites administratives et en sort volontiers.

Les effets possibles des changements climatiques et leur anticipation ?

Les modèles disponibles prévoient que la Basse-Normandie devrait avoir raisonnablement plus chaud, mais l'évolution de la pluviométrie reste incertaine. L'évapotranspiration devrait être supérieure dans les divers scénarios.

A cela s'ajouterait l'augmentation du niveau de la mer, qui apportera des changements pour la gestion des écoulements de surface, ainsi que des augmentations probables du taux de salinité. Les liens entre nappe souterraine et marais devraient être modifiés.

Des recherches sont en cours avec l'université de Rennes, sur les relations marais / nappe phréatique ; des travaux sont menés depuis 10 ans environ et se sont élargis à la question de l'influence du changement climatique.

8.7 Eléments de synthèse (sur les réseaux de tourbières en France et Suisse)

- ▣ Beaucoup de **gestionnaires ont maintenant à l'esprit l'importance des connexions** en général, mais **ne savent pas toujours comment il faut les appréhender** et quelles mesures seraient à appliquer pour les tourbières.
- ▣ Cette application leur est cependant **mieux accessible** pour certaines espèces animales, surtout **pour des insectes** comme libellules et papillons, et plusieurs ont déjà étudié la question, voire pris des mesures en favorisant la circulation des animaux entre sites.
- ▣ L'importance est parfois soulignée, de prendre en compte la nature et la qualité des **milieux adjacents aux tourbières**, pour avoir un réseau correct.
- ▣ Dans les tourbières elles-mêmes, y compris en tenant compte des incertitudes et méconnaissances sur le fonctionnement des réseaux de sites tourbeux, le parti est souvent pris de **favoriser le maintien ou la réhabilitation des éléments** qui les composent. Un accent particulier est mis sur la réhabilitation fonctionnelle (hydrologique) pour ceux qui peuvent le faire et ceux pour lesquels les réflexions sont les plus avancées.
- ▣ La **réflexion sur les effets possibles du changement climatique** sur les réseaux de tourbières et leurs espèces a été, selon les cas, faite ou non, mais une application pratique a rarement été possible ou effective.

9 Propositions pour une meilleure prise en compte du sujet à l'avenir

Voir aussi au § 6.3

9.1 La Trame verte et bleue et le changement climatique

Voir aussi au § 4.1

« Au cours du siècle dernier, la température moyenne à la surface de la terre a augmenté de 0,74°C. Ce réchauffement global s'est accéléré au cours des 50 dernières années [...]. Concernant l'Europe, les modèles prévoient une augmentation des températures, une intensification des risques d'inondations brutales à l'intérieur des terres et des événements climatiques extrêmes plus marqués (vagues de chaleurs, tempêtes...). [...] Les prévisions d'évolution climatique montrent un glissement des zones climatiques actuelles vers le nord en zone de plaine et en altitude en zone montagneuse.

Le changement climatique devrait modifier le déplacement des aires de répartition de nombreuses espèces et habitats. A travers sa logique de maillage écologique du territoire, la Trame verte et bleue doit permettre à une majorité d'espèces et d'habitats de suivre au mieux et selon leurs besoins les variations climatiques.

Ces variations étant très rapides, et à défaut de se déplacer, de nombreuses espèces n'auront pas le temps d'évoluer et de s'adapter pour survivre. Les déplacements induits, pour trouver des conditions plus favorables, pourront relever d'échelles distinctes, du plus localisé (changement de versant, de vallon frais et humide...) au plus large, impliquant des déplacements vers le nord ou en altitude dans les zones montagneuses, à condition que les zones à traverser ne comprennent pas d'obstacles infranchissables (comme par exemple le sont les villes et les infrastructures routières pour certaines espèces ou encore les vastes secteurs d'agriculture intensive). » (ALLAG-DHUISME, 2010).

« Le maintien des liens et corridors entre les populations d'une zone relativement limitée seront sans doute des plus importants pour permettre la survie des espèces. Les espèces à populations importantes et celles qui occupent des aires diversifiées sont susceptibles

d'avoir de meilleures capacités démographiques et génétiques pour faire face à conditions changeantes ». (Bennett, 2003).

Comment considérer cet élément dans le cas des tourbières de Franche-Comté ?

La présentation des enjeux relatifs aux continuités écologiques, résultant des réunions territoriales du SRCE de Franche-Comté menées en octobre-novembre 2012, relève la nécessité de « *renforcer l'analyse de la problématique de l'adaptation des éléments de biodiversité aux changements climatiques* ».

Les espèces et habitats typiques de tourbières étant souvent déjà présents dans notre région en limite de conditions optimales, surtout en zones de faible altitude, la possibilité de **migrer vers des secteurs plus frais**, donc en général d'altitude plus élevée, pourrait être un gage de survie durant les prochaines décennies. Nous pensons que c'est certainement un argument en faveur du maintien de la présence de tourbières suffisamment contiguës. Mais il n'atteint sa pleine valeur que s'il s'agit de tourbières en suffisamment bon état de fonctionnement, notamment hydrique. En effet, les causes de stress liées à des dérangements ou dégradations humaines autres, notamment le drainage, s'avèrent souvent plus traumatisantes que des variations de température modérées, auxquelles les tourbières ont déjà pu être amenées à faire face par le passé. C'est donc surtout en évitant aux tourbières de cumuler des facteurs de dégradation que l'on peut espérer que ses habitats et espèces se maintiendront. Il n'empêche qu'il faudra considérer avec soin le cas des espèces les plus liées à des conditions fraîches, en examinant pour chaque cas, en fonction de leurs capacités de déplacement, quelles zones de rempli elles peuvent trouver si nécessaire.

9.2 Pistes de recherche

Nous faisons part ci-après de quelques pistes d'études qui nous ont été suggérées par nos interlocuteurs ou nous apparaissent utiles, au vu des thèmes qui ne seraient pas suffisamment approfondis ou pour lesquels la recherche pourrait apporter un éclairage nouveau.

1) Approfondir l'utilisation de l'outil génétique moléculaire, qui a déjà pu être préconisé voire utilisé pour connaître le degré d'isolement génétique, incluant des espèces de tourbières comme *Vipera berus*, *Lacerta vivipara*, ainsi que des insectes ou des plantes entre autres. Elle devrait permettre de :

- retracer l'histoire d'une espèce localement ;
- connaître son organisation spatiale ;
- déterminer le degré de diversité génétique au sein d'une même entité (population par exemple) en connaissant son degré d'hétérozygotie et d'identifier des situations critiques en matière d'isolement génétique.

Cela permettrait notamment de connaître l'effet fragmentant réel d'éléments existants (infrastructures de transports, urbanisation, artificialisation des sols au sens large) et de connaître les conséquences de reconnections / suppression d'éléments fragmentants. (Sordello et al., 2012).

De telles méthodes sont préconisées et utilisées p.ex. par le bureau d'étude Terroïko pour certains papillons et libellules, pour lesquels des marqueurs génétiques sont connus et publiés. Ils indiquent que la connaissance des marqueurs a aussi été améliorée pour les tritons. Il est ainsi possible d'obtenir un certain niveau de mesure de la déconnexion de populations entre elles, ainsi que de la consanguinité (cette dernière a pu apparaître dans une étude sur les libellules *Orthetrum* qu'ils ont menée).

2) Développer les études sur les espèces végétales (d'après FCBN, 2011)

Pour améliorer les informations visant à pouvoir choisir des espèces de cohérence nationale des TVB (et alimenter des approches régionales ou locales), il faudrait développer les études sur :

- le potentiel - les distances de dispersion des espèces (modes de dispersion, traits influençant la dispersion tels que la taille des plantes, etc...) ;
- la persistance - modalités d'établissement des espèces ;
- l'organisation en métapopulations (recherches sur les structures génétiques des populations)
- les distributions passées et actuelles, afin d'anticiper les besoins en termes de connectivité
- les modalités permettant de simuler les réponses des populations d'espèces aux maintien / restauration / création de continuités écologiques.

...et mettre en œuvre des bases de données mobilisables sur les traits de vie des espèces végétales.

3) Compléter les informations disponibles pour la faune

Pour la faune, certains groupes taxonomiques ont été étudiés dans l'optique des circulations dans le cadre d'un réseau de sites. Mais on ne connaît pas assez les capacités de dispersion de certaines espèces. L'extension d'études sur les capacités d'expansion/recolonisation, à d'autres espèces que celles qui sont déjà étudiées, et dont la dispersion peut poser problème, permettrait de connaître leur vulnérabilité éventuelle à l'isolement.

4) Mettre en place des recherches destinées à connaître l'influence de la taille des tourbières ou ensembles de tourbières sur leur patrimoine et sur la pérennité de celui-ci.

Parmi les pistes de recherche suggérées dans ce domaine par Geneviève Magnon (syndicat mixte des milieux aquatiques du Haut-Doubs), signalons :

- La réalisation d'un état des lieux de toutes les tourbières afin de voir quelle taille limite de tourbière n'accueille statistiquement que peu d'espèces rares.
- L'idée de comparer des ensembles de tourbières de relativement grande taille comme la vallée du Dugeon, avec d'autres plus petites comme celles du secteur de Remoray (où des espèces d'insectes se raréfient un peu, un certain isolement pouvant être perceptible) et avec des zones vastes mais où les tourbières sont plutôt petites et éloignées les unes des autres, comme le secteur du plateau du Dessoubre.

5) Réaliser un inventaire des paysages où les tourbières sont marquantes en France (cf. § 6)

- Cet inventaire pourrait permettre de répondre, sur une base documentée et construite, à une autre demande de la TVB : prendre en compte l'aspect paysager (Allag-Dhuisme et al, 2010).

De manière générale, la recherche pourrait se pencher davantage sur **l'intérêt de la présence de trames de tourbières dans la survie des espèces**, puisque nous avons noté que la documentation disponible sur ce sujet et applicable en France n'était pas très ample. Comme le note le Conseil scientifique du Pôle-relais tourbières, il pourra être proposé que la connectivité entre tourbières soit prise comme **sujet d'étude de longue durée** (thèses...) pour des étudiants en écologie.

9.3 Les implications des considérations de l'étude pour la bonne prise en compte des tourbières

▣ **Les tourbières, surtout les plus oligotrophes**, ne sont pas forcément à considérer comme devant forcément faire partie d'un réseau ([voir aussi l'avis du Conseil scientifique du Pôle-relais tourbières en annexe 1](#))

▣ **Les espèces qui y vivent** ont quant à elles souvent besoin de pouvoir disposer de possibilités de déplacement à des fins d'extension de leur domaine, de recolonisation de territoires perdus ou de repli sur des zones favorables. Il faudrait veiller à rendre ces déplacements possibles, et en parallèle à développer les connaissances sur les capacités de déplacement de ces espèces dans divers milieux et sur différentes distances.

▣ **Il convient de raisonner à une échelle géographique étendue** : Au minimum, prendre en compte (pour les plans de gestion notamment) des réflexions n'englobant pas seulement des sites isolés mais faites au niveau d'un bassin versant, dans un vallon p. ex. Même pour les tourbières ombrotrophes, il s'agira de réfléchir sur les liens pour les espèces entre tourbières proches.

Ensuite, la gestion elle-même d'éléments isolés de tourbières pourra parfois se faire de manière séparée, dès lors que la réflexion aura été globale.

▣ **Les changements climatiques** en cours sont encore relativement peu étudiés en ce qu'ils pourront concrètement toucher les tourbières, et encore moins intégrés dans la gestion des sites et de leurs réseaux. C'est là un sujet à approfondir et à appliquer. **Il faudra prendre en compte l'évolution possible durant les prochaines décennies**. Que ce soit du fait de changements climatiques ou de divers effets des activités humaines, le risque d'isolement ou de régression de la surface ou des qualités des tourbières existe. Il faudra en apprécier les possibles effets, en prenant les devants, par la restauration des habitats qui peuvent encore l'être, par l'évitement de toutes nouvelles dégradations.

▣ En dehors des seuls changements climatiques, il est utile d'intégrer le fait que **les tourbières sont des milieux qui évoluent**, même si leur pas de temps est différent de celui de nos activités habituelles. Elles comportent des milieux pionniers, 'adultes' et sénescents. Tant pour la gestion classique que pour l'inclusion dans une trame verte et bleue, il est important de conserver des milieux aux divers stades d'évolution existants. Cela nécessite que les processus d'évolution ne soient pas brisés par des interventions intempestives, en dehors de cas où on serait par exemple obligé de reconstituer des stades initiaux là où la dynamique des éléments fait défaut pour des raisons anthropiques.

▣ **Il est bon de tenir compte des milieux annexes aux tourbières**. Selon leur nature, mais aussi selon les espèces vivantes que l'on considère, ils sont plus ou moins aptes à assurer une connexion avec les tourbières. Dans certains cas, mais pas dans tous, c'est l'ensemble ou une partie des zones humides qui peuvent être considérées comme formant un réseau. Parfois même, pour certaines espèces, des prairies ou d'autres milieux peuvent assurer un lien entre tourbières qui n'est pas négligeable.

Quels suivis effectuer ?

Les éléments cités ci-dessus devront faire l'objet de suivis appropriés, afin de pouvoir adapter les actions à l'évolution réelle de la situation.

Il pourra s'agir :

- De suivis hors de toutes actions humaines, pour mieux connaître les évolutions spontanées
- De suivis d'effets induits par l'Homme, mais à grande échelle, comme le changement climatique
- De suivis d'effets d'actions directes
 - Soit ayant des effets négatifs prévisibles, comme les déconnexions liées à des modifications de l'utilisation de l'espace, dont la construction d'infrastructures

- Soit destinés à avoir des effets positifs : réhabilitation ou restauration de sites.

10. Conclusions de l'étude

Nous avons vu dans cette étude, que :

- les tourbières faisant partie des zones humides, elles **entrent dans la logique de la connectivité des milieux** tout comme elles et qu'une réflexion sur l'application des concepts de trames vertes et bleues peut y trouver place ;
- en revanche, certaines **particularités des tourbières** leur font trouver une place originale dans cette réflexion. Il s'agit particulièrement des tourbières ombrotrophes, du fait qu'elles se trouvent souvent naturellement isolées depuis quelques milliers d'années et qu'une mise en relation artificielle avec d'autres tourbières peut s'avérer sans intérêt voire préjudiciable ; mais aussi plus largement pour des tourbières oligotrophes en général,
- **les bas-marais** (tourbières minérotrophes, en particulier les plus riches du point de vue trophique) trouvent en général les mêmes conditions d'intérêt et de modes de connexion que les zones humides non tourbeuses. On doit pouvoir se référer généralement, les concernant, au reste de la littérature et des expériences se rapportant aux zones humides en général.
- **les espèces de tourbières répondent de manière variable** aux nécessités ou intérêts des connexions. Les espèces végétales supérieures restent à étudier davantage dans ce domaine mais il semble que celles des tourbières ombrotrophes puissent se satisfaire d'un isolement relatif ou fort, les espèces de bryophytes semblant, pour leur part, aptes à se répandre facilement. Pour les espèces animales, nous avons examiné le cas de certaines espèces de reptiles, amphibiens et arthropodes et vu que bien des cas particuliers existaient, nécessitant de prendre en compte la biologie et l'autécologie particulières de chacune d'entre elles ou, lorsque l'on peut raisonner globalement, de cortèges d'entre elles.
- si les tourbières n'ont pas toujours besoin de connectivité entre elles, il s'agit par contre de prendre toutes mesures nécessaires pour **maintenir la résilience des tourbières et la qualité de leurs éléments** :
 - ne pas accroître encore le rognage de la surface des sites encore existants, maintenir une qualité des eaux conforme au type de tourbière considéré,
 - **favoriser les relations possibles avec des milieux voisins non tourbeux** mais complémentaires, et restaurer ces éléments là où ils doivent et peuvent l'être. Les milieux défavorables aux connexions devront être précisés et évités ou contournés lorsque les connectivités s'avèrent nécessaires.
 - **veiller à ce que les zones protégées correspondent à des unités fonctionnelles viables**, notamment du point de vue hydrologique.
- un **suivi de la situation** devra être réalisé par les gestionnaires et les scientifiques, particulièrement là où des mesures de réhabilitation ont été effectuées, ainsi qu'aux endroits où la situation peut apparaître comme délicate pour le maintien d'espèces et habitats dans des tourbières plus ou moins isolées.
- une **approche évolutive, non fixiste**, tenant compte des variations spontanées des milieux et de leur évolution au fil du temps, gagnerait à être suivie. Par ailleurs, si l'approche par habitats des tourbières n'implique pas toujours une recherche absolue des connectivités, et si celle par espèces est à considérer au cas par cas, celle par

paysages nécessiterait de prendre en compte les grands ensembles tourbeux encore existants.

- **en matière de recherche**, on peut supposer et souhaiter que les études utiles à la compréhension des connexions entre tourbières et des implications pour leurs espèces (comme celles proposées au § 9.2) seront menées et que les gestionnaires pourront y trouver des éléments nécessaires à leurs bonnes pratiques. Le sujet pourrait aussi se voir consacrer davantage de sessions de colloques et de publications.

Par ailleurs, il apparaît que la situation est la suivante :

- **en Franche-Comté**, beaucoup de gestionnaires ont réfléchi aux questions de connexion mais la prise en compte reste assez empirique et les actions sous-tendues par cette prise en compte restent limitées. Certains groupes d'insectes ont le plus souvent été pris en compte dans de telles réflexions.
- **ailleurs en France**, il en est souvent de même. Cependant, dans le cas des bas-marais (tourbières minérotrophes souvent relativement eutrophes), répondant peut-être plus classiquement aux démarches de type TVB, des études ont souvent été faites, en particulier concernant les déplacements et la connectivité pour les insectes, et la gestion a occasionnellement été adaptée à cette connaissance acquise.

11. Bibliographie utilisée

✎ Allag-Dhuisme F., Amsallem J., Barthod C., Deshayes M., Graffin V., Lefeuvre C., Salles E. (coord), Barnetche C., Brouard-Masson J., Delaunay A., Garnier CC, Trouvilliez J., 2010. *Choix stratégiques de nature à contribuer à la préservation et à la remise en bon état des continuités écologiques – premier document en appui à la mise en œuvre de la Trame verte et bleue en France. Proposition issue du comité opérationnel Trame verte et bleue. MEEDDM éd.* (disponible sur http://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/juillet2010_guide1_tvb_avec_auteurs.pdf et consulté le 12-8-13)

✎ Anonyme, 2013. Fiches descriptives de massifs à Tourbières de France métropolitaine, Commissariat général au développement durable, Service de l'observation et des statistiques / MEDDE, 736 p. Disponible sur http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/Publications/Documents_de_travail/2013/tourbieres-complet.pdf et consulté le 12-8-13

✎ Bailly G. & Schaefer O., 2010, Guide illustré des Characées du nord-est de la France, Conservatoire botanique national de Franche-Comté, 98 p.

✎ Bennett A.F., 2003, Linkages in the landscape, IUCN, p. 158-159.

✎ Bergès L., Roche Ph. & Avon C., 2010. Corridors écologiques et conservation de la biodiversité, intérêts et limites pour la mise en place de la Trame verte et bleue, *Revue SET*, 3 : 34-39. Disponible sur <http://www.set-revue.fr/corridors-ecologiques-et-conservation-de-la-biodiversite-interets-et-limites-pour-la-mise-en-place-d> (consulté le 01/08/2013).

✎ Berthoud G., Lebeau R. P., Righetti A. 2004 : Réseau écologique national REN. Rapport final. *Cahier de l'environnement* N° 373. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne. 132 p.

✎ Burel F. & Baudry J., 1999. *Écologie du paysage. Concepts, méthodes et applications*, Paris, TEC & DOC, 362 p.

- ✘ Cristofoli S., Mahy G., 2010. Comment les espèces réagissent-elles face à la fragmentation et face à la restauration des milieux tourbeux en Haute-Ardenne ? *Forêt Wallonne*, 109 ; 25-33.
- ✘ Cubizolle H., Sacca C., 2004. Quel mode de gestion conservatoire pour les tourbières ? L'approche interventionniste en question. *Géocarrefour*, Vol. 79/4, 285-302.
- ✘ Delage V., Fortin M.-J., Desrochers A., 2000. Effets de lisière et d'isolement des habitats d'oiseaux chanteurs dans les tourbières exploitées, *Écoscience*, vol. 7 (2)149-156.
- ✘ Fédération des Conservatoires botaniques nationaux, 2011. Trame verte et bleue - Réflexion et essai méthodologique de définition de listes d'espèces végétales pour la cohérence nationale de la trame verte et bleue, 35 p.
- ✘ Godin J., Lemoine G. & Marchyllie M., 2007. La Grenouille des champs (*Rana arvalis*) Nilsson, 1842, une espèce exceptionnelle localisée aux tourbières en région Nord-Pas de Calais. *L'Echo des tourbières* 13 : 20-23.
- ✘ Haddad N.M., Tewksbury J.J., 2006. Impacts of corridors on populations and communities. Connectivity Conservation eds. Kevin R. Crooks and M. Sanjayan, Cambridge University Press, pp. 390-415.
- ✘ Hanski, 1998. Metapopulation dynamics. *Nature*, vol. 396, n°6706 : 41-49
- ✘ Haury J., Hudin S., Anras L. *et al.*, 2010. Manuel de gestion des plantes exotiques envahissant les milieux aquatiques et les berges du bassin Loire-Bretagne. Fédération des Conservatoires d'espaces naturels, 136 p.
- ✘ Hegi, G., 1906-1931. Illustrierte Flora Mitteleuropas, 7 parties en 13 volumes. Lehmann, éd., Munich.
- ✘ Kirschner F., Ferdy J.B., Andalo C., Colas B., Moret J., 2003. Role of corridors in plant dispersal: an example with the endangered *Ranunculus nodiflorus*. *Conservation Biology*, 17: 401-410.
- ✘ Klaus G (coord.), 2007. Zustand und Entwicklung der Moore in der Schweiz. Ergebnisse der Erfolgskontrolle Moorschutz. Bundesamt für Umwelt, Bern. *Umweltzustand* 0730.
- ✘ Lescure J. & de Massary J.-C. (coords.), 2012. Atlas des Amphibiens et Reptiles de France. Biotope, Mèze ; MNHN, Paris, 272 p.
- ✘ Lienert J., Fischer M, Schneller J., Diemer M., 2002. Isozyme variability of the wetland specialist *Swertia perennis* (Gentianaceae) in relation to habitat size, isolation and plant fitness. *Am. J. Bot.* 89 : 801-811.
- ✘ Mazerolle M., 2004, Mouvements et reproduction des Amphibiens en tourbières perturbées, Thèse faculté foresterie et géomatique, Université Laval, Québec, 190 p.
- ✘ Middleton Beth, van Diggelen Rudy, Jensen Kai, 2006. Seed dispersal in fens. *Applied Vegetation Science*, 9 ; 279-284.
Tente de répondre à la question : comment la dispersion des graines peut-elle réduire l'isolement des bas-marais et contribuer à la biodiversité ?
- ✘ Monney J.-C., 1996. Biologie comparée de *Vipera aspis* L. et *Vipera berus* L. (Reptilia, Ophidia, Viperidae) dans une station des Préalpes bernoises. Thèse document. Faculté des sciences de l'Université de Neuchâtel. 179 pages.
- ✘ Neumeyer R., 1987. Density and seasonal movements of the Adder (*Vipera berus* L. 1758) in a subalpine environment. *Amphibia-Reptilia*. 8 ; 259-276.
- ✘ Payette S., Rochefort L. (coord.), 2001. Ecologie des tourbières du Québec - Labrador. Les Presses de l'Université Laval, Québec, 621 p.

- ✘ Pelegrin O., Mougey T., Danneels P., Meignien R., 2010. Etude sur les outils de nature contractuelle au service de la Trame verte et bleue, Fédération des Parcs naturels régionaux, Fédération des Conservatoires d'espaces naturels, 12 p.
- ✘ Pôle-relais tourbières, 2013. Rencontre avec les scientifiques à l'occasion de la journée mondiale des zones humides 2012 ; état des lieux de la recherche scientifique en tourbières, Fédération des Conservatoires d'espaces naturels, Cahiers scientifiques du PRT n°6, 34 pages
- ✘ Proctor V.W., 1962, Viability of *Chara* oospores taken from migratory water birds. *Ecology*, 43 ; 528-529.
- ✘ Raven P.H., Johnson G.B., Losos J.B., Singer S.S., 2011. *Biologie*. De Boeck éd., 1046 p.
- ✘ Rondel S. & Scrève F., 2003. Inventaire, cartographie et analyse des peuplements d'amphibiens sur la Grande Tourbière de Marchiennes et ses environs. Mémoire de stage de maîtrise de biologie des populations et des écosystèmes, Conseil général du Nord et Université des sciences et technologies de Lille, 86 p.
Cette tourbière comporte notamment la Grenouille des champs (Rana arvalis), espèce rare de tourbières.
- ✘ Schmidt K. & Jensen K., 2000. Genetic structure and AFLP variation of remnant populations in the rare plant *Pedicularis palustris* (Scrophulariaceae) and its relations to population size and reproductive components. *Am. J. Bot.* 87: 678-689.
- ✘ Soomers H., Karssenberg D., Verhoeven J.T.A., Verweij P.A., Wassen M.J., 2013. The effect of habitat fragmentation and abiotic factors on fen plant concurrence, *Biodivers. Conserv.*, 22 : 404-424
- ✘ Soons Merel B., 2006, Wind dispersal in freshwater wetlands: knowledge for conservation and restoration. *Applied Vegetation Science*, 9 : 271-278.
Pour les plantes aquatiques, la dispersion par le vent est souvent négligée car on suppose généralement que la dispersion par l'eau est le processus-clé. On s'intéresse ici aux raisons qui rendent cette dispersion éolienne pertinente, aux espèces concernées et à la manière dont cette dispersion peut s'appliquer à la conservation et à la restauration des zones humides.
- ✘ Sordello R., 2013. Les déplacements de la faune. 30 fiches espèces qui synthétisent les connaissances. *Le Courrier de la Nature*, 276 : 30-35.
- ✘ Sordello R., Amsallem J., Dubus V., 2012. Trame verte et bleue, suivi et évaluation. Quelle faisabilité d'utiliser l'outil génétique ? MNHN, service du patrimoine naturel. IRSTEA / UMR Tetis - Maison de la Télédétection, 34 p.
- ✘ Sordello R., Gaudillat V., Sibley J.P., Touroult J., 2011a. Trame verte et bleue – Critères nationaux de cohérence – Contribution à la définition du critère sur les habitats. Rapport MNHN-SPN. 29 pages
- ✘ Sordello R., Comolet-Tirman J., Da Costa H., De Massary J.C., DuPont, P., Escuder O., Grech G., Haffner P., Rogeon G., Sibley J.P., Touroult J., 2011b, Trame verte et bleue – Critères nationaux de cohérence – Contribution à la définition du critère pour une cohérence interrégionale et transfrontalière. Rapport MNHN-SPN. 54 p.
- ✘ Tilman D., May RM, Lehman CL, Nowak MA, 1994. Habitat destruction and the habitat debt. *Nature* 371 : 65-66.
- ✘ Tolman T., Lewington R., Lérault P., 2010. Guide des papillons d'Europe et d'Afrique du Nord, Delachaux et Niestlé, 384 p.
- ✘ Townsend P.A., Levey D.J., 2005. An experimental test of whether habitat corridors affect pollen transfer. *Ecology*, 86 (2): 466-476.

✘ Ursenbacher S., 1998. Estimation de l'effectif et analyse du risque d'extinction d'une population de vipère péliade (*Vipera berus*) dans le Jura vaudois. Travail de diplôme à l'Université de Lausanne. 105 p.

✘ Ursenbacher S., 2005. Phylogéographie des principales vipères européennes (*Vipera ammodytes*, *V. aspis* et *V. berus*), structuration génétique et multipaternité chez *Vipera berus*. Thèse de doctorat en sciences de la vie, Faculté de biologie et de médecine de l'Université de Lausanne. 123 p.

✘ Ursenbacher S., Monney J.-C. & Fumagalli L., 2009. Limited genetic diversity and high differentiation among the remnant adder (*Vipera berus*) populations in the Swiss and French Jura Mountains. *Conservation genetics*. 10 : 303–315. DOI : 10.1007/s10592-008-9580-7.

✘ Vittoz P, Engler R., 2007. Seed dispersal distances: a typology based on dispersal modes and plant traits. *Botanica Helvetica*, 117 : 109-124.

12. Lexique

Barochore = Qualifie les plantes dont la dispersion des graines se fait par gravité, à proximité immédiate de la plante mère.

Corridor = Eléments paysagers linéaires qui permettent la dispersion d'espèces animales ou végétales entre deux habitats, au sein d'un environnement plus ou moins hostile, la matrice. Exemple : c'est une haie entre deux bosquets, un ruisseau entre deux étangs, voire un col entre deux vallées. (Clergeau, 1999)

Continuités écologiques = Eléments du maillage d'espaces ou de milieux constitutifs d'un réseau écologique. Au titre des dispositions des articles L. 371-1 et suivants du code de l'environnement, et par là même du présent guide, cette expression correspond à l'ensemble des "réservoirs de biodiversité", des "corridors écologiques" et les cours d'eau et canaux.

La continuité écologique pour les cours d'eau se définit comme la libre circulation des espèces biologiques et leur accès aux zones indispensables à leur reproduction, leur croissance, leur alimentation ou leur abri et le bon déroulement du transport naturel des sédiments ainsi que les connexions notamment latérales avec les *réservoirs biologiques*. (Allag-Dhuisme et al. 2010).

Fonge = ensemble des organismes du règne des *Fungi* (généralement appelés champignons) présents dans une zone donnée

Métopopulation = Système de sous-populations [d'une espèce], plus ou moins isolées géographiquement, mais interconnectées par des échanges d'individus qui contribuent à entretenir un flux de gènes entre les différentes sous-populations d'une même espèce. C'est un système qui persiste grâce à un équilibre dynamique entre des extinctions locales et l'établissement de nouvelles populations dans des sites devenus inoccupés (Hanski, 1998)

Ombrotrophe (tourbière) = tourbière alimentée par la neige et les pluies, très pauvres en minéraux, donc oligotrophes et acides (Manneville et al., 2006)

Restauration / réhabilitation / réaffectation : nous employons ici ces termes sous les définitions suivantes, pour ces opérations consistant toutes à intervenir pour améliorer un site ayant été dégradé :

Restauration = opération visant à remettre dans un état proche de son état d'origine un écosystème terrestre ou aquatique altéré ou détruit, généralement par l'action de l'Homme.

Réhabilitation = remise en état d'un terrain après son exploitation, en restant dans des types de milieux ou usages similaires à ceux qui existaient avant la dégradation. Cependant, une réhabilitation ne parvient pas toujours à faire retrouver au site, même à terme, son état antérieur ;

Réaffectation = opération destinée à donner à un site dégradé une destination nouvelle, en améliorant néanmoins l'état ou les fonctionnalités qui avaient été modifiées. Les types de milieux trouvés suite à la réaffectation seront différents de ceux présents avant la dégradation

Réservoir de biodiversité = Les réservoirs de biodiversité sont des espaces dans lesquels la biodiversité est la plus riche ou la mieux représentée. Les conditions indispensables à son maintien et à son fonctionnement sont réunies. Ce sont des espaces pouvant abriter des noyaux de populations d'espèces à partir desquels les individus se dispersent ou des espaces susceptibles d'accueillir de nouveaux individus ou de nouvelles populations. (Guide 1 TVB, 2010)

Résilience = Capacité d'un écosystème, d'un habitat, d'une population ou d'une espèce à retrouver un fonctionnement et un développement normaux après avoir subi une perturbation importante. (Office québécois de la langue française, 2009)

Sous-trame (de la TVB) = sur un territoire donné, l'ensemble des espaces constitués par un même type de milieu (forêt, zones humides ou pelouse calcicole...) et le réseau que constituent ces espaces plus ou moins connectés. Ils sont composés de réservoirs de biodiversité, de corridors et d'autres espaces qui contribuent à former la sous-trame pour le type de milieu correspondant (synonymes : sous-réseau, continuum. (Guide 1, TVB 2010)

Sténoèce = Désigne les êtres vivants qui présentent une niche écologique étroite et présentant une faible capacité d'adaptation lors de variations de facteurs écologique propre à leur habitat

Thalassogènes = tourbières créées par les conditions particulières de la transgression marine, généralement dans un contexte dunaire

Tyrphobiontes = espèces inféodées aux milieux tourbeux

Tyrphophiles = espèces fréquentant les tourbières pour certaines phases de leur vie.

ABREVIATIONS :

CEN : Conservatoire d'espaces naturels

CNRS : Centre national de la recherche scientifique

DREAL : Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement

MNHN : Muséum national d'histoire naturelle

SCOT : Schéma de cohérence territoriale

SRCE : Schéma régional de cohérence écologique

TVB : Trame verte et bleue

ZNIEFF : Zone naturelle d'intérêt écologique, floristique et faunistique



Les Vasyugan (Sibérie occidentale, Russie) : un pays où la question d'une trame de tourbières ne se pose guère : les tourbières réunies en leur 2^e plus vaste ensemble du monde y forment tant les réservoirs de biodiversité que les corridors ! Photo F. Muller, 2011.

Annexe n°1

L'opinion du CONSEIL SCIENTIFIQUE du Pôle-relais tourbières sur le sujet de l'étude.

Réflexions relevées lors de la séance conseil scientifique du Pôle-relais Tourbières, à Carentan [50] le 7-11-12

« Il faut effectivement séparer les tourbières en fonction de leurs grands types, et spécialement tourbière minéro- et ombrotrophes [alimentées respectivement par les eaux souterraines ou de surface, et par les eaux météoriques]. »

P Goubet (cabinet Goubet, étude des tourbières) n'a pas connaissance d'articles à ce sujet, qui a été très peu étudié. Ou lorsqu'il l'a été, ce fut à l'échelle d'un ensemble fonctionnel limité, pas à une échelle géographique très large

Dire cela est déjà une information !

AJ Francez (université de Rennes) confirme cela en précisant que l'échelle de réflexion a souvent été celle du bassin versant.

Les tourbières seraient ainsi l'anti-trame par excellence

La tourbière est vue plutôt comme une discontinuité. En allant au niveau des espèces, on ne verra aucun intérêt à connecter par exemple les bouleaux nains de Scandinavie et ceux de France ?

Pour les espèces animales, la connectivité peut exister et s'avérer utile. Mais de vrais tyrphobiontes de hauts-marais sont rares, les araignées peut-être ? Voir également pour les champignons.

Pour les tourbières minérotrophes, les connectivités existent plus nettement, y compris entre milieux terrestres et milieux aquatiques.

La trame bleue aussi est une continuité. Le continuum fluvial va dépendre des milieux qui le bordent. Le fonctionnement écologique des deux trames (verte et bleue) est différent.

Parmi les éléments qui peuvent être mis en avant, notons :

- qu'il faut mieux définir les choses, éclaircir les concepts et les vocables. C'est quelque chose de lourd, qui risque de générer plus de questions qu'il n'apportera de réponses !
- qu'une démarche de recherche importante devrait être entreprise, accompagnée ou précédée d'une partie bibliographique importante.

La connectivité est fondamentale pour une espèce comme l'azuré des mouillères. En intégrant le papillon lui-même, la gentiane qui reçoit ses œufs, la fourmi qui l'élève... En recherchant de la documentation, on trouvera foison d'articles sur *Gentiana pneumonanthe* mais aucune qui traitera à la fois de la gentiane des papillons et des fourmis, et des conditions nécessaires à une bonne dispersion de l'ensemble de ces espèces.

Plusieurs échelles spatiotemporelles sont à considérer, en fonction des diverses espèces concernées. »

Propositions en conséquence, faites par le Conseil scientifique du Pôle-relais tourbières :

- Que la connectivité entre tourbières soit prise comme **sujet d'étude de longue durée** pour des étudiants en écologie, comprenant une étude bibliographique complète
- **Séparer l'étude des cas des bas-marais de ceux des hauts-marais.** Le cas des bas-marais étant moins spécifique, il faudrait concentrer le projet d'étude mentionné ci-dessus à celui des hauts-marais.
- **Etudier le cas de plusieurs espèces typiques des tourbières**, en en précisant les besoins et en analysant l'impact de fractionnements croissants sur chacune d'entre elles.

Les remarques du Conseil scientifique lors de sa séance du 11 décembre 2013 :

- A propos de la suite de l'étude TVB abordant la question de cas régionaux :

« Le Conseil scientifique réaffirme que **les tourbières (ombrotrophes) constituent des isolats**. La connexion entre ces tourbières se fait à une échelle plus large, par les oiseaux migrateurs par exemple.

L'exemple des **bryophytes** peut être instructif, voir comment les espèces rares de bryophytes arrivent à se maintenir.

Un important travail a été réalisé sur le sujet des trames vertes et bleues en tourbières dans la **vallée de la Somme**.

Les questions des **surfaces minimales** permettant de maintenir les cortèges d'espèces caractéristiques, ainsi que de la distance entre ces milieux, sont abordées. Ces questions se posent souvent en biologie de la conservation, mais on dispose de très peu d'éléments de connaissance sur ces sujets. C'est l'alpha et l'oméga de la conservation, mais il y a peu d'informations robustes. La question pourrait être posée sous l'angle de **la fragmentation et de l'isolement***, pour lequel la littérature est beaucoup plus abondante. »



* Des constructions humaines comme des parcs de stationnement, des routes ou voies ferrées sont des milieux très étrangers pour les animaux des tourbières. Elles fragmentent et isolent les milieux et constituent pour certains un obstacle infranchissable. Tourbière du Grand étang, Gérardmer [88]. Phot F. Muller, 2009.



Connectivité fonctionnelle dans un réseau de tourbières

Exemple du plateau de Montselgues (Ardèche)

Annexe 2 aux « Réflexions en vue de l'application de la Trame verte et bleue aux tourbières », Pôle-relais tourbières 2014

Le milieu et les pressions.

Le réseau de tourbières du plateau de Montselgues, situé en Ardèche, s'inscrit au sein du site Natura 2000 FR8201660 « *Pelouses, landes, tourbières et forêts du plateau de Montselgues* ». Le site bénéficie d'une richesse importante en espèces avec notamment de nombreuses espèces remarquables, odonates (Cordulie arctique, Leucorrhine douteuse, Sympétrum noir), lépidoptères (Azuré des mouillères) et squamates (Lézard vivipare, Orvet fragile). De plus le site présente des habitats naturels humides remarquables tels que les prairies humides à Molinie, les tourbières hautes actives et les dépressions à Rhynchospore blanc. Néanmoins cette richesse écologique est menacée par la dynamique naturelle de fermeture des milieux ouverts (enrésinement par le Pin sylvestre) et par les plantations de résineux. En effet depuis 50 ans les activités forestières ont remplacé petit à petit l'activité pastorale qui était dominante et qui permettait le maintien des landes basses. Peu à peu, les tourbières présentes sur le plateau ont été partiellement drainées et se sont retrouvées cloisonnées entre des boisements de résineux. En 2005 le réseau était réduit à six tourbières entourées de barrières boisées infranchissables pour de nombreuses espèces (Figure 1).

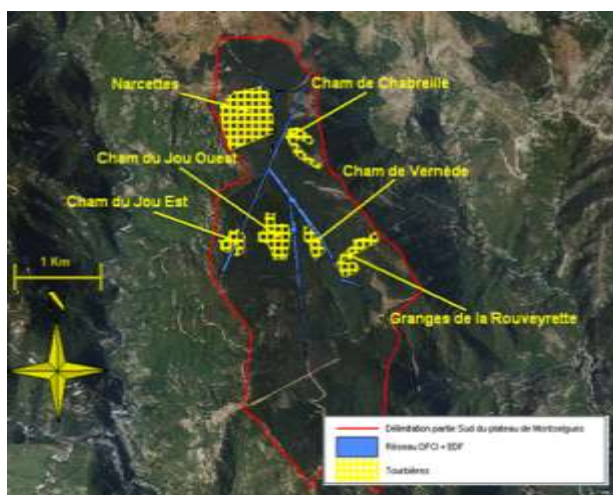


Figure 1. Photo aérienne annotée du réseau de tourbières du plateau de Montselgues.

Craignant des problèmes de fragmentation pour les espèces inféodées aux tourbières, le Conservatoire des Espaces Naturels de Rhône-Alpes (CEN RA), gestionnaire du site, et le Parc Naturel Régional des Monts d'Ardèche (PNR MA), animateur Natura 2000, ont mis en place un programme visant à décloisonner le réseau (Life 2005-2010¹). L'ambition était de reconnecter les tourbières entre elles afin de faciliter les échanges biologiques. Ce fut chose faite à partir de 2007 avec la création des premiers corridors écologiques dans la partie nord du site (voir photo 1). Bien que, structurellement, les corridors biologiques relient certaines tourbières, leur efficacité sur les échanges biologiques et sur la viabilité des populations résidentes restait à évaluer. Ceci a fait l'objet d'une étude sur la connectivité fonctionnelle du réseau de tourbières dont le retour d'expérience est présenté ici.



Photo 1 : Corridor écologique, photo DV



Connectivité fonctionnelle dans un réseau de tourbières

Exemple du plateau de Montselgues (Ardèche)

La problématique de la continuité écologique.

Les questionnements sur le fonctionnement biologique et les actions à poursuivre sur le réseau de tourbières étaient multiples :

- ✦ Est-ce que les espèces circulent bien entre les différentes tourbières ?
- ✦ Est-ce que les échanges biologiques sont suffisants pour permettre le maintien des populations et un brassage génétique à moyen terme ?
- ✦ Les corridors biologiques installés améliorent-ils les échanges biologiques ?
- ✦ Où doivent être placés les futurs corridors biologiques pour maximiser la fonctionnalité du réseau de tourbières ?
- ✦ Quel sera l'effet de la mise en place des corridors biologiques sur la fonctionnalité du réseau de tourbières ?

En 2010, suite à une rencontre avec une équipe de chercheurs de la Station d'Écologie Expérimentale du CNRS à Moulis (SEEM), les méthodes permettant de répondre aux questions du CEN RA et le PNR MA sont trouvées. En effet la SEEM venait de mettre au point une méthodologie innovante permettant le diagnostic complet des connectivités écologiques². Séduits par le potentiel de cette méthodologie, le CEN RA et le PNR MA allaient alors faire appel à TerrOïko, la jeune entreprise universitaire associée à cette équipe et exploitante de cette méthodologie³.

Une méthodologie innovante dans l'étude de la connectivité fonctionnelle des réseaux de tourbières tirées de la recherche en écologie

La méthodologie mise au point par la SEEM et TerrOïko est très simple. Elle utilise des données déjà existantes sur l'écologie des espèces et sur le paysage. Ces données proviennent de la littérature scientifique, d'avis d'expert ou d'actions de connaissance locale sur les espèces visées. Ensuite un outil de modélisation de la biodiversité permet, grâce aux données précédemment récoltées, d'établir un diagnostic complet et fiable des continuités écologiques sur un réseau de tourbières (Figure 2).



Connectivité fonctionnelle dans un réseau de tourbières

Exemple du plateau de Montselgues (Ardèche)

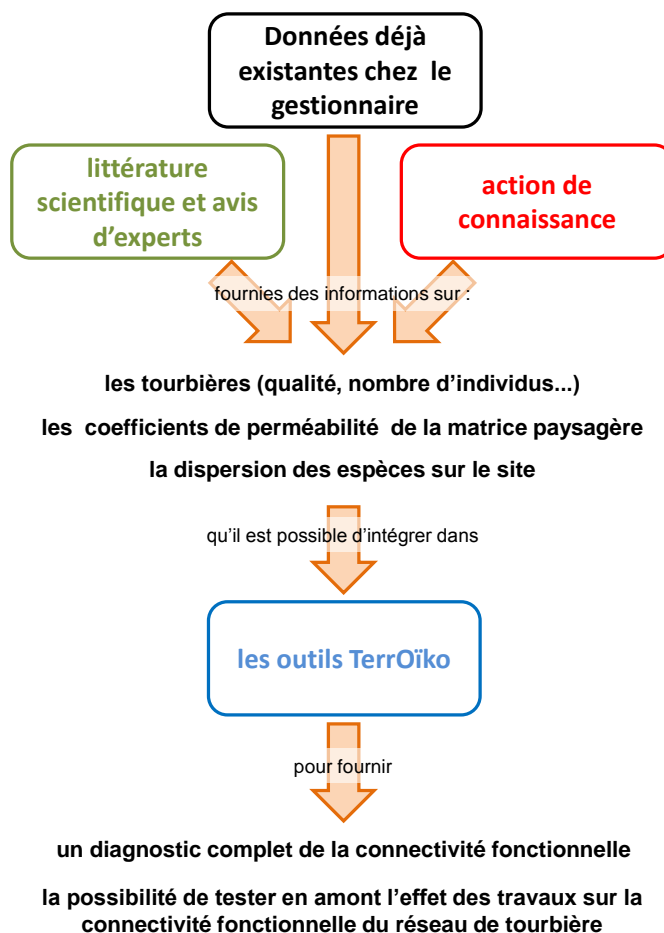


Figure 2. Fonctionnement de l'analyse de la connectivité fonctionnelle mise en place sur le réseau de tourbières de Montselgues

Une première évaluation de la connectivité fonctionnelle : le point de vue des odonates

En 2007, un état des lieux des échanges biologiques est réalisé sur 3 espèces d'odonates (Leucorrhine douteuse, Orthétrum bleuissant, Cordulie arctique) et 1 espèce de lépidoptères rhopalocères (Azuré des mouillères) (méthode CMR).

En 2011, une première étude utilisant la méthodologie TerrOïko est mise en place⁴. Cette première étude se focalise sur les odonates, un groupe bien suivi sur le réseau de tourbières de Montselgues. En se basant sur l'analyse des résultats d'une étude précédente (2006-2007), l'Orthétrum bleuissant *Orthetrum coerulescens* a été proposé par la SEEM et TerrOïko comme modèle d'étude car il se révélait le plus représentatif des odonates présents à Montselgues en termes de capacité de dispersion⁵. Les objectifs de cette seconde étude étaient de vérifier la fonctionnalité des corridors biologiques en comparant les échanges biologiques actuels avec ceux observés lors de l'état initial et de vérifier l'état du réseau de tourbières en termes de brassage génétique et de viabilité des populations.

Afin de fournir des données locales sur l'Orthétrum bleuissant aux outils de TerrOïko, une action de connaissance a été mise en place. Cette action de connaissance était une mesure par capture marquage recapture (CMR) des paramètres démographiques et de dispersion de l'Orthétrum bleuissant. Un stagiaire a été recruté par le PNR MA pour effectuer le protocole de CMR mis au point par TerrOïko. Concrètement, les libellules ont été capturées puis marquées par un numéro à l'aide d'un feutre noir (Voir photo 2). Elles ont ensuite été relâchées et le lieu de capture a été noté grâce à



Connectivité fonctionnelle dans un réseau de tourbières

Exemple du plateau de Montselgues (Ardèche)

un GPS. En seulement 37 jours de travail, le stagiaire a marqué 1493 odonates pour un total de 3065 événements de captures. À l'aide d'un logiciel de traitement de CMR, les événements de capture ont permis de retracer le parcours des libellules entre les tourbières, d'estimer la taille des populations et la survie des individus.



Photo 2 : Orthétrum bleissant avec marque sur les ailes. Photo BP

Ces premières données ont permis de voir que des échanges existaient entre les tourbières. Pour autant, pouvait-on affirmer que l'état du réseau était satisfaisant en termes de brassage génétique et de viabilité des populations ? Pour répondre à cette question il fallait pouvoir évaluer comment évoluerait dans le futur le réseau de tourbières de Montselgues. Les avancées de la recherche en écologie permettent aujourd'hui de pouvoir apporter une réponse fiable à cette question. En effet TerrOïko avait développé avec la SEEM un outil de modélisation de la biodiversité permettant de simuler l'évolution d'un réseau de tourbières. TerrOïko a donc intégré les données de démographie de l'Orthétrum bleissant trouvées grâce à la CMR dans son outil de modélisation de la biodiversité. Fin 2011, les premiers résultats sortaient et révélaient que globalement les populations d'odonates n'étaient pas particulièrement menacées au sein du réseau de tourbières à moyen terme. De plus, malgré l'observation d'un faible nombre d'individus dispersant par CMR, ces échanges d'individus étaient suffisants entre les tourbières pour maintenir un brassage génétique évitant les problèmes de consanguinité. Néanmoins, l'analyse a montré que les populations de deux des six tourbières sont instables sans un apport d'individus extérieurs, démontrant l'importance de maintenir une bonne connectivité sur le site.

Enfin, la question très attendue de l'efficacité des corridors allait pouvoir être tranchée. Ceci a été possible en comparant les résultats obtenus en intégrant des données de CMR issus du stage de 2011 avec des résultats de CMR précédemment obtenus en 2007 avant la réalisation des corridors biologiques⁵. De manière inattendue, les analyses ont montré que les corridors biologiques construits n'augmentaient pas significativement le flux d'individus entre tourbières, le brassage génétique et la viabilité des populations du réseau de tourbières de Montselgues. Fallait-il pour autant conclure que le corridor biologique n'était pas utile pour l'ensemble de la faune ? Rien n'était moins sûr et une deuxième étude devait être programmée.

Cette première étude montre l'importance d'étudier les réseaux de tourbières d'un point de vue fonctionnel. Elle montre aussi qu'une technique nouvelle apportée par la recherche en écologie permet de répondre aux questions concrètes des gestionnaires des tourbières de manière simple, rationnelle et efficace.

Une seconde évaluation de la connectivité fonctionnelle : la parole est au lépidoptère

Bien que l'étude précédente basée sur les populations d'odonates ait montré que ce groupe d'espèces n'a que très peu de risques d'extinction au sein du réseau et que les flux d'individus permettent un brassage génétique acceptable, il en est probablement autrement pour des espèces à plus faible capacité de dispersion telles que les lépidoptères.

Pour étudier la fonctionnalité du réseau de tourbières de Montselgues pour le groupe des lépidoptères, il a été décidé d'utiliser l'Azuré des mouillères *Phengaris alcon* comme espèce cible (voir photo 3).



Connectivité fonctionnelle dans un réseau de tourbières

Exemple du plateau de Montselgues (Ardèche)



Photo 3 : Azuré des mouillères, photo DV

L'azuré des mouillères est une espèce patrimoniale bénéficiant d'un plan national d'action (PNA). De plus dans le cadre des plans de gestion du réseau de tourbières de Montselgues, il bénéficie d'une attention particulière. La méthodologie de modélisation de la biodiversité de TerrOïko, précédemment utilisée pour les odonates, a été réutilisée pour l'azuré des mouillères. Les données du PNR MA et du CEN RA sur l'azuré des mouillères ont été utilisées pour modéliser les

populations du réseau de tourbières (dénombrement de gentianes pneumonanthes nécessaires pour l'accomplissement du cycle de vie du papillon, proportion de gentianes contenant des œufs et décompte des œufs sur les gentianes, Figure 3, photo 4). De plus les données provenant du PNA et de la littérature ont permis de modéliser avec précision le cycle de vie de l'azuré des mouillères (Figure 3). Cependant une information manquait : comment ce lépidoptère utilise-t-il son environnement ?



Photo 4 : Gentiane avec œufs d'azurés. Photo YR

Pour pallier le manque d'informations sur la perméabilité du milieu, c'est-à-dire sur la manière dont les azurés utilisent l'espace suivant les différents éléments du paysage, une action de connaissance locale a été mise en place. La CMR avait été envisagée mais des problèmes d'autorisations de capture allaient empêcher le recours à cette méthode qui est souvent utilisée chez les lépidoptères. Sans se laisser décourager par ce contretemps, une autre méthodologie innovante tirée des travaux de recherche d'une écologue belge a été mise en place par TerrOïko. Pour cela, un étudiant a été recruté par le PNR MA et formé par TerrOïko à la méthode de suivi de la trajectoire des papillons. La méthode consistait à suivre visuellement le déplacement

d'un azuré des mouillères dans son milieu, à noter ses déplacements à l'aide d'un GPS et à noter son comportement lorsqu'il changeait de milieu. En effet l'étudiant devait noter si lors d'une rencontre avec un nouveau milieu, le papillon traversait, longeait ou rebondissait contre ce milieu. Après 21 jours de course après les papillons, l'étudiant obtint une trentaine de trajectoires exploitables.

La figure 4 présente des exemples de trajectoires de papillons dans le réseau de tourbières de Montselgues. L'analyse de ses trajectoires a permis de mesurer finement l'utilisation de l'espace par les papillons et de tirer des informations telles que les vitesses de déplacements en fonction des milieux.



Connectivité fonctionnelle dans un réseau de tourbières

Exemple du plateau de Montselgues (Ardèche)

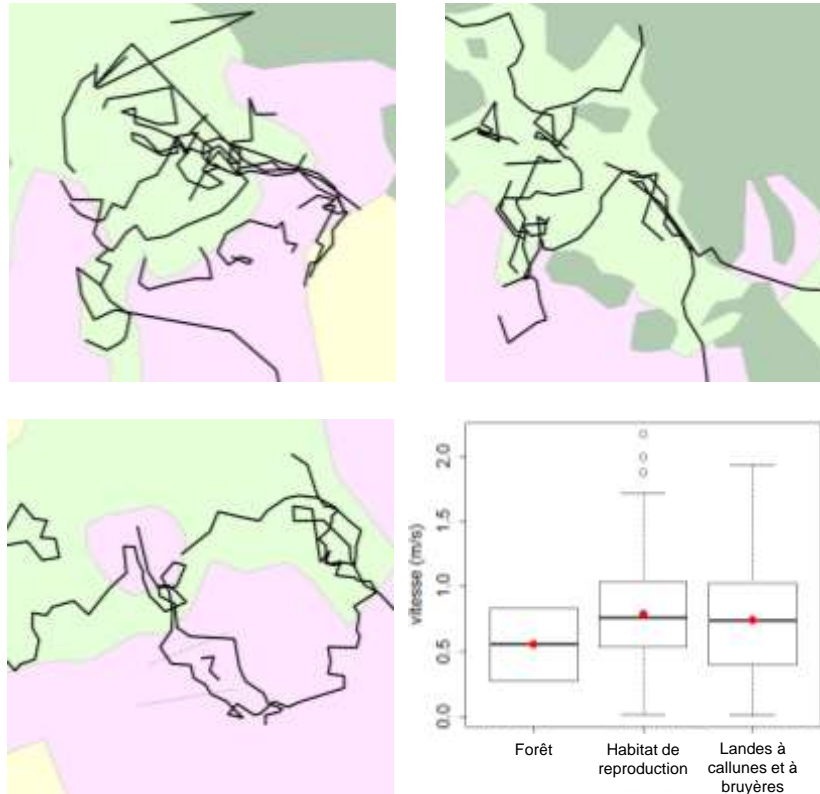


Figure 4. Trajectoire des papillons sur le réseau de tourbières. En bas à droite : vitesses des papillons suivant les trois milieux identifiés. Une cartographie détaillée des milieux était disponible au départ de l'étude. Les milieux présentant les mêmes caractéristiques pour l'Azuré des mouillères ont été regroupés. Trois milieux ont été retenus : « la forêt », « l'habitat de reproduction » (les landes avec gentianes) et « les landes à callunes et à bruyères ». Ces milieux sont respectivement représentés en vert foncé, vert clair et rose.

L'analyse des trajectoires et des comportements des azurés ont permis d'établir un indice de la perméabilité des milieux (Figure 3). Cet indice a été rajouté à la carte SIG du réseau de tourbières de Montselgues (Figure 3).



Connectivité fonctionnelle dans un réseau de tourbières

Exemple du plateau de Montselgues (Ardèche)

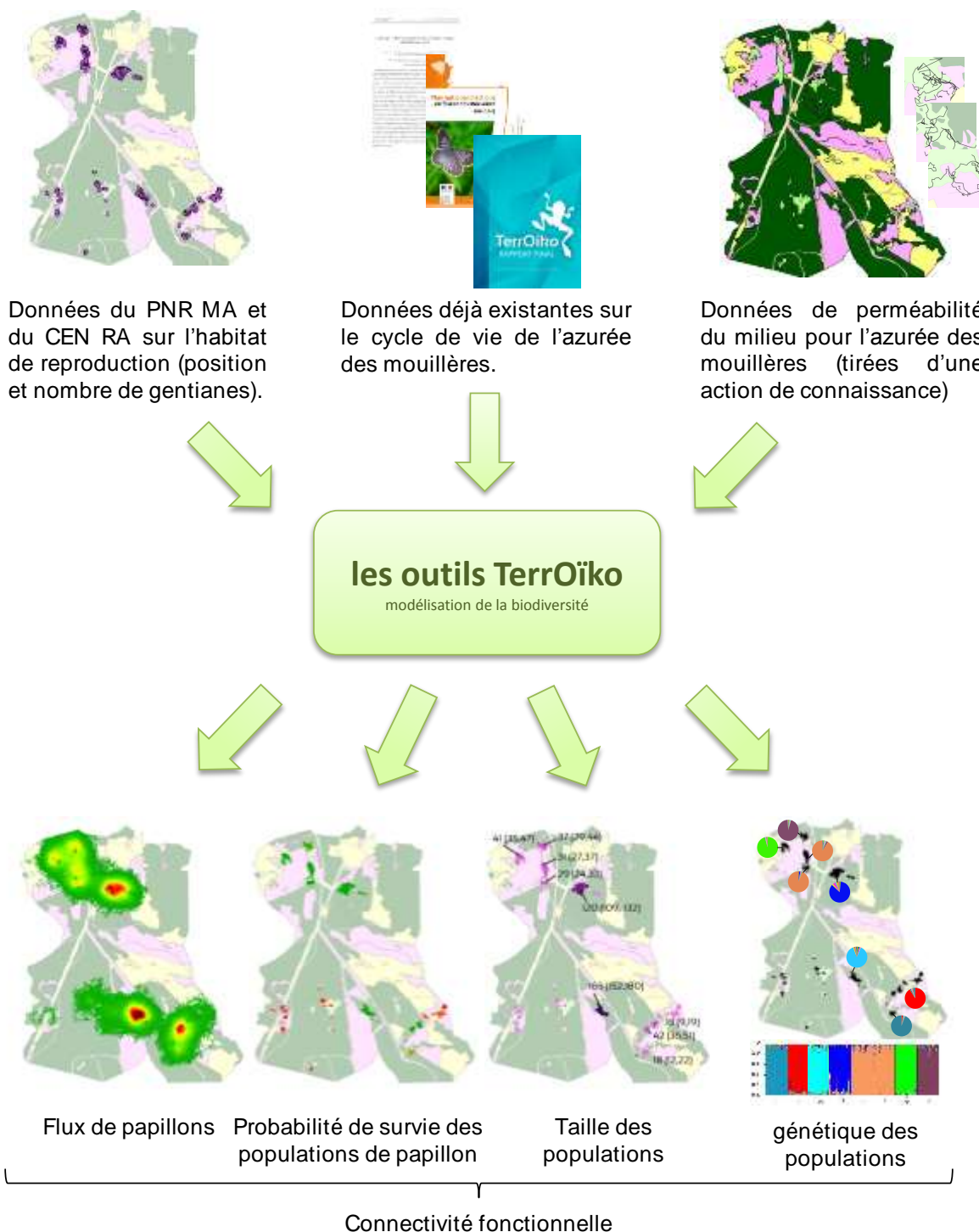


Figure 3. Méthodologie utilisée pour évaluer la fonctionnalité du réseau de tourbières de Montselgues et la viabilité des populations d'azuré des mouillères. En haut les informations entrées dans l'outil de modélisation de TerrOïko. En bas les sorties fournies par le même outil.

L'ensemble des données récoltées sur l'azuré des mouillères devaient maintenant être intégrées dans l'outil de modélisation de la biodiversité afin de savoir si le réseau de tourbières était satisfaisant en termes de brassage génétique et de viabilité des populations pour les lépidoptères (Figure 3). Divers résultats ont pu être tirés de l'analyse de la connectivité fonctionnelle chez les lépidoptères (Figure 3). En particulier, alors qu'ils ne sont pas nécessaires pour les libellules, les corridors biologiques



Connectivité fonctionnelle dans un réseau de tourbières

Exemple du plateau de Montselgues (Ardèche)

favorisent les échanges entre les tourbières pour les lépidoptères. Cependant, les résultats ont montré que les échanges génétiques entre les populations étaient très faibles. Toutefois, dans ce cas-là, ce manque de brassage génétique n'allait pas de pair avec un fort risque d'extinction. En effet, les résultats ont montré que les populations de lépidoptères avaient de fortes chances de pouvoir se maintenir sur le site avec des tailles de population relativement satisfaisantes. L'analyse a également permis de montrer que des restaurations de milieux étaient préférables à la mise en place de corridors afin d'améliorer le réseau de tourbières. Cette analyse a été synthétisée sur une carte qui présente les aménagements qui pourrait être réalisés pour améliorer la connectivité fonctionnelle du réseau de tourbières (non représentée ici, à obtenir sur demande auprès du CEN RA ou du PNR MA).

La suite de cette étude a pour objectif de quantifier en amont l'effet des futurs corridors sur la connectivité fonctionnelle du réseau de tourbières. Ceci sera réalisé à partir de différents scénarios de travaux de génie écologique (pistes, restauration de milieux) fournis par le CEN RA, gestionnaire des tourbières. Ils pourront ainsi choisir les travaux les plus pertinents en termes de connectivité et de survie des populations sur le réseau de tourbières.

Bilan de l'expérience.

Les méthodes et les outils mis en place par TerrOïko à partir des travaux des chercheurs en écologie ont permis une analyse fine des enjeux de biodiversité dans le réseau des tourbières de Montselgues. Ces méthodes ont également permis d'objectiver les actions à réaliser afin de renforcer les échanges biologiques et la survie des populations vivant sur les tourbières.

Perspectives

Les outils employés ici peuvent être utilisés dans d'autres contextes, à d'autres échelles et sur d'autres groupes d'espèces. Ils permettent de mieux comprendre le fonctionnement des tourbières en termes de biodiversité. Ils apportent des éléments de réponses aux questions suivantes :

- ✦ Quels sont les flux biologiques entre mes différentes tourbières ?
- ✦ Comment la faune utilise-t-elle le réseau de tourbières ?
- ✦ Est-ce que les populations de mes tourbières sont viables ?
- ✦ Est-il réellement nécessaire de réaliser des aménagements destinés à améliorer la viabilité des populations ? Est-ce que je peux laisser le cycle naturel se poursuivre sans risque d'extinction pour les espèces présentes ?
- ✦ Quels sont les aménagements susceptibles d'améliorer la connectivité ou la viabilité des populations de mes tourbières ?
- ✦ Quel sera l'impact d'un aménagement sur la viabilité des populations ?
- ✦ Est-ce que les aménagements précédemment réalisés sont efficaces ?

L'adaptation à la problématique locale de Montselgues fait que les méthodes de CMR et de suivis par GPS ont été utilisées pour alimenter l'outil de modélisation en paramètres démographiques sur les espèces. Cependant d'autres méthodes sont possibles. Par exemple l'utilisation de la génétique des populations serait également une méthode fiable pour mesurer les flux biologiques dans un réseau de tourbières⁷. Les outils de génétique des populations permettent de savoir si des flux de gènes sont effectifs entre des tourbières. De plus ces outils donnent des informations sur la taille des populations, la diversité génétique des populations, la structuration du réseau de tourbières et les distances de dispersion des espèces. Les données de génétique des populations peuvent également être intégrées à l'outil de modélisation de TerrOïko pour permettre une analyse de la viabilité des populations ou un diagnostic des continuités écologiques.



Connectivité fonctionnelle dans un réseau de tourbières

Exemple du plateau de Montselgues (Ardèche)

Coûts et financement de l'étude

Le coût de l'étude réalisée par TerrOïko s'élève à environ 15 000€, financés par le PNR des Monts d'Ardèche.

Bibliographie

¹ <http://www.life-montselgues.eu/>

² Moulherat, S. et al. MetaConnect, a new modeling platform to assist decision makers in conservation planning. (In prep).

³ <http://www.terroiko.fr/metaconnect.html>

⁴ Moulherat, S., Chabbert, R., Pascault, B., Dupieux, N. & Clobert, J. Population viability of the keeled skimmer (*O. coerulescens*) within the bog network of the Montselgues plateau in France. (In prep).

⁵ Lhopital, E. 2007. Participation à l'étude des échanges biologiques entre les tourbières du plateau de Montselgues: état des lieux, synthèse et propositions d'actions. Parc Naturel Régional des Monts d'Ardèche, 80p.

⁶ Caro, T.M. & O'Doherty, G. 1999. On the use of surrogate species in conservation biology. *Conservation biology*, 13, 805-814.

⁷ Baguette, M., Blanchet, S., Legrand, D., Stevens, V.M. & Turlure, C. 2013. Individual dispersal, landscape connectivity and ecological networks. *Biological Reviews*, 88, 310-326.

Crédit photo : David Viratel (DV), Benoît Pascault (BP), Yves Rozier (YR).

Contacts :

B. PASCAULT (Conservatoire d'Espaces Naturels de Rhône-Alpes), Tél. : 04 75 36 32 31, benoit.pascault@espaces-naturels.fr

N. DUPIEUX (Parc Naturel Régional des Monts d'Ardèche), Tél. : 04.75.36.38.60, ndupieux@parc-monts-ardeche.fr

J. CORNUAU (TerrOïko), tél. 06 15 86 17 93, jeremie.cornuau@terroiko.fr, www.terroiko.fr

