

Le méta-projet LIFE de restauration des landes et tourbières de haute Ardenne (2003-2020). Bilan et résultats globaux (1^{ère} partie)



Philippe Frankard*, Marc Dufrière**, Grégory Motte*, Denis Parkinson***

* DEMNA/DNE ; ** ULiège ; *** LIFE « Ardenne liégeoise »

Le méta-projet de restauration des landes, tourbières et milieux associés, présenté dans un article de synthèse publié dans le numéro 300 de la revue Hautes Fagnes (Dufrière *et al.*, 2015), est aujourd'hui entré dans sa phase finale. La fin du projet LIFE Ardenne liégeoise, dernier projet en cours, est en effet programmée pour juin 2020 et la majorité des travaux de restauration sont terminés (Parkinson, 2020). Pour rappel, six projets de restauration des tourbières et des milieux associés ont été lancés en Wallonie depuis 2003. Ces projets se sont répartis sur les différents hauts plateaux ardennais, depuis la Croix-Scaille au sud-ouest jusqu'aux Hautes-Fagnes au nord-est, en passant par les plateaux de Libin et de Recogne, de Saint-Hubert, des Tailles et de Spa-Malchamps (figure 1). Seize années ont donc été consacrées à la restauration de vastes secteurs d'habitats de très grand intérêt écologique et il est temps aujourd'hui de dresser un premier bilan des nombreuses et ambitieuses actions menées dans ce méta-projet, qui a réuni de très nombreux acteurs (Service Public de Wallonie, ONG, communes, propriétaires privés, entrepreneurs, universités, ...) autour d'objectifs communs de conservation, de restauration et de gestion des habitats tourbeux et milieux associés.

1. Pourquoi un méta-projet de restauration des landes et tourbières ?

Depuis des siècles, les écosystèmes naturels des hauts-plateaux ardennais ont subi des perturbations liées à l'action de l'homme. Les milieux naturels de la haute Ardenne (forêts, tourbières) ont été utilisés pour la production forestière, l'extraction de tourbe, le

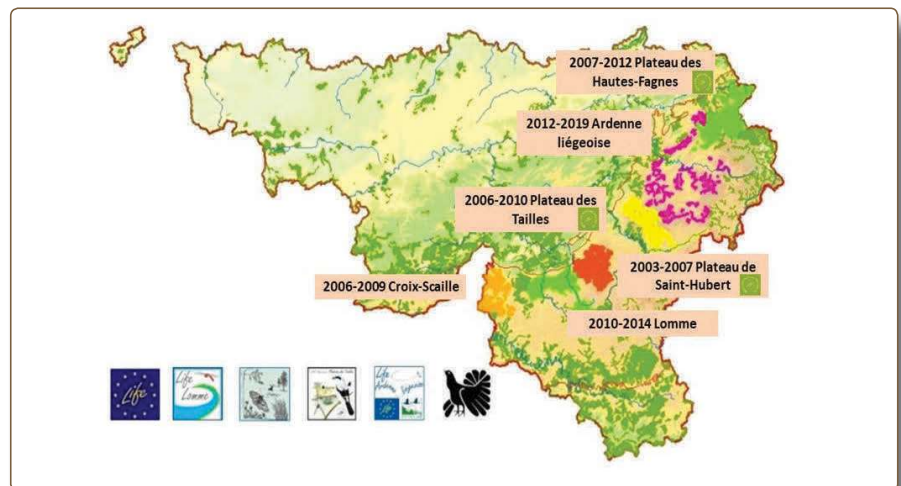


Figure 1. Localisation des six projets LIFE « Tourbières » au sein du réseau Natura 2000 wallon.

pâturage extensif, le fauchage ou la mise en culture extensive (essartage). Cette exploitation humaine, d'abord modérée, a entraîné au fil du temps une modification importante du paysage et l'apparition, sur de vastes superficies, de milieux secondaires dits semi-naturels, au détriment des forêts initiales et des tourbières hautes actives. Ces milieux secondaires sont principalement des landes humides à tourbeuses, des tourbières dégradées ainsi que des bas-marais ou des tourbières de transition dans les zones de suintements que l'on retrouve à la périphérie des massifs tourbeux et dans les zones partiellement détournées. A partir du milieu du XIX^e siècle, les pratiques agropastorales traditionnelles et l'exploitation de la tourbe ont été progressivement abandonnées et l'action de l'homme est devenue plus intensive. Le drainage des zones les plus humides s'est généralisé en vue de l'installation de plantations d'épicéas. Quant aux sols les plus secs, ils ont aussi été plantés massivement en résineux exotiques ou ont subi

des amendements importants pour développer un pâturage intensif (Frankard, 2006 & 2007).

Ces activités humaines intensives récentes ont détruit sur de vastes superficies des milieux naturels d'une valeur patrimoniale exceptionnelle et les milieux tourbeux en particulier. On estime qu'il subsiste actuellement de l'ordre de 45 % des 15.000 ha de tourbières hautes, landes humides, tourbières boisées, bas-marais, ... qui occupaient les hauts-plateaux. De plus, ces milieux sont généralement en très mauvais état de conservation. Les tourbières hautes actives, l'habitat tourbeux le plus exceptionnel de Wallonie, ont tout particulièrement souffert des activités humaines puisque, d'après le dernier rapportage européen « Article 17 », on estime que, sur les 2000 ha que devait couvrir l'habitat en Wallonie, il n'en subsiste qu'environ 120 ha, en état de conservation défavorable.

Le constat de la dégradation extrême des milieux tourbeux n'est pas neuf. Dès le début du XX^e siècle,

des scientifiques attirèrent l'attention sur l'intérêt de ces milieux et lancèrent des appels à leur protection qui n'ont malheureusement pas été suivis d'actes (Fredericq, 1911; Massart, 1912). Par la suite, Bouillenne (1941, 1947) s'alarmera de la dégradation des tourbières des Hautes-Fagnes liée au drainage et à la plantation d'épicéas. Ce n'est qu'à partir de 1957, avec la création de la réserve naturelle domaniale des Hautes-Fagnes, grâce aux actions des « Amis de la Fagne », que la plupart des grands sites tourbeux reliques de Wallonie ont progressivement été protégés (Hautes-Fagnes : 1957; Tailles : 1967; Saint-Hubert : 1969; Libin : 1976; Croix Scaille : 1985). Mais, dans les années 1980, on s'est rendu compte que leur seul classement en réserve naturelle n'était pas suffisant pour en assurer la sauvegarde et la pérennité (Jortay & Schumacker, 1988 & 1989; Hindryckx, 1990; Frankard & Hindryckx, 1998). Dès la fin des années 1980, on dressait les constats suivants :

- la plupart des milieux tourbeux reliques étaient très dégradés et isolés;
- la plupart des espèces caractéristiques de ces milieux étaient rares et/ou menacées;

- de grandes surfaces de sols tourbeux étaient couvertes par des plantations d'épicéas alors que ces sols sont incompatibles avec la production efficiente de bois.

De grandes surfaces étaient donc potentiellement disponibles pour des actions de restauration. C'est pourquoi, dès la deuxième moitié des années 1980, les grands massifs tourbeux classés en réserves naturelles domaniales ont fait l'objet de l'élaboration de plans de gestion, qui prévoyaient de restaurer et d'entretenir landes, tourbières et bois tourbeux (Schumacker *et al.*, 1985; Jortay & Schumacker, 1989; Dumont & Champluvier, 1990; Hindryckx *et al.*, 1990; Ghiette *et al.*, 1995). Mais, à cette époque, la restauration des landes et tourbières était encore peu documentée et personne ne savait précisément comment procéder, même si divers programmes de restauration commençaient à voir le jour à l'étranger, tant pour les tourbières hautes que pour les milieux semi-naturels de landes (Frankard, 2016). Dans les Hautes-Fagnes, les bénévoles des « Amis de la Fagne » avaient, dès 1968, érigé des centaines de petits barrages sur les innombrables drains qui entaillaient les zones tourbeuses protégées. Malheureusement cette action n'a pas fourni de résultats probants (Wastiaux *et al.*, 1991). Au plateau

des Tailles, de petits tests d'étrépage de landes tourbeuses avaient été réalisés en 1989, mais on ne savait pas encore à l'époque s'ils donneraient des résultats valables (Dumont & Champluvier, 1990). Dans la Haute Semois, des actions ponctuelles de déboisement, de débroussaillage, de fauchage, de creusement de mares et de curage de fosses d'extraction de tourbe avaient également eu lieu (Tanghe & Herremans, 1990). Mais, au final, bien peu de choses avaient été testées au regard de l'intérêt biologique exceptionnel de ces habitats!

A partir de 1994, les gestionnaires du DNF et les scientifiques du DEMNA ont développé dans les Hautes-Fagnes des expériences de restauration des différents habitats de landes et tourbières, en particulier les tourbières hautes et les landes tourbeuses. L'administration wallonne a testé, expérimenté et évalué diverses techniques de restauration, d'abord manuellement, sur des surfaces très limitées, puis sur des surfaces de plus en plus importantes grâce à la mécanisation des travaux. C'est ainsi qu'un important savoir-faire s'est progressivement développé. Les services du DNF ont acquis une grande expérience dans les techniques de restauration (par exemples : les exploitations forestières sur lits de branches, la circulation des engins sur des plateaux de bois, l'utilisation d'engins chenillés exerçant une faible pression au sol,...), ce qui a permis d'intervenir mécaniquement, même dans des secteurs très fangeux jugés jusqu'alors inaccessibles; tandis que les monitorings des expériences mises en place par le DEMNA ont montré quelles étaient les actions les plus efficaces et les plus pertinentes (Frankard & Doyen, 1999a & b; Frankard & Ghiette, 2001; Frankard, 2006a & b; Frankard & Dahmen, 2007; Ghiette & Doyen, 2007).

Ce programme expérimental de restauration a donné des résultats très encourageants. Dès lors, à partir de 2002, une stratégie de restauration des milieux tourbeux à l'échelle wallonne s'est développée, au départ de la préparation d'un premier projet LIFE « Tourbières » sur le plateau de Saint-Hubert, suivi par cinq autres projets successifs sur cette même thématique, sur l'ensemble des hauts plateaux arden-



Photo 1. Cette photo datant du siècle dernier montre un chantier des « Amis de la Fagne » visant à barrer un drain à Cléfiay au moyen de palissades en bois d'épicéa et d'un colmatage de tourbe. Les efforts de ces bénévoles ont rapidement montré leurs limites et leur efficacité relative mais ils ont tracé la voie à suivre pour tenter de restaurer les tourbières. Il fallait cependant mettre au point de meilleures techniques, avec davantage de moyens, ce que les projets LIFE ont pu concrétiser de manière spectaculaire. (Doc. « Les Amis de la Fagne »).

nais wallons (Plunus *et al.*, 2014; Dufrêne *et al.*, 2015; Frankard, 2012; Frankard, 2016; Frankard & Dahmen, 2017).

La stratégie globale de conservation développée dans ces six projets visait trois grands objectifs :

- stopper les menaces sur les sites existants ;
- restaurer leur qualité et étendre les surfaces d'habitats ;
- restaurer de nouveaux sites pour améliorer la connectivité écologique.

2. Les résultats du méta-projet

2.1. Quelques chiffres

Les six projets ont représenté un investissement important, qui a atteint **22 millions d'euros**. La moitié du financement est venue de la Commission Européenne, l'autre partie a été financée par la Wallonie (49 %) et les différents partenaires ou co-financeurs privés (1 %). Ces budgets importants ont servi à acquérir des terrains ou indemniser des coupes anticipées de résineux en propriétés privées ou communales (30 % des budgets) ; à financer les travaux de restauration (41 %) et à assurer l'engagement des équipes de projets, réaliser les actions de monitoring scientifique, informer le public et diffuser les résultats (29 %). Ils ont été investis dans l'économie locale pour reconstruire un capital naturel et améliorer une infrastructure verte qui peut servir de support à des activités de développement touristique et générer d'autres revenus indirects (Plunus *et al.*, 2014).

Les six projets avaient pour but de restaurer le fonctionnement écologique de **1400 ha de zones protégées existantes** et de créer de l'ordre de **1400 ha de nouvelles zones protégées** et restaurées grâce à des achats de terrain ou des conventions à long terme passées avec les propriétaires. Les résultats dépassent largement les objectifs puisque plus de **6300 ha** de zones humides, paratourbeuses ou tourbeuses ont bénéficié de mesures de restauration, parmi lesquels plus de 3780 ha de zones non protégées qui bénéficient depuis ou bénéficieront prochainement d'un statut de protection (réserve naturelle domaniale, réserve naturelle agréée, convention trentenaire garantissant

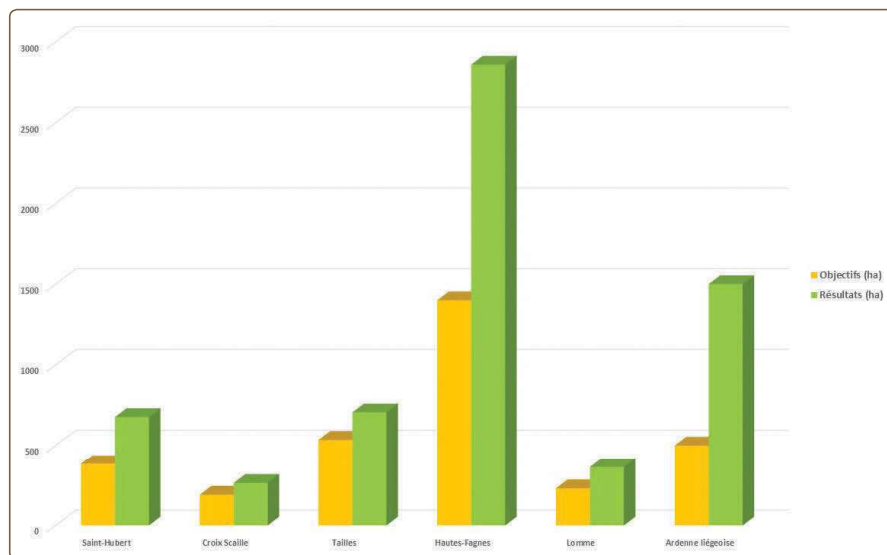


Figure 2. Objectifs de restauration et résultats (en hectares) des six projets LIFE « Tourbières ».

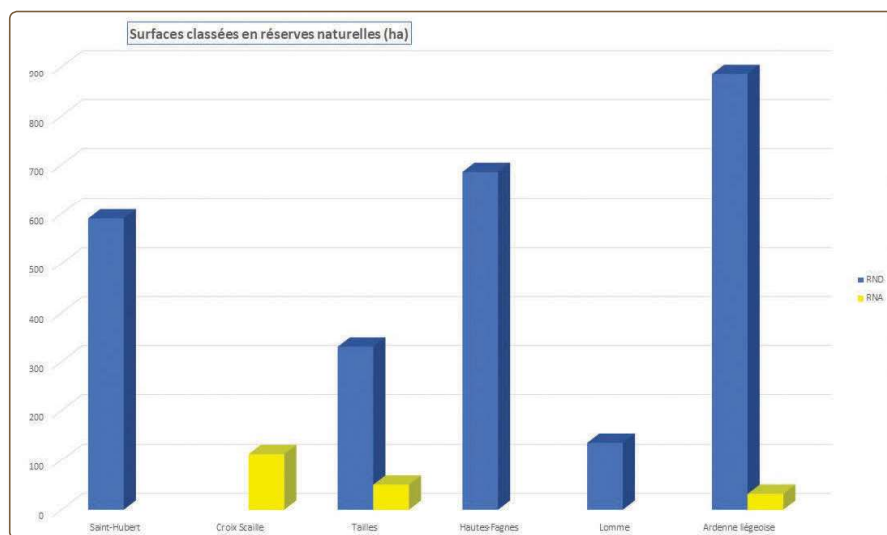


Figure 3. Nouvelles surfaces classées en réserves naturelles domaniales (RND) ou agréées (RNA) dans le cadre des six projets LIFE « Tourbières ».

l'affectation « nature » des terrains, zone humide d'intérêt biologique, adaptation des plans d'aménagement forestier) (figure 2). Parmi ces 3780 ha de nouvelles zones protégées, plus de 2800 ha bénéficient déjà d'un statut fort de protection : 2629 ha de nouvelles RND, 194,5 a de RNA (figure 3). Par rapport aux 9.500 ha protégés par un statut de la Loi de la Conservation de la Nature en 2003, cela représente une augmentation considérable! A titre d'exemple, des zones d'un intérêt écologique majeur, comme la fagne de Malchamps, sont aujourd'hui protégées.

Les achats de terrain ont couvert 630 ha, parmi lesquels 452 ha sont aujourd'hui classés en réserves naturelles domaniales et 178 ha en réserves naturelles agréées.

2.2. Les principaux travaux de restauration

Les 6300 ha concernés par les 6 projets LIFE ont bénéficié de mesures de restauration plus ou moins importantes allant de la simple coupe de semis naturels d'arbres jusqu'à des mesures fortes de restauration de tourbières. Ces mesures de restauration et leurs résultats sont décrits ci-dessous.

Déboisement/broyage d'épicéas hors station

2670 ha de peuplements d'épicéas sur sols très humides, paratourbeux ou tourbeux (1981 ha de plantations et 689 ha de régénérations denses d'épicéas dans d'anciennes coupes) ont été exploités par coupes à blanc ou par broyage durant les 6 projets.

La coupe des épicéas s'est faite par la vente du bois sur pied aux marchands, sur base d'un cahier des charges spécifiant les conditions d'exploitation. Pour obtenir l'adhésion de l'abandon de la spéculation sylvicole lorsque les peuplements avaient encore une valeur économique, une indemnité correspondant à la différence entre le prix obtenu pour la coupe et la valeur d'avenir espérée a été proposée aux propriétaires. Compte tenu de la fragilité des sols tourbeux ou hydromorphes et de l'optique d'une restauration des habitats naturels, les coupes à blanc d'épicéas devaient s'effectuer très précautionneusement et différemment d'une coupe à blanc classique afin de respecter au mieux ces sols à faible portance. Pour ce faire, elles ont été réalisées avec des engins circulant uniquement sur des lits de branches, voire de billons sur les sols les plus fangeux. Cela a bien évidemment augmenté le coût de l'exploitation et diminué *de facto* le prix obtenu pour les coupes, mais l'indemnité octroyée a permis de compenser les pertes pour les propriétaires. De cette manière, seules les zones couvertes de lits de branches ont été « sacrifiées », tandis que la plus grande partie des surfaces de coupe n'a pas subi de perturbation. Cela a permis d'éviter autant que possible de tasser ou d'orniérer ces sols à faible portance et de limiter le développement massif du jonc épars (*Juncus effusus*).

Lorsque les épicéas n'avaient pas de valeur économique (jeunes plantations; peuplements inexploitable car inaccessibles ou très malvenus; régénérations denses par semis naturels sur coupes à blanc anciennes), ils ont été broyés (broyeurs exerçant une faible pression au sol, pelleteuses sur plateaux). Ensuite, soit le broyat a été laissé sur place, soit il a été récupéré et valorisé en copeaux pour plaquettes dans la filière bois énergie.

Après le retrait des épicéas, tous les drains ont systématiquement été neutralisés, à l'aide de pelleteuses, par la constitution d'un bouchon de tourbe ou d'argile tous les 20-30 mètres.

Dans une partie des coupes à blanc et des zones broyées, surtout sur les sols paratourbeux ou faiblement tourbeux (< 1 mètre

de tourbe), l'objectif de restauration a été de reconstituer les forêts feuillues naturelles : des chênaies pédonculées à bouleaux et molinie sur les sols hydromorphes à paratourbeux (habitat N2000 9190), des boulaies pubescentes à sphaignes sur les sols tourbeux (habitat N2000 91D0*), des aulnaies marécageuses ou rivulaires (habitat N2000 91E0*) le long des cours d'eau. Pour ces 3 milieux, les secteurs déboisés ont principalement été laissés à la régénération naturelle. En complément, pour optimiser le succès de la restauration, **337 ha** de coupes ont été clôturés pour protéger la régénération forestière de la dent des cervidés. Des plantations de feuillus divers (plus de 111.600 plants injectés) ont été réalisées dans **198 ha** de régénérations forestières (dans et hors enclos), afin de diversifier les essences; des graines de bouleaux et de sorbier des oiseleurs ont été semées sur **117 ha** et des boutures de saules et peuplier tremble ont été plantées dans **21 ha**.

Là où la situation était favorable (topographie adéquate, couche tourbeuse importante, présence d'espèces reliques des landes et tourbières, ...), des mesures fortes de restauration (décapage, ennoisement, étrépage, installation de clôtures de pâturage) ont été menées dans les zones déboisées, afin d'y restaurer divers habitats ouverts de landes et tourbières. Un fraissage des souches et du sol superficiel a aussi été réalisé dans certains secteurs suffisamment secs pour y envisager la restauration de prés maigres ou de nardaies qui seront par la suite entretenus périodiquement par fauchage.

Bouchage de drains et création de mares

Le drainage intensif des sols tourbeux lié aux activités d'extraction de la tourbe et aux tentatives de valorisation économique par plantations de résineux a causé des altérations hydrologiques à l'échelle des massifs tourbeux. Dans les tourbières drainées, contrairement aux tourbières intactes où la nappe est sub-affleurante et relativement stable, la nappe subit d'importantes fluctuations, avec une alternance saisonnière de phases sèches (rabattement de la nappe jusqu'à 60 cm de profondeur en périodes de sécheresse) et de phases humides

(submersions éventuelles). Les assèchements plus ou moins prolongés conduisent à une minéralisation du sol tourbeux sur une épaisseur pouvant atteindre plusieurs décimètres (Hindryckx, 1999; Wastiaux, 2000). Ces conditions trop sèches favorisent la prolifération de la molinie et des arbres qui, avec le temps, amplifient l'assèchement de la tourbière. Ces phénomènes ont d'abord un impact dramatique sur la végétation caractéristique des habitats tourbeux et les espèces animales associées. Localement, le drainage occasionne aussi d'importants problèmes d'érosion des massifs tourbeux. Au final, la qualité des eaux qui s'écoulent des tourbières est impactée par l'augmentation de la concentration en carbone organique dissous (COD, consistant en une variété de molécules composées de carbone organique parmi lesquelles les acides humiques) dans l'eau contenue dans la tourbe et dans l'eau exportée (Moore, 1987). Les COD étant des composés colorés, l'augmentation de leur concentration accentue la coloration de l'eau des cours d'eau récepteurs. Cette coloration peut avoir un impact important sur la faune et la flore aquatiques (diminution de la photosynthèse des plantes aquatiques avec pour conséquence une diminution de l'oxygène disponible dans l'eau) (Steinberg, 2003). L'augmentation de la concentration en substances humiques peut aussi avoir des conséquences importantes sur la qualité des eaux, car ces substances mobilisent des métaux toxiques (Steinberg, 2003). Enfin, le drainage augmente la quantité de particules minérales en suspension dans l'eau (phénomènes d'érosion, ...), ce qui entraîne une augmentation du colmatage des fonds et de la concentration en polluants dans les cours d'eau.

En conséquence, les drains creusés anciennement dans les zones tourbeuses (coupes à blanc et milieux ouverts) ont systématiquement été neutralisés dans le cadre des 6 projets LIFE. **674 km** de drains ont été bouchés. Les objectifs consistaient à :

- retenir le plus longtemps possible sur les sites l'eau collectée par les anciens drains;
- remonter localement le niveau de la nappe et stabiliser celle-ci

afin de recréer des conditions d'humidité favorables à la dynamique des sphaignes et des autres plantes caractéristiques des tourbières;

- augmenter la capacité de rétention de l'eau au sein des tourbières;
- créer de petits plans d'eau en amont des barrages afin d'augmenter la diversité des milieux humides;
- endiguer l'érosion des massifs tourbeux;
- réduire la concentration en COD de l'eau et améliorer la qualité des eaux qui ruissellent des tourbières;
- favoriser le retour de la végétation caractéristique des milieux tourbeux sur les surfaces de tourbe mises à nu à proximité des barrages grâce à la réhumidification du sol.

Préalablement au démarrage des projets LIFE, on savait que l'impact du bouchage des drains dépendait fortement de la pente du terrain et que l'utilisation de rondins de bois était peu efficace car l'étanchéité n'était pas parfaite (Wastiaux *et al.*, 1991, Frankard & Ghiette, 2001). Dès lors, des précautions ont été prises afin d'obtenir des barrages imperméables. Dans quelques cas, la neutralisation des drains a été réalisée à l'aide de panneaux de bois ou de palplanches en PCV, mais, le plus souvent, ils ont été réalisés à l'aide de digues en tourbe ou en argile.

La pente du terrain a déterminé de façon prioritaire l'emplacement et le nombre de barrages. Les barrages étaient d'autant plus rapprochés que la pente du terrain était élevée. Ils ont aussi été décalés les uns par rapport aux autres sur les différentes lignes de drains parallèles, afin d'humidifier en mosaïque une surface maximale.

Sur les terrains pratiquement plats (< 1 % de pente), notamment dans les fonds de vallées, on visait une remontée de la nappe sur l'ensemble de la surface et la restauration de conditions optimales pour le développement des sphaignes.

Sur les terrains à pente faible (1-3 %), l'effet des retenues d'eau est limité par le drainage naturel des



Photo 2. Butte d'ombrotrophisation couverte de *Sphagnum magellanicum* dans une tourbière restaurée par décapage (photo Ph. Frankard)

sols. Une inondation globale des sites n'était donc pas envisageable. Par contre, grâce aux débordements latéraux en périphérie des barrages, les terrains ont pu être réhumidifiés, l'eau s'écoulant lentement sur une grande partie de la surface en serpentant d'un barrage à l'autre et fournissant des conditions idéales aux sphaignes.

Sur les terrains à pente moyenne à forte (> 3 %), les barrages ont moins d'impact sur l'humidification des sols. La mesure permet principalement de créer un petit plan d'eau en amont de chaque barrage et d'humidifier le substrat dans leur périphérie immédiate. L'objectif visé est une diversification du milieu plutôt qu'une restauration de celui-ci puisque les zones propices au développement des espèces des tourbières, en particulier les sphaignes, sont limitées. Toutefois, le blocage des drains permet de réduire significativement les phénomènes d'érosion de la tourbe et contribue à améliorer la qualité des eaux évacuées.

La fermeture des 674 km de drains a permis de créer par la même occasion plus de **12.000** petites mares en amont des bouchons installés sur les drains. En outre, **775** mares plus importantes ont été créées dans les coupes à blanc et en zones ouvertes. Plus de **34 ha** de

petites zones ennoyées ont ainsi été créées, au sein desquelles se développent des végétations aquatiques des eaux oligo-dystrophes (habitat N2000 3160), des végétations de bas-marais acides à base de laïches (*Carex* div. sp.), de linaigrette à feuilles étroites (*Eriophorum angustifolium*) et de sphaignes (*Sphagnum* div. sp.), des tourbières de transitions (habitat N2000 7140). Ces plans d'eau sont également très fréquentés par les libellules.

Restauration de tourbières hautes

L'action phare des projets LIFE « Tourbières » concernait la restauration de tourbières hautes au départ de tourbières dégradées ou désenrésinées. **236 ha** ont fait l'objet de mesures de restauration par décapage ou fraisage (186 ha) ou par ennoisement (50 ha). C'est donc une surface deux fois plus importante que la superficie des tourbières hautes reliques (120 ha) qui a été restaurée et dans laquelle se développent aujourd'hui des végétations pionnières des tourbières que l'on espère voir lentement évoluer vers des végétations caractéristiques des tourbières hautes actives.

Dans les zones les plus plates, la restauration a consisté à construire des digues de retenue d'eau (en argile ou en tourbe si l'argile n'était

pas disponible) perpendiculairement à la pente ou au travers des fosses d'extraction de tourbe. Cette technique permet d'envoyer le sol en permanence sous une faible profondeur d'eau (maximum 50 cm d'eau sur la majorité de la surface; une hauteur d'eau plus importante en bordure de la digue étant tolérée). Afin d'éviter l'érosion des digues, en particulier celles constituées de tourbe, elles ont été munies d'un trop-plein pour limiter le niveau de l'eau dans les bassins et permettre l'évacuation des excédents lors de fortes précipitations ou à la fonte des neiges. Ces exutoires peuvent être de deux types : naturel (l'écoulement se fait par un déversoir végétalisé à l'extrémité de la digue) ou artificiel (un tuyau coudé placé au travers de la digue permet un contrôle de l'écoulement et du niveau d'eau).

Les objectifs de l'envoie consistaient à :

- maintenir le milieu inondé sous une faible lame d'eau, afin de faire mourir la molinie (*Molinia caerulea*) et les ligneux et favoriser les espèces pionnières des tourbières;
- recréer des milieux initiaux de tourbières (bas-marais acide/tourbières de transition), à base de linaigrettes (*Eriophorum vaginatum* et *E. angustifolium*), laïches (*Carex* div. sp.) et sphaignes pionnières (*Sphagnum cuspidatum*, *S. auriculatum*, *S. fallax*,...), qui pourront lentement évoluer vers des habitats de tourbières hautes par ombrotrophisation progressive.

Les monitorings scientifiques post Life mis en place depuis plus de 10 ans par le DEMNA/DNE, en particulier dans les Hautes-Fagnes, montrent que la restauration des tourbières par envoie donne de bons résultats en quelques années (Frankard, 2016). L'envoie permanent fait disparaître drastiquement la molinie (*Molinia caerulea*) et les ligneux et seules diverses espèces caractéristiques des tourbières, relictuelles dans les secteurs à envoyer, survivent une fois le milieu envoyé. Très rapidement, des tapis flottants de sphaignes aquatiques (*Sphagnum cuspidatum* et/ou *S. auriculatum*) apparaissent à la surface de l'eau et des phané-

rogames caractéristiques des tourbières se développent à la place de la molinie, principalement les linaigrettes (*Eriophorum vaginatum* et *E. angustifolium*) et la laïche à bec (*Carex rostrata*). Elles sont accompagnées par diverses espèces typiques des bas-marais acides telles *Carex nigra*, *C. canescens*, *C. echinata*, *Juncus acutiflorus*, *J. bulbosus*. Les tapis flottants de sphaignes aquatiques se développent très rapidement et progressent de manière centripète depuis les bords de la zone envoyée. Après quelques années, on constate l'apparition, puis le développement, de *Sphagnum fallax* sur les tapis flottants des sphaignes aquatiques et cette dernière espèce se substitue progressivement aux sphaignes aquatiques. Les habitats restaurés évoluent donc rapidement en bas-marais acides ou en tourbières de transition. Après 10-15 ans, on constate aussi l'apparition de buttes de sphaignes caractéristiques des tourbières hautes (*Sphagnum papillosum*, *S. magellanicum*, *S. rubellum*) sur les tapis de *Sphagnum fallax*, préfigurant ainsi la reformation d'un nouvel acrotelme² fonctionnel et une évolution à long terme vers des habitats de tourbière haute active.

Sur les sols plus pentus, l'envoie de vastes surfaces par endiguement était topographiquement impossible. Dans ces secteurs, au sein desquels la nappe fluctue souvent de manière importante, surtout si les sols sont intensément drainés, la technique de restauration utilisée a consisté à décaper ou à fraiser et racler la végétation et la tourbe superficielle sur une faible profondeur (généralement 30-40 cm). Cette technique vise à éliminer la végétation non caractéristique des tourbières et la couche de tourbe superficielle fortement minéralisée, tout en ramenant la surface du sol à un niveau proche du niveau moyen de fluctuation de la nappe perchée³. Une légère pente et des microreliefs ont ensuite été aménagés dans les secteurs décaperés afin de créer un gradient d'humidité et de profondeur, tel que préconisé suite aux travaux expérimentaux de restauration développés dans les Hautes-Fagnes (Frankard & Ghiette, 2001; Frankard, 2006). Le décaper a été réalisé à l'aide de pelleteuses circulant sur plateaux;

le fraisage/raclage à l'aide d'engins chenillés exerçant une faible pression au sol ou de tracteurs munis de roues jumelées. Les produits du décaper ont été utilisés dans la construction de barrages, de digues ou au colmatage de drains. Plus la pente était faible, plus les décaperes ont été réalisés sur des surfaces importantes. A l'inverse, lorsque la pente approchait les 3 %, les décaperes ont souvent été réalisés sur des surfaces moins importantes disposées en damier.

Les résultats du décaper ou du fraisage/raclage sont souvent très encourageants mais ces techniques donnent des résultats sensiblement différents selon que l'on travaille en périphérie de zones de tourbière haute intacte ou que l'on se trouve en tourbière totalement dégradée. La recolonisation végétale est nettement plus rapide et plus diversifiée en périphérie des zones intactes. En effet, celle-ci est principalement le fait de diaspores amenées par le vent et les eaux de ruissellement au départ de zones refuges intactes puisque, d'une part, la plupart des plantes typiques des tourbières hautes ne constituent pas de banques de graines persistantes et, d'autre part, la profondeur du décaper est souvent trop importante pour ne pas éliminer la quasi-totalité des graines qui seraient encore viables.

En périphérie des zones intactes, parmi les phanérogames, *Eriophorum vaginatum* et *E. angustifolium* sont les principales espèces colonisatrices pionnières. La première est favorisée par sa production importante de graines dispersées par le vent (jusqu'à 1000 graines/m² d'après Grime *et al.*, 1988), sa résistance aux stress hydriques, son enracinement rapide et sa courte période juvénile. La seconde espèce doit son succès à sa capacité élevée de reproduction végétative par rhizomes et à l'enracinement rapide des tiges détachées des plages clonales. Ces espèces se propagent ensuite de façon végétative ou se reproduisent sexuellement pour créer rapidement de petites colonies au sein desquelles les conditions microclimatiques et la stabilité du substrat sont bien meilleures. En général, peu de plantules de *Molinia caerulea* s'installent durablement dans les zones décaperées parce que

les conditions sont trop humides pour leur survie. Des sphaignes apparaissent progressivement dans les zones décapées. *Sphagnum cuspidatum* (dans les zones inondées quasi en permanence) et *S. fallax* (dans les zones fréquemment exondées) sont les deux principales sphaignes qui se développent. La colonisation sphagnale est souvent très lente au départ, sauf dans les secteurs inondés en permanence. Elle s'accélère par la suite et est favorisée par la présence de touffes ou colonies de phanérogames (points d'ancrage, amélioration des conditions microclimatiques). Progressivement, les sphaignes se structurent en tapis qui ont tendance à supplanter les phanérogames. Après une dizaine d'années, *S. fallax* forme des tapis denses et s'installe même dans les zones inondées, sur le tapis pionnier de *S. cuspidatum*, supplantant progressivement cette dernière. Dans les zones fréquemment exondées, des espèces plus typiques des tourbières hautes actives telles *S. papillosum* et *S. magellanicum* s'insèrent progressivement dans les tapis de *S. fallax*. Après 15-20 ans, on observe l'apparition de véritables buttes d'ombrotrophisation qui augure d'une évolution des zones décapées vers des milieux caractéristiques de tourbière haute active.

En zones totalement dégradées, la recolonisation du milieu par les linaigrettes est aussi assez rapide grâce au semis de graines (surtout pour *Eriophorum vaginatum*) amenées par le vent (transport possible sur de longues distances) et à la subsistance de rhizomes d'*Eriophorum angustifolium* dans les zones décapées. Par contre, les sphaignes, principalement disséminées par le ruissellement, ne recolonisent les surfaces décapées que très lentement et sporadiquement. Le développement de tapis de sphaignes y est beaucoup plus lent qu'en périphérie des zones intactes et reste souvent fragmentaire pendant de nombreuses années (plus de 10 ans). Lorsque la profondeur de décapage reste suffisamment faible pour ne pas éliminer la totalité de la banque de graines et dans les zones pentues, deux éricacées, la callune (*Calluna vulgaris*) surtout et la bruyère quaternée (*Erica tetralix*) s'installent dans les peuplements de linaigrettes, puis se multiplient



Photo 3. Fagne des Deux-Séries : tourbière restaurée par fraisage et raclage de la végétation et de la couche superficielle de tourbe (photo Ph. Frankard).

abondamment par semis. La molinie se réinstalle plus abondamment et plus rapidement qu'en périphérie des zones intactes, mais après quelques années on constate qu'elle est fortement concurrencée par les linaigrettes et les éricacées. Généralement, 6-7 ans après le décapage, on constate même une diminution de son recouvrement dans les zones décapées.

Dans les surfaces décapées au sein desquelles les espèces typiques des tourbières peinaient à se réimplanter (tourbières totalement dégradées, isolées et très éloignées des zones intactes), la végétalisation de petits secteurs de tourbe nue a été réalisée. **38 ha** ont été végétalisés, par petites cellules.

Deux phanérogames caractéristiques des tourbières (*Eriophorum vaginatum* et *E. angustifolium*) ont d'abord été plantées dans les zones décapées afin de végétaliser des zones de tourbe nue. *Eriophorum vaginatum* supporte bien la transplantation, se développe très rapidement en touradons qui ménagent une niche microclimatique ombragée et humide idéale pour les sphaignes. De plus, il fleurit déjà l'année qui suit la transplantation, permettant ainsi sa dissémination par graines sur la tourbe nue. Concernant *Eriophorum angustifolium*, des fragments isolés forment progressivement des plages clonales

par reproduction végétative qui stabilisent assez rapidement le substrat, mais n'influencent pas de manière déterminante le microclimat.

Des fragments de sphaignes ont ensuite été épandus sur **16 ha** une fois les phanérogames introduites bien établies. Deux espèces de sphaignes pionnières assez communes, notamment présentes dans et en bordure des drains, ont été utilisées pour la végétalisation : *Sphagnum cuspidatum* et *S. fallax*. Ces petites cellules restaurées par végétalisation servent ensuite de sources de diaspores pour les secteurs décapés avoisinants.

(A suivre).

1. En octobre 2019, on totalise 10.353 ha de RND (dont environ 6000 ha dans les Hautes-Fagnes), 3416 ha de RNA, 798 ha de Réserves Forestières (dont 200 ha aussi classés en RIF), 1389 ha de ZHIB, 5544 ha de Réserves Intégrales en Forêt (2 % de la superficie feuillue wallonne ou 3,8 % de la superficie feuillue publique) et 80 CSIS.

La superficie cumulée de ces sites totalise une surface de plus de 21.500 ha.

2. couche supérieure des horizons tourbeux des tourbières hautes actives, de quelques décimètres d'épaisseur, active du point de vue de l'échange de matière et d'énergie avec l'environnement extérieur, où l'eau, plus ou moins abondante selon les saisons, circule latéralement et très lentement et où il y a une certaine décomposition de la matière organique (Ingram, 1978).

3. Nappe située plus haut que la nappe phréatique dont elle est séparée par la couche de tourbe.