



PLAN D'ACTION
HABITAT 7230
Bas-marais alcalins

No version	Auteur(s)	Date de rédaction
v1.0	Martin Youri (Natagora) Xavier Janssens (Natagora) Vanschepdael Marie (Natagora) Verté Patrick (DEMNA)	25/01/2018



Sommaire

1	Informations générales relatives à l'habitat/l'espèce	4
1.1	Description générale : physiologie, variantes et espèces typiques	4
1.1.1	Définition européenne de l'habitat	4
1.1.2	Définition wallonne de l'habitat (extrait des « Cahiers des Habitats d'Intérêt Communautaire de Wallonie » (Frankard, 2017))	5
1.1.3	Correspondances entre les différentes typologies	5
1.1.4	Structure, physiologie générale, description générale (extrait des « Cahiers des Habitats d'Intérêt Communautaire de Wallonie » (Frankard, 2017))	5
1.1.5	Espèces indicatrices (extrait des « Cahiers des Habitats d'Intérêt Communautaire de Wallonie » (Frankard, 2017))	6
1.1.6	Variabilité de l'habitat (extrait des « Cahiers des Habitats d'Intérêt Communautaire de Wallonie » (Frankard, 2017))	6
1.1.7	Confusions possibles avec d'autres habitats	7
1.1.8	Faune associée	8
1.2	Caractéristiques abiotiques (nécessaires à l'existence de l'habitat)	8
1.3	Dynamique de l'habitat et pratiques/activités nécessaires à son existence	11
1.3.1	Dynamique de la végétation	11
1.3.2	Activités liés à l'existence des bas-marais alcalins	13
1.4	Facteurs de qualité de l'habitat	15
2	Situation historique et actuelle de l'habitat	18
2.1	Distribution et surface	18
2.1.1	Distribution actuelle (carte) en Europe	18
2.1.2	Distribution (carte) et surfaces en Wallonie	18
2.1.3	Proportion de la surface de l'habitat dans le réseau Natura 2000	21
2.1.4	Facteurs explicatifs de la situation actuelle et menaces pesant sur le maintien des surfaces de l'habitat (principalement extrait des « Cahiers des habitats d'intérêt communautaire de Wallonie » (Frankard, 2017))	22
2.2	Qualité de l'habitat (structures et fonctions) dans les sites existants et pressions et menaces sur cette qualité	25
2.2.1	Etat de conservation des bas-marais alcalins	25
3	Services écosystémiques liés à l'habitat et enjeux socio-économiques (extrait des « Cahiers des habitats d'intérêt communautaire de Wallonie » (Frankard, 2017))	28
3.1	Services écosystémiques	28
3.1.1	Services de production	28
3.1.2	Services de régulation (climatique, protection des sols, des eaux, ...)	28
3.1.3	Services culturels et sociaux	30
3.2	Enjeux socio-économiques	31
4	Analyse du contexte légal actuel, des actions et mesures prises et des bonnes pratiques	31
4.1	Contexte légal	31

4.1.1	Cadre juridique international.....	31
4.1.2	Statut légal de l'habitat en Wallonie	32
4.1.3	Mesures légales existantes ayant un impact positif pour la protection de l'habitat en Wallonie	32
4.1.4	Evaluation du contexte légal wallon	33
4.1.5	Statut de protection de l'habitat ailleurs en Europe	33
4.2	Mesures incitatives à la bonne gestion	33
4.3	Actions et bonnes pratiques de gestion et restauration déjà entreprises	33
4.3.1	En Wallonie.....	33
4.3.2	Dans d'autres Etats/Régions Membres	36
5	Objectifs stratégiques et opérationnels	36
5.1	Objectif stratégique 1 - Augmenter les surfaces de l'habitat.....	37
5.1.1	Objectif opérationnel 1.1 - Stopper la dégradation des surfaces existantes des bas-marais alcalins	37
5.1.2	Objectif opérationnel 1.2 - Augmenter les surfaces de bas-marais alcalins d'ici 2025 .	40
5.2	Objectif stratégique 2 – Améliorer les structures, fonctions et la capacité d'accueil.....	44
5.2.1	Objectif opérationnel 2.1 - Améliorer la composition floristique de l'habitat.....	44
5.2.2	Objectif opérationnel 2.2 - Améliorer la capacité d'accueil pour les espèces associés	45
5.2.3	Objectif opérationnel 2.3 – Rationaliser, professionnaliser et sécuriser la gestion récurrente	45
6	Localisation de zones à restaurer	47
6.1	Liste des sites et actions envisagées	47
6.2	Calendrier pour les actions prévues dans le cadre de l'IP (court terme)	48
7	Recommandations relatives au cadre légal et aux mesures incitatives	49
8	Bibliographie	49

1 Informations générales relatives à l'habitat/l'espèce

1.1 Description générale : physiologie, variantes et espèces typiques

1.1.1 Définition européenne de l'habitat

Le manuel d'interprétation des habitats – EUR28 (European Commission, 2013) définit l'Habitat d'Intérêt Communautaire 7230 « bas-marais alcalins », synonyme de « tourbières basses alcalines », comme des zones humides occupées pour la plupart, ou largement, par des communautés de petites laïches et mousses brunes productrices de tourbe, développées sur des sols gorgés d'eau en permanence, avec un apport d'eau soligène ou topogène riche en bases, pauvre en nutriments, souvent calcaire, et avec une nappe d'eau au niveau du sol (ou légèrement en-dessous ou au-dessus). La formation de tourbe, quand elle se produit, est infra-aquatique. De petites laïches calciphiles et d'autres cypéracées dominent habituellement les communautés de bas-marais, qui appartiennent à l'alliance phytosociologique du *Caricion davallianae*, caractérisées par un tapis de « mousses brunes » habituellement prépondérant, par une strate graminéoïde et par une très riche flore.

Le *Caricion davallianae* se caractérise par une dominance des cypéracées de petite taille : laïches (*Carex davalliana*, *Carex flava*, *Carex hostiana*, *Carex lepidocarpa*, *Carex panicea*), linaigrette à larges feuilles (*Eriophorum latifolium*) et autres cypéracées de type choin ou scirpe (*Eleocharis quinqueflora*, *Schoenus ferrugineus*, *Schoenus nigricans*, *Trichophorum cespitosum*) ainsi que le jonc à tépales obtus (*Juncus subnodulosus*).

Les espèces typiques de mousses brunes (*Acrocladium cuspidatum* [= *Calliergonella cuspidata*], *Bryum pseudotriquetrum*, *Campylium stellatum*, *Cratoneuron commutatum* [= *Palustriella commutata*], *Ctenidium molluscum*, *Drepanocladus intermedius* [= *Scorpidium cossonii*], *Drepanocladus revolvens*, *Fissidens adianthoides*) sont en partie communes aux espèces des crons (*Cratoneuron*, 7220).

Les espèces de plantes supérieures sont nombreuses (*Dactylorhiza cruenta*, *Dactylorhiza incarnata*, *Dactylorhiza majalis* ssp. *brevifolia*, *Dactylorhiza russowii*, *Dactylorhiza traunsteineri*, *Dactylorhiza traunsteinerioides*, *Epipactis palustris*, *Herminium monorchis*, *Liparis loeselii*, *Pedicularis sceptrum-carolinum*, *Pinguicula vulgaris*, *Primula farinosa*, *Swertia perennis*, *Tofieldia calyculata*).

Les ligneux, le roseau (*Phragmites australis*), les laïches de grande taille (*Carex acuta*, *Carex acutiformis*, *Carex paniculata*, *Carex riparia*, *Carex vesicaria*) ne font pas partie des espèces typiques de l'habitat. Le manuel d'interprétation mentionne néanmoins que les prairies humides (*Molinietalia caeruleae*, 37), les communautés de grandes cypéracées (*Magnocaricion*, 53.2), les roselières (*Phragmition*, 53.1), les cladiaies (*Cladietum mariscae*, 53.3), peuvent former une partie du système du bas-marais, avec des communautés apparentées aux marais de transition (54.5, 54.6) et aux végétations amphibies ou aquatiques (22.3, 22.4) ou aux communautés des sources (54.1) se formant dans les dépressions. Les sous-unités décrites ci-dessus, qui, seules ou combinées entre elles, et combinées avec les codes issus des catégories mentionnées plus haut, peuvent préciser la composition du bas-marais, sont conçues de manière à inclure les communautés des bas-marais alcalins *sensu stricto* (*Caricion davallianae*) et leur transition vers le *Molinion*. Elles incluent aussi des ensembles pouvant être rattachés phytosociologiquement aux associations alcalines du *Molinion*, mais qui contiennent une grande représentation des espèces du *Caricion davallianae* (classe synthétique du *Molinio* – *Caricetalia davallianae* définie par Rameau et al. (1989)). Outre les riches systèmes de bas-marais, des communautés peuvent exister sur des petites surfaces à l'intérieur des systèmes de pannes dunaires (16.3), des tourbières de transition (54.5), des prairies humides (37), sur des cônes de tuf (54.121) et dans quelques autres situations. Les codes CORINE détaillés dans le manuel peuvent être utilisés, en conjonction avec le principal code approprié, pour signaler leur présence.

1.1.2 Définition wallonne de l'habitat (extrait des « Cahiers des Habitats d'Intérêt Communautaire de Wallonie » (Frankard, 2017))

Selon la dernière version des cahiers « Habitats » de Wallonie (Frankard, 2017), les bas-marais alcalins correspondent à des communautés végétales de bas-marais topogènes ou soligènes apparaissant sur des sols inondés ou engorgés quasi en permanence par des eaux neutro-alcalines, riches en bases et souvent chargées en calcaire. Le tapis végétal est dominé par les cypéracées (principalement de petites laïches) et des bryophytes (mousses pleurocarpes aussi appelées « mousses brunes ») ; il comporte une flore phanérogame calciphile diversifiée et riche en espèces très rares.

Lebrun J. et al. (1949) ont rangé les végétations des bas-marais alcalins dans l'alliance du *Caricion fuscae* Koch 1926 (syn. *Caricion davallianae* Klika 1934), mais ils ne décrivent pas les associations présentes en Lorraine belge. Actuellement, la plupart des auteurs rangent les communautés des marais alcalins dans l'ordre des *Caricetalia davallianae* Braun-Blanquet 1949 et l'alliance du *Caricion davallianae* Klika 1934, au sein de laquelle on distingue diverses associations dont une seule est présente en Wallonie : le *Caricetum davallianae* Dutoit 1924 em. Görs 1963.

1.1.3 Correspondances entre les différentes typologies

- PAL.CLASS (CORINE): 54.2
- EUNIS : D4.13 ; D4.15
- WALEUNIS : D4.13 ; D4.15
- Syntaxonomie: *Scheuchzerio palustris-Caricetea fuscae* Tüxen 1937
- *Caricion davallianae* Klika 1934
- *Caricetum davallianae* Dutoit 1924 em. Görs 1963

1.1.4 Structure, physionomie générale, description générale (extrait des « Cahiers des Habitats d'Intérêt Communautaire de Wallonie » (Frankard, 2017))

Les bas-marais alcalins sont des milieux inondés *quasi* en permanence, baignés par des eaux neutro-alcalines et carbonatées de pH 5,5 à 8, apparaissant en régions calcaires, le plus souvent sur des substrats organiques fréquemment tourbeux, mais de faible épaisseur, parfois au voisinage de dépôts tufeux. Cet habitat est étroitement dépendant de son alimentation hydrique, tant d'un point de vue qualitatif que quantitatif (la nappe reste proche du niveau du sol, même en été).

Dans leur forme typique, les bas-marais alcalins sont dominés par des petites laïches et d'autres cypéracées calciphiles en association avec des tapis de mousses pleurocarpes neutro-calcicoles et une flore phanérogame diversifiée comportant une multitude d'espèces aux floraisons généralement fort colorées, notamment des orchidées (Vanden Berghen, 1946, 1952; d'Asembourg, 1948; Duvigneaud, 1948; Lebrun J. *et al.*, 1949; Overal, 1977a, 1977b; Parent, 1983). Localement, *Juncus subnodulosus* peut être dominant et imprimer à la végétation une physionomie prairiale.

Ces communautés sont souvent imbriquées au sein de magnocariçaies, de mégaphorbiaies ou de roselières à *Phalaris arundinacea* ou *Phragmites australis*. Ce complexe de végétations sur un même site est usuellement appelé le « bas-marais alcalin » alors qu'une partie de la surface du site est effectivement occupée par la végétation typique du bas-marais alcalin (tourbière basse alcaline 7230). Il existe d'ailleurs une confusion d'ordre terminologique lorsqu'on désigne les surfaces du bas-marais alcalin. Est-ce qu'on parle des surfaces reprenant la végétation du 7230 *sensus stricto*, ou des surfaces englobant les communautés de végétation annexes.

1.1.5 Espèces indicatrices (extrait des « Cahiers des Habitats d'Intérêt Communautaire de Wallonie » (Frankard, 2017))

Les espèces de phanérogames suivantes sont considérées comme caractéristiques de l'habitat : *Blysmus compressus*, *Carex davalliana* (disparu du dernier site connu de Bonnert), *Carex dioica* (rarissime), *Carex flava*, *Carex hostiana*, *Carex lepidocarpa*, *Carex panicea*, *Carex pulicaris*, *Carex vesicaria*, *Dactylorhiza incarnata*, *Dactylorhiza fistulosa*, *Eriophorum gracile*, *Eriophorum latifolium*, *Eleocharis quinqueflora*, *Epipactis palustris*, *Gymnadenia conopsea*, *Juncus subnodulosus*, *Liparis loeselii* (probablement disparu du dernier site connu du camp Lagland), *Parnassia palustris*, *Triglochin palustris*.

Elles sont accompagnées de bryophytes : *Aneura pinguis*, *Calliergon giganteum*, *Fissidens adianthoides*, *Hamatocaulis vernicosus* (espèce figurant à l'annexe II de la Directive Habitats présente uniquement au Landbruch), *Palustriella commutata*, *Scorpidium cossonii*, *Scorpidium Revolvens* (espèce probablement éteinte en Wallonie), *Scorpidium scorpioides*, *Straminergon stramineum*, *Tomentypnum nitens*, *Warnstorfia exannulata*. Plusieurs de ces espèces de bryophytes dépendent des bas-marais alcalins et ne s'observent en Wallonie qu'en Haute-Semois.

Les espèces compagnes, signalant fréquemment une évolution liée à l'abandon, sont des espèces de roselières, de mégaphorbiaies, de bas-marais ou de bois marécageux : *Aconitum napellus subsp. lusitanicum*, *Carex div. sp.*, *Cicuta virosa* (disparu), *Cladium mariscus* (disparu du marais de Dampicourt), *Eupatorium cannabinum*, *Glyceria maxima*, *Lysimachia vulgaris*, *Pedicularis palustris*, *Peucedanum palustre* (disparu), *Phalaris arundinacea*, *Phragmites australis*, *Ranunculus lingua*, *Thelypteris palustris*, *Typha div. sp.*

1.1.6 Variabilité de l'habitat (extrait des « Cahiers des Habitats d'Intérêt Communautaire de Wallonie » (Frankard, 2017))

Selon l'influence biogéographique de la région dans laquelle il se trouve, cet habitat comporte une proportion variable d'espèces atlantiques, médio-européennes ou boréo-montagnardes. On a distingué deux types de bas-marais alcalins en Wallonie.

Le **bas-marais à *Carex davalliana*** (D4.13) correspond à des communautés de dépressions marécageuses alimentées par des eaux neutro-alcalines peu oxygénées, dominées par diverses laïches de petite taille, dont *Carex davalliana*, accompagnées de plantes rares et de mousses pleurocarpes, à distribution continentale. Cet habitat, qui n'était connu que d'une station en Wallonie (Parent 1969) aurait disparu depuis plusieurs dizaines d'années, mais doit être recherché dans la région où il existait auparavant (environs de Bonnert).

Le **bas-marais à *Carex dioica*, *Carex pulicaris*, *Carex flava* s.l.** (D4.15) correspond également à des communautés des dépressions marécageuses alimentées par des eaux neutro-alcalines peu oxygénées, dominées par des petites laïches, mais cet habitat a une distribution plus atlantique.

En outre, dans les formes pionnières de l'habitat, sur tourbe partiellement dénudée, la végétation est dominée par de petites espèces telles *Eleocharis quinqueflora*, *Parnassia palustris*, *Triglochin palustris*.

En dehors des formes typiques des bas-marais alcalins, cet habitat regroupe également un certain nombre de communautés moins caractéristiques qui dérivent de l'habitat type : les bas-marais alcalins à hautes herbes et les bas-marais alcalins envahis par des héliophytes. Ces végétations peuvent constituer une menace pour les bas-marais alcalins typiques auxquels elles ont tendance à se substituer. Une telle dynamique peut être évitée par la mise en œuvre d'une gestion adaptée. Localement, ces formations sont en contact avec des prairies du *Molinion* ou ont été drainées et

remplacées par ces prairies avec lesquelles elles possèdent un certain nombre d'espèces en commun, e.a. *Carex panicea*, *Carex pulicaris*, *Dactylorhiza fistulosa*, *Gymnadenia conopsea*.

1.1.7 Confusions possibles avec d'autres habitats

Dans sa forme typique, c'est-à-dire en présence d'un cortège de petites laïches caractéristiques et d'une couverture de mousses pleurocarpes (« mousses brunes ») se développant sur un substrat gorgé d'eau, souvent tourbeux, la confusion entre le bas-marais alcalin et d'autres habitats est difficile. Néanmoins, au sein d'un bas-marais alcalin, et sans que cela ne relève d'une dégradation de ceux-ci, plusieurs autres types d'habitats tourbeux peuvent être observés, en lien avec des conditions physico-chimiques différentes et qui relèvent des tourbières de transition (7140).

- **Cariçaias à *Carex lasiocarpa*** (Eunis D2.31) : tremblants plus ou moins aquatiques d'atterrissement des laggs et des gouilles de tourbières hautes et des dépressions très humides sur sols tourbeux, dominés par *Carex lasiocarpa*, soit dans des eaux faiblement acides, soit dans des eaux neutro-alcalines (associé à des mousses pleurocarpes, *Carex diandra*, *Eriophorum gracile*, *Menyanthes trifoliata* notamment). Cet habitat est encore remarquablement présent au Landbruch, ainsi qu'à moindre échelle au marais de Vance.
- **Tourbières tremblantes à *Carex diandra*** (Eunis D2.32) : tourbières flottantes à *Carex diandra*, en association avec d'autres cypéracées et des mousses pleurocarpes, dans des eaux neutro-alcalines. Cet habitat est essentiellement présent au marais de Heinsch, qui abrite la plus importante station belge de *Carex diandra*.
- **Cariçaias à *Carex limosa*** (Eunis D2.34) : communautés ouvertes des dépressions dans les tourbières hautes ou prairies flottantes à la surface de nappes d'eau peu profondes faiblement acides à neutro-alcalines au sein de bas-marais alcalins, dominées par *Carex limosa* en association avec d'autres cypéracées, des sphaignes et des mousses pleurocarpes. Cet habitat est encore remarquablement présent au Landbruch, ainsi qu'à moindre échelle au marais de Vance.
- **Radeaux de *Menyanthes trifoliata* et de *Comarum palustre*** (Eunis D2.39) : tapis flottants pionniers caractérisés par la dominance d'hélophytes indifférents au pH de l'eau (*Menyanthes trifoliata* et *Comarum palustre*), au système racinaire robuste. Cet entrelacs racinaire sert de support à des tapis de sphaignes (dans les eaux acides) ou de mousses pleurocarpes (dans les eaux neutro-alcalines).

Au niveau des anciennes fosses d'extraction de tourbe et des dépressions inondées la plupart de l'année (ornières laissées par les tracteurs notamment), se trouvent deux types d'habitats aquatiques :

- **Communautés de bryophytes et d'utriculaires des eaux dystrophes** (Eunis C1.45, 3160), avec la présence d'espèces comme *Utricularia minor* ou *Sparganium natans*, qui ont en Haute-Semois quelques-unes de leurs dernières stations. Il s'agit de communautés souvent de faible superficie (quelques mètres carrés), et se développant en situation ensoleillée dans les mares, les petites dépressions et les fosses d'extraction de tourbe à eau stagnante peu profonde (généralement inférieure à 30 cm) des tourbières alcalines. Les eaux sont de couleur brune en raison de la richesse en acides humiques. Ces communautés peuvent être exondées en période de sécheresse.
- **Communautés de Characées des eaux oligo-mésotrophes** (Eunis C1.25, 3140). Les Characées sont des algues vertes qui se développent dans des lames d'eau peu profondes, entre quelques centimètres et deux à trois mètres de profondeur, rarement plus. Certaines supportent un assèchement en fin de saison. Les plans d'eau à Characées peuvent se présenter sous forme de petites mares, fossés, ornières, étangs plus ou moins profonds, notamment dans d'anciennes carrières, cours d'eau lents. Leurs eaux sont habituellement très claires et souvent riches en carbonates mais pauvres en éléments nutritifs. Les communautés à Characées ont généralement

un caractère pionnier et s'effacent ou se font très discrètes lorsque les plantes supérieures investissent le milieu. Cet habitat a notamment été observé au marais de Sampont.

Lorsque l'habitat ne se trouve pas sous sa forme caractéristique (souvent en voie de dégradation), des confusions sont possibles avec la végétation des roselières, des magnocariçaies, des mégaphorbiaies, ou des prairies humides du *Molinion*. Dans ce cas, seules les formations comportant encore des éléments caractéristiques des bas-marais alcalins peuvent être assimilées à l'habitat 7230 et possèdent de ce fait un potentiel de régénération si une gestion de restauration adéquate est appliquée (cf. point 1.3 « Dynamique de l'habitat »).

1.1.8 Faune associée

Les bas-marais alcalins sont d'intérêt par une dizaine d'espèces d'oiseaux pour leur nidification. On y retrouve toujours le Bruant des roseaux (*Emberiza schoeniclus*), le Râle d'eau (*Rallus aquaticus*), la Locustelle tachetée (*Locustella naevia*), la Rousserolle effarvate (*Acrocephalus scirpaceus*), la Rousserolle verderolle (*Acrocephalus palustris*) et le Phragmite des joncs (*Acrocephalus schoenobaenus*). Certaines n'y nichent plus, ou ont disparu de Lorraine : la Marouette ponctuée (*Porzana porzana*), le Busard cendré (*Circus pygargus*), la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) et la Bécassine des marais (*Gallinago gallinago*).

Quelques papillons sont liés aux bas-marais et leurs habitats connexes : *Boloria aquilonaris* se trouve dans les tourbières hautes, *Melitaea diamina* et *Brenthis ino* sont liés aux mégaphorbiaies, *Lycaena helle* dépend des prés à bistorte et *Lycaena dispar* pond sur la patience aquatique.

Un nombre important d'espèces de libellules sont liées aux suintements, gouilles, etc. : *Leucorrhinia caudalis*, *Leucorrhinia pectoralis*, *Orthetrum coerulescens*, *Sympecma fusca*, *Somatochlora flavomaculata* et *Somatochlora artica*.

Le Gastéropode *Vertigo moulinsiana* est observé au Landbruch, à Rawez, à Gilbaupont et à Sampont.

1.2 Caractéristiques abiotiques (nécessaires à l'existence de l'habitat)

Plusieurs caractéristiques abiotiques essentielles ressortent des définitions européenne et wallonne de l'habitat :

- La présence continue d'eau à proximité de la surface. Cette saturation en eau limite la dégradation de la matière organique, qui s'accumule sous forme de tourbe ;
- Une eau alcaline et oligotrophe ;
- Une alimentation en eau de type « tourbière basse », c'est-à-dire topogène (stagnation d'eau issue de la nappe dans un creux topographique) ou soligène (à partir d'une source, nappe d'eau affleurant et mobile, Fig.1). Ce mode d'alimentation en eau s'oppose à celui des tourbières hautes, lié à l'eau de pluie (ombrogène) ;
- Une présence de tourbe typique des bas-marais alcalins principalement constituée de mousses brunes et de petites laïches.

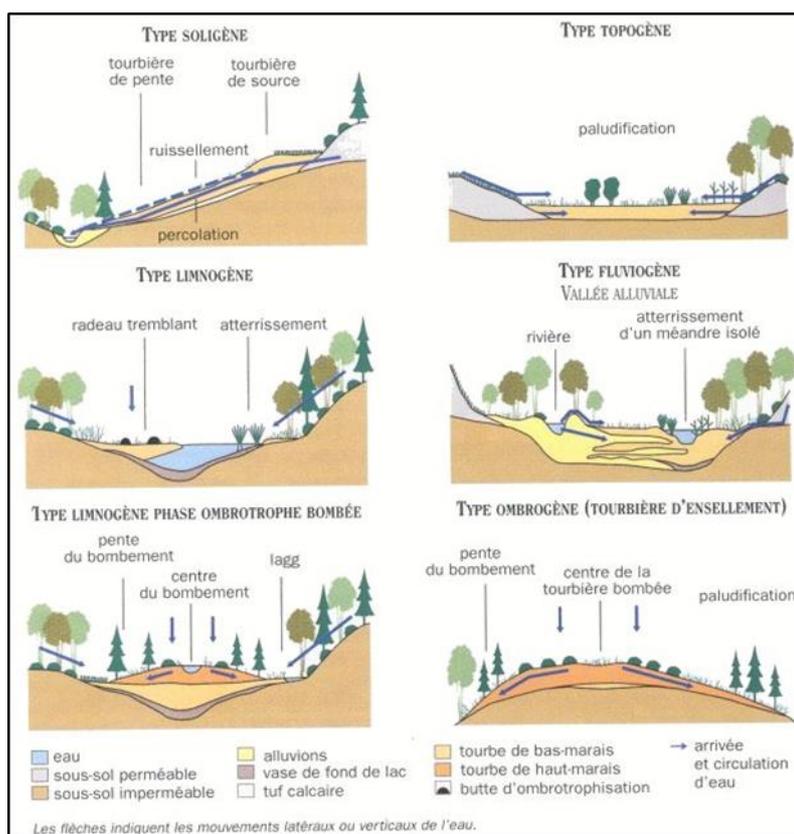


Figure 1 : Principaux types d'alimentation des tourbières en eau (Crassous & Karas, 2007)

La géologie particulière à l'origine des conditions hydrologiques alcalines en Wallonie se retrouve uniquement en Lorraine à la frontière des deux aquifères à nappe libre et captive du Luxembourg (Fig. 2) : l'aquifère de Florenville (couche dure perméable de grès, sable, calcaire) et l'aquiclude de Jamoigne (couche molle: marne et argile, Fig. 3).

Les bas-marais alcalins se trouvent généralement dans les dépressions des cuestas lorraines. Ces collines allongées à formation calcaire influencent le caractère alcalin du marais via l'eau qui y ruisselle plus ou moins longtemps et la nappe phréatique qui s'y forme présentant une eau basique chargée en carbonate de calcium.

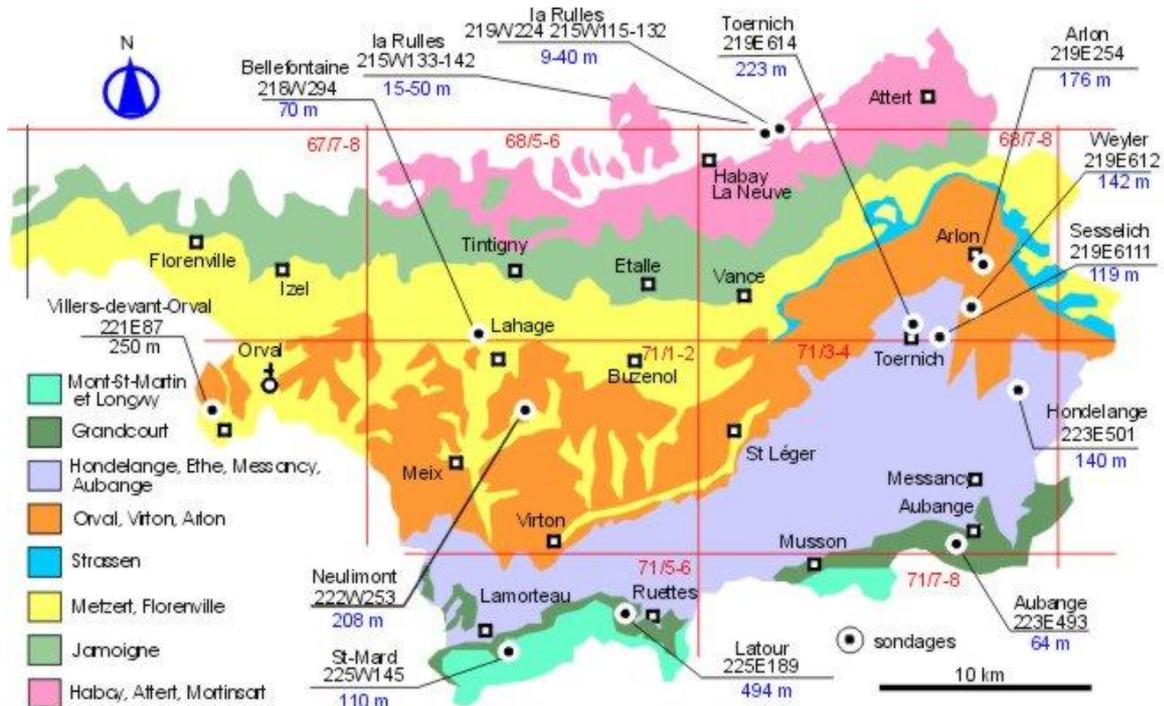


Figure 2. Carte géologique de la Lorraine belge avec la localisation des principaux sondages (Boulvain *et al.*, 2001)

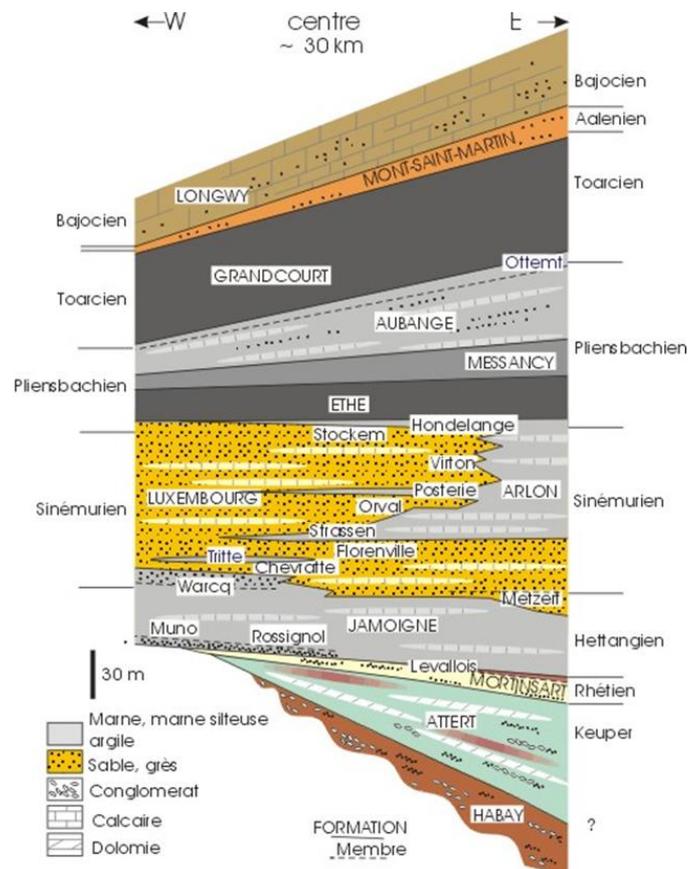


Figure 3. Stratigraphie de la Lorraine belge (Boulvain *et al.*, 2001).

1.3 Dynamique de l'habitat et pratiques/activités nécessaires à son existence

1.3.1 Dynamique de la végétation

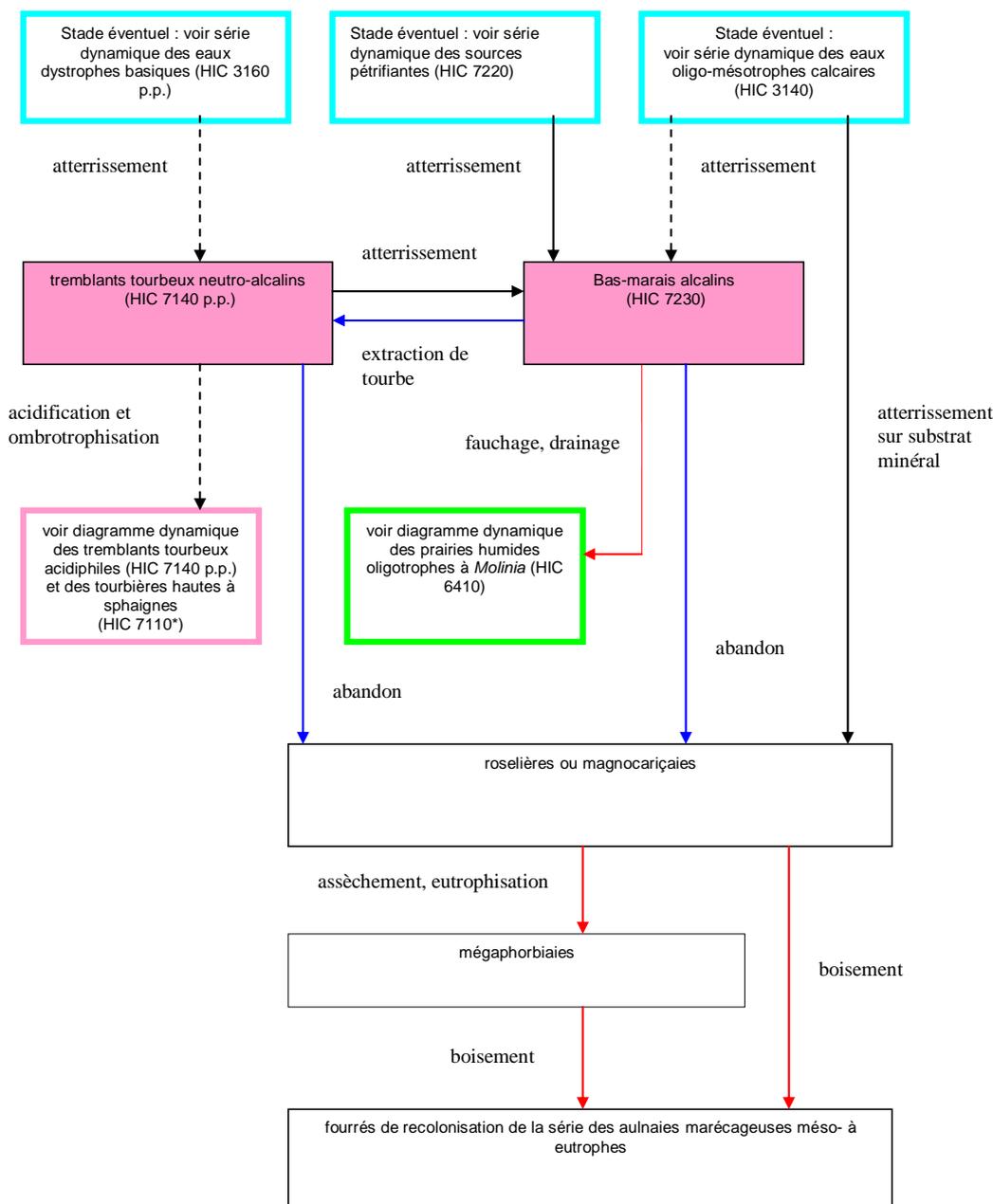


Figure 4. Diagramme évolutif des bas-marais alcalins (Frankard, 2017). Les flèches noires représentent l'évolution spontanée (trait continu) et spontanée possible (trait discontinu). Les flèches bleues représentent l'évolution liée à la gestion traditionnelle facilement réversible (trait continu). Enfin, les flèches rouges représentent l'évolution liée à l'abandon facilement réversible (trait continu).

Les bas-marais alcalins se forment selon deux processus : soit ils sont issus de l'atterrissement progressif de plans d'eau stagnante neutro-alcaline, notamment des anciennes fosses d'extraction de tourbe, soit ils s'installent directement sur le sol minéral, à la faveur de suintements sur des pentes marneuses (paludification). Soustraits à toute action d'entretien, ils évoluent progressivement, et plus ou moins rapidement, vers des magnocariçaies, des mégaphorbiaies (lorsque le niveau trophique est méso-eutrophe) ou des roselières (dans les sites les plus humides), puis finissent par se boiser.

Dans le cas des **roselières sèches** (Eunis D5.11), l'accumulation des tiges desséchées de phragmite conduit à un atterrissement progressif de la tourbière basse. Par rapport aux roselières « humides » (avec eau libre), le roseau se développe avec une moins grande vitalité dans ces stations ; la tige est souvent plus fine et moins haute. Ceci, combiné avec l'absence d'eau libre, explique leur moindre intérêt ornithologique, même si celui-ci est loin d'être négligeable (rousserolles notamment).

En Haute Semois, sur substrat argileux lourd ou sur alluvions de la Semois, mais aussi localement au contact du bas-marais alcalin, dans les zones drainées naturellement par une rivière, se forment des **mégaphorbiaies** à reine des prés (Eunis E5.412, 6430).

Les **magnocariçaies** (Eunis D5.21) qui découlent des bas-marais alcalins sont dominées par des espèces de laïches de grande taille (*Carex acuta*, *Carex acutiformis*, *Carex vesicaria*) qui peuvent former de vastes peuplements denses.

Ces diverses formations, y compris les bas-marais alcalins, peuvent être colonisées par des essences forestières de sols marécageux, principalement *Alnus glutinosa*, *Frangula alnus* ou *Salix* div. sp., qui amorcent la reconstitution de **saussaies marécageuses** (Eunis F9.2) puis **d'aulnaies marécageuses méso- à eutrophes** (Eunis G1.41) l'*Alnion glutinosae*.

Enfin, la dynamique d'accumulation de matière organique (tourbe) au sein des tourbières basses peut conduire à l'élévation progressive du niveau de la tourbière, qui se coupe progressivement de son approvisionnement en eau alcaline. Lorsque les précipitations le permettent, peut s'enclencher une dynamique d'évolution vers la **tourbière haute** (Eunis D1.11, 7110), marquée par l'apparition de sphaignes oligo-mésotrophes (ex. : *Sphagnum squarrosum*, *Sphagnum teres*, *Sphagnum warnstorffii*) au détriment des mousses brunes ainsi que d'espèces comme la canneberge (*Vaccinium oxycoccos*). Dans ce cas, les espèces typiques des bas-marais alcalins peuvent temporairement côtoyer des espèces des bas-marais acides ou des tourbières acidiphiles, jusqu'à ce que l'acidification du milieu engendrée par les sphaignes les élimine. La colonisation par le bouleau pubescent de ces tourbières devenant ombrotrophes conduit à la formation de **boulaies tourbeuses** (Eunis G1.51, 91D0).

Les différentes espèces de mousses brunes liées aux bas-marais alcalins nécessitent un apport de lumière au sol. Elles ne peuvent donc se maintenir que lorsque la végétation est basse et peu dense. L'évolution vers la magnocariçaie ou la mégaphorbiaie leur est donc néfaste.

1.3.2 Activités liés à l'existence des bas-marais alcalins

La présence des bas-marais alcalins est historiquement liée à un **régime de fauche traditionnel** avec parfois un peu de pâturage extensif (Sefferova *et al.*, 2008). Avant 1950, dans la vallée de la Semois, les marais étaient divisés en de nombreuses parcelles exploitées à la main par les habitants des villages. Les marais alcalins permettaient la production de foin ou de litière pour le bétail avec une à deux fauches manuelles sur l'année. A une époque où les engrais de ferme étaient rares, les engrais minéraux inexistantes et la production agricole limitée, les bas-marais alcalins étaient des milieux naturellement assez productifs, avec une production relativement constante d'une année à l'autre grâce à la présence constante d'eau. Leur importance était telle qu'ils ont été, au fur et à mesure des générations, subdivisés en milliers de petites parcelles cadastrales de quelques mètres de large sur plusieurs dizaines à centaines de mètres de long, perpendiculairement à l'axe de la vallée, permettant ainsi un accès indépendant à chaque parcelle en vue de sa fauche ou de l'exploitation de la tourbe. Ce régime de fauche permettait le maintien des bas-marais alcalins avec leur végétation basse de petites laïches et de mousses héliophiles.

Dans le passé, l'extraction de la tourbe comme combustible pour le chauffage ou comme support de culture faisait réapparaître les stades pionniers des végétations de tourbière, comme les tremblants (Fig. 5,6 et 7).



Figure 5. Extraction de la tourbe à Vance au début du 20^e siècle.



Figure 6. Extraction de la tourbe à Vance en 1912



Figure 7. Huile sur toile de Roger Greisch datant de 1944 et intitulée « marais de Vance » illustrant l'extraction de tourbe. Original au musée Gaumais à Virton



Figure 8. Vu aérienne du marais de Sampont en 1952, montrant au sud les fines parcelles perpendiculaires à la route Arlon -Etalle

1.4 Facteurs de qualité de l'habitat

Le tableau 1 reprend en l'état la méthode d'évaluation des états de conservation en indiquant les paramètres et les seuils des facteurs principaux de qualité de l'habitat, tel que prévus dans les anciennes versions des cahiers d'habitats (Frankard, non publié).

Tableau 1 Grille d'évaluation pour calculer l'état de conservation de l'habitat « bas-marais alcalin » selon la méthode du DEMNA

Indicateur	Etat de conservation			
	A - Bon	B - Satisfaisant	C - Dégradé	
Structure de l'habitat	Pelouse basse avec présence de nombreux <i>Carex</i> , ainsi que d'espèces de mousses pleurocarpes des milieux humides ; présence de stades pionniers aquatiques ou sur tourbe nue.	Pelouse basse avec présence de nombreux <i>Carex</i> , ainsi que d'espèces de mousses pleurocarpes des milieux humides ; pas de stades pionniers aquatiques ou sur tourbe nue.	Association uniquement présente à l'état fragmentaire.	
Flore	Espèces caractéristiques (hormis les bryophytes)	<i>Blysmus compressus</i> , <i>Carex dioica</i> , <i>Carex flava</i> , <i>Carex hostiana</i> , <i>Carex lepidocarpa</i> , <i>Carex panicea</i> , <i>Carex pulicaris</i> , <i>Dactylorhiza incarnata</i> , <i>Eriophorum gracile</i> , <i>Eriophorum latifolium</i> , <i>Eleocharis quinqueflora</i> , <i>Epipactis palustris</i> , <i>Gymnadenia conopsea</i> , <i>Juncus subnodulosus</i> , <i>Parnassia palustris</i> , <i>Triglochin palustre</i> .		
	Bryophytes caractéristiques	<i>Aneura pinguis</i> , <i>Calliergon giganteum</i> , <i>Fissidens adianthoides</i> , <i>Hamatocaulis vernicosus</i> , <i>Palustriella commutata</i> , <i>Scorpidium</i> spp., <i>Straminergon stramineum</i> , <i>Tomenthypnum nitens</i> , <i>Warnstorfia exannulata</i> .		
	Espèces compagnes	<i>Aconitum napellus</i> subsp. <i>lusitanicus</i> , <i>Carex lasiocarpa</i> , <i>Dactylorhiza majalis</i> , <i>Hydrocotyle vulgaris</i> , <i>Molinia caerulea</i> , <i>Ranunculus lingua</i> , <i>Selinum carvifolia</i> , <i>Succisa palustris</i> , <i>Thelypteris palustris</i> .		
	Richesse floristique	> 10 espèces caractéristiques ou compagnes	5 à 10 espèces caractéristiques ou compagnes	< 5 espèces caractéristiques ou compagnes
	Recouvrement des espèces caractéristiques	> 70%	50 à 70%	< 50%
Perturbations	Piétinement	Absent	Pas d'impact négatif	Impact négatif
	Flore envahissante	Présence de hautes herbes des milieux méso-eutrophes (<i>Aconitum napellus</i> subsp. <i>lusitanicus</i> , <i>Calystegia</i>		

sepium, Cicuta virosa, Eupatorium cannabinum, Filipendula ulmaria, Lysimachia vulgaris, Lythrum salicaria, Peucedanum palustre, Ranunculus lingua, Rumex hydrolapathum, Symphytum officinale).

< 10%	10 à 25%	> 25%
-------	----------	-------

Présence d'hélophytes à caractère envahissant (ex. : *Equisetum fluviatile, Glyceria maxima, Iris pseudacorus, Phalaris arundinacea, Phragmites australis, Sparganium erectum, Typha angustifolia, Typha latifolia*) et/ou de *Carex* du Magnocaricion (ex. : *Carex acutiformis, Carex appropinquata, Carex paniculata, Carex pseudocyperus*).

< 10%	10 à 25%	> 25%
-------	----------	-------

Embroussaillage/Boisement

< 10%	10 à 25%	> 25%
-------	----------	-------

Hydrologie

Drainage

nul	faible	important
-----	--------	-----------

Perturbation physico-chimique des eaux d'alimentation

nulle	faible	importante
-------	--------	------------

2 Situation historique et actuelle de l'habitat

2.1 Distribution et surface

2.1.1 Distribution actuelle (carte) en Europe

Les bas-marais alcalins se retrouvent dans la plupart des régions biogéographiques et dans 23 pays de l'Union Européenne. Plus de 60 % se trouvent dans les régions boréale et continentale avec 30 % de la surface totale en Pologne et en Estonie (Fig. 9).

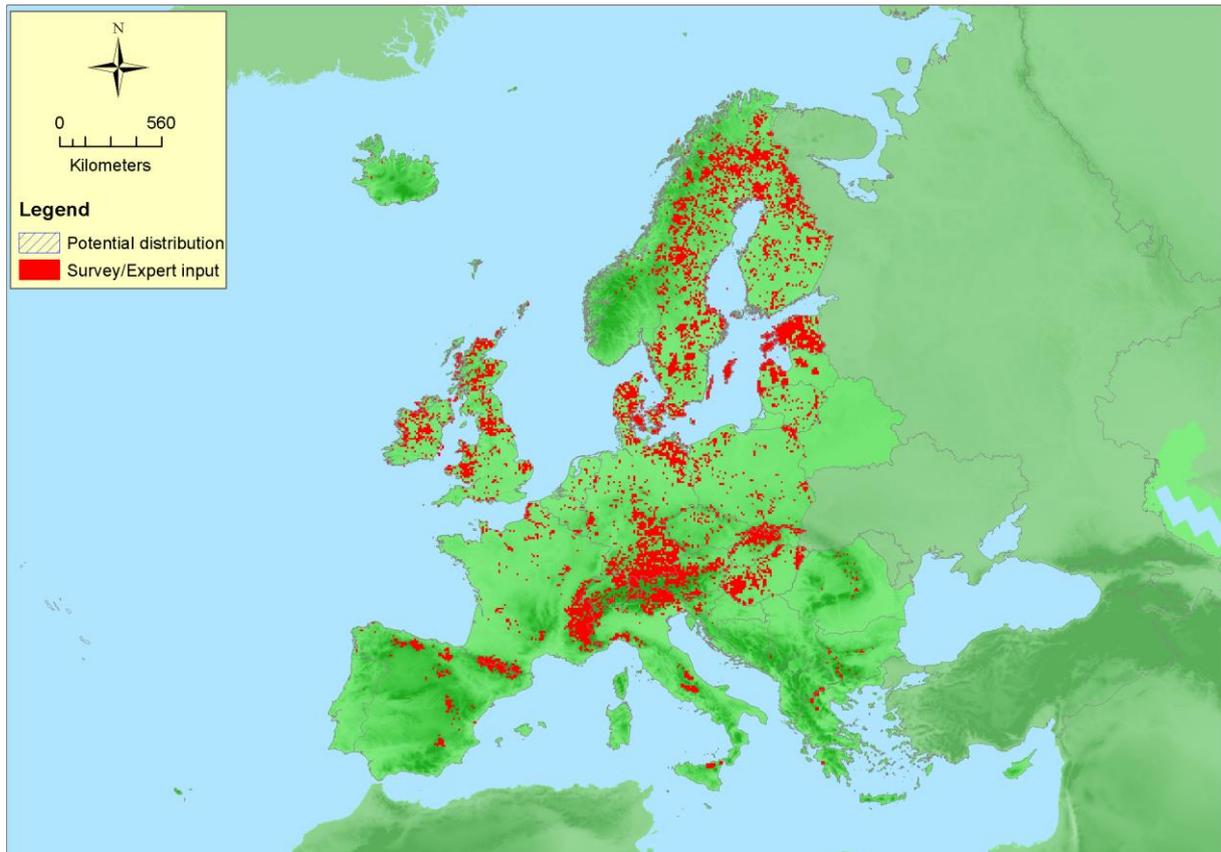


Figure 9 Distribution actuelle des bas-marais alcalins (+ sources pétrifiantes) en Europe (Hájek & Chytrý, 2016)

2.1.2 Distribution (carte) et surfaces en Wallonie

En Wallonie, l'habitat est limité à la Lorraine (Fig.10), où il est lié à des résurgences d'eau alcaline au contact de sables calcaires du Sinémurien surmontant une couche d'argile imperméable. La formation de tourbe est infra-aquatique.

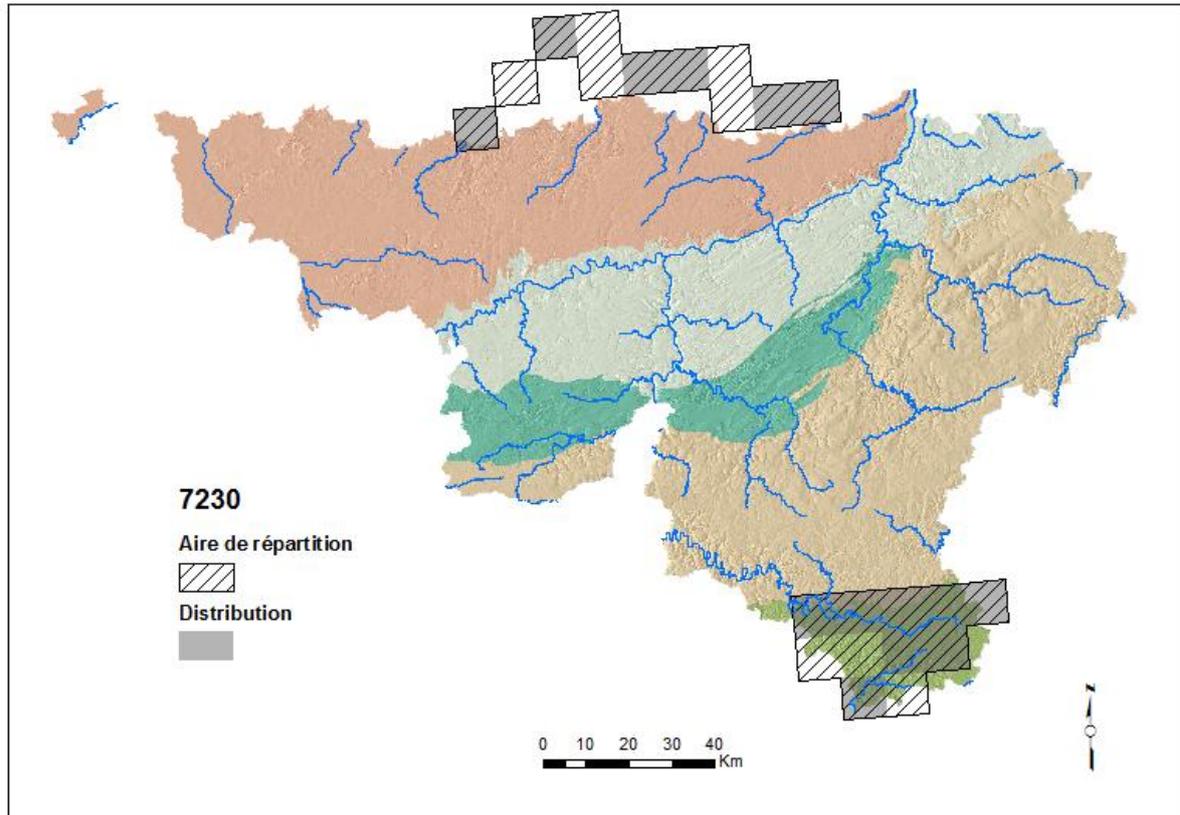


Figure 10. Répartition de l'habitat 7230 en Wallonie

La carte pédologique des sols tourbeux en Lorraine belge permet d'évaluer les surfaces historiques occupées par les bas-marais alcalins (Fig.11). Environ 650 hectares ont été cartographiés comme étant des sols tourbeux, auxquels on peut ajouter approximativement 150 ha de sols tourbeux dans le camp militaire de Lagland non cartographiés lors de l'établissement de la carte pédologique de Belgique, ce qui totalise environ 800 hectares de sols tourbeux pour la Lorraine belge.

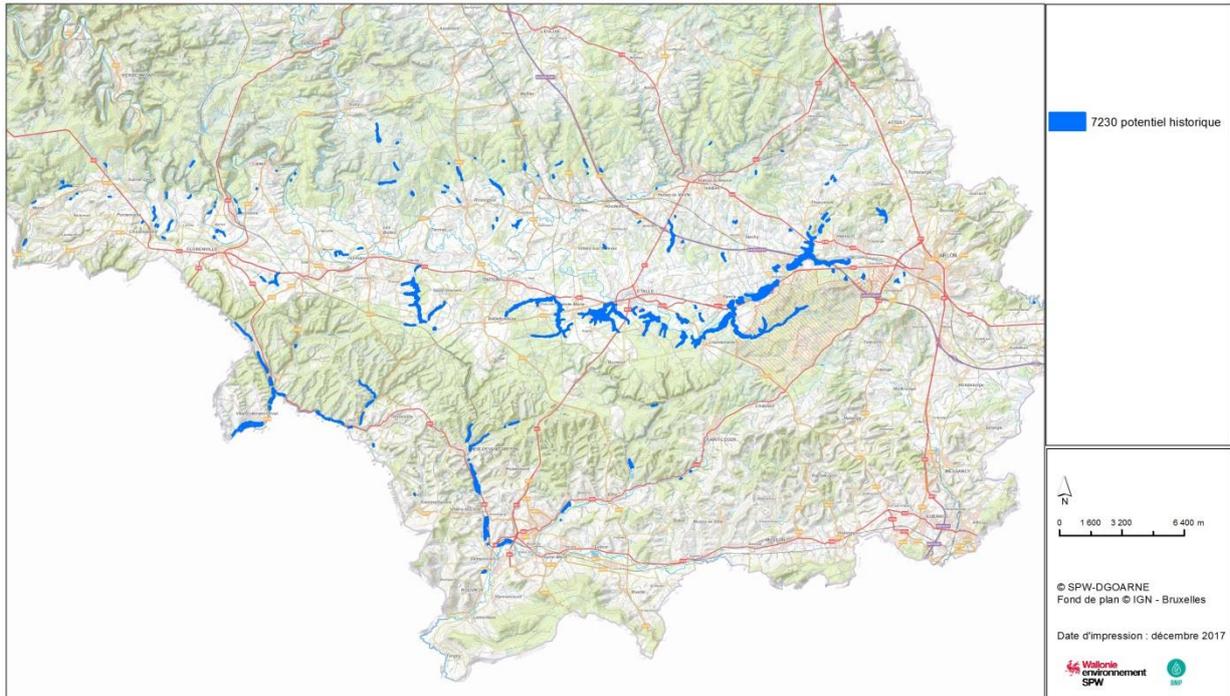


Figure 11 Carte pédologique des sols tourbeux en Lorraine représentant les surfaces potentielles historiques de cet habitat en Wallonie

Actuellement, il ne reste que 13 bas-marais alcalins au sens strict de la définition de l'habitat dans le bassin de la Semois, pour un total de seulement 16 hectares.

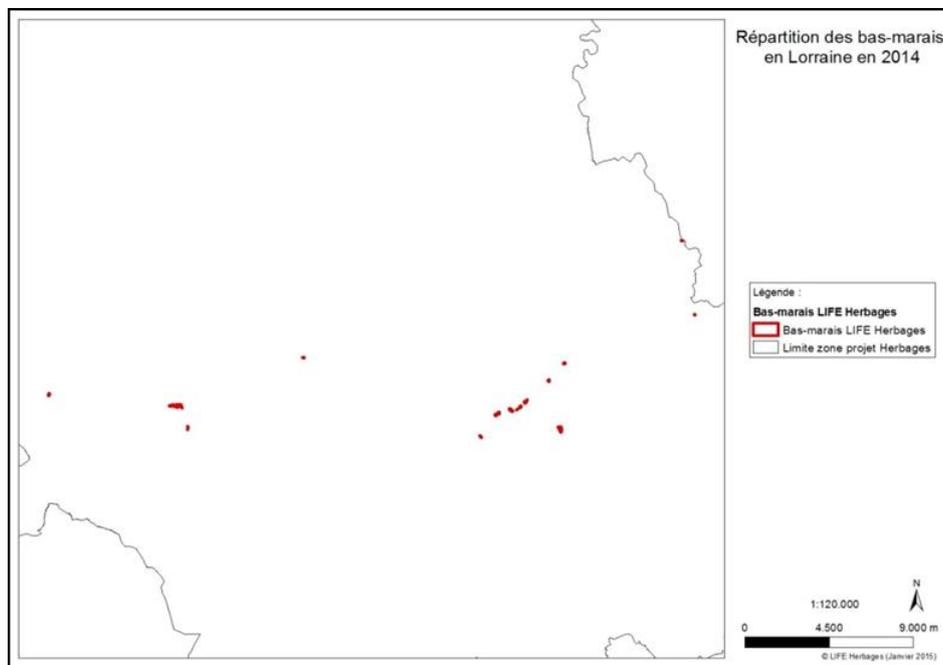


Figure 12. Répartition actuelle des bas-marais alcalins en Lorraine

Environ 400 ha peuvent être ciblés en première priorité pour la restauration de nouvelles surfaces (Fig. 13 et liste des sites à la section 6.1). Il faudra néanmoins réaliser des études écologiques et hydrologiques afin de préciser la surface totale qui pourra répondre strictement à la définition de l'habitat après restauration.

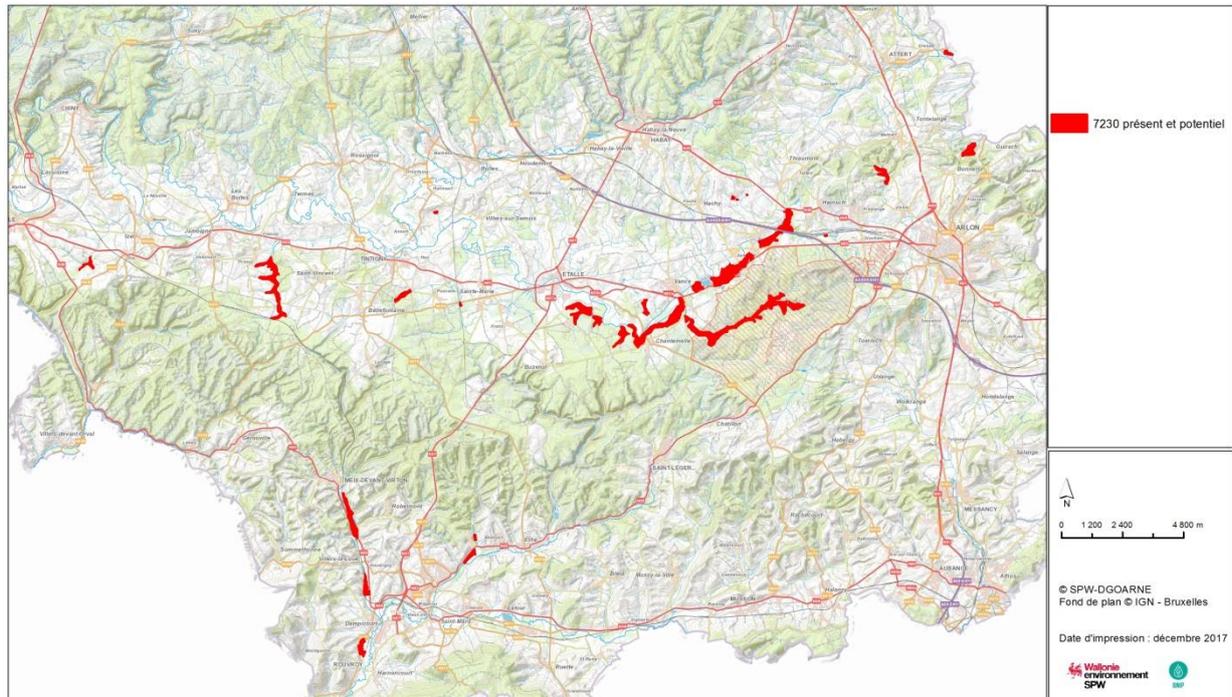


Figure 13. Surfaces existantes et potentielles (après restauration)

2.1.3 Proportion de la surface de l'habitat dans le réseau Natura 2000

La figure 14 présente le pourcentage de la surface totale des bas-marais alcalins qui se trouve dans le réseau Natura 2000 pour chaque pays membres de l'UE concernés.

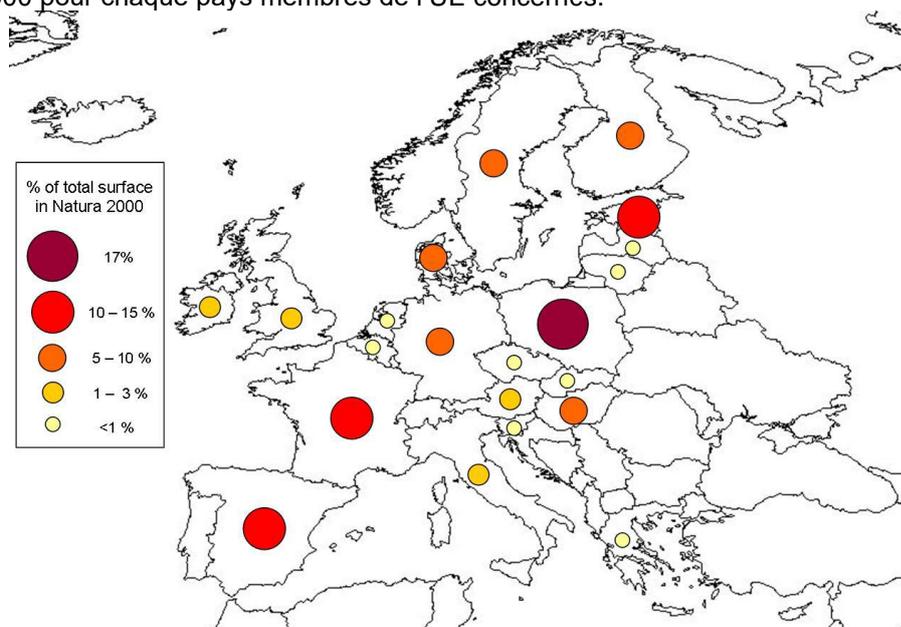


Figure 14. Distribution en pourcentage de la surface totale de bas-marais alcalins dans le réseau Natura 2000 en Europe (Sefferova *et al.*, 2008)

2.1.4 Facteurs explicatifs de la situation actuelle et menaces pesant sur le maintien des surfaces de l'habitat (principalement extrait des « Cahiers des habitats d'intérêt communautaire de Wallonie » (Frankard, 2017))

2.1.4.1 Activités humaines et drainage

Les milieux tourbeux sont fortement affectés par l'assèchement superficiel et la minéralisation de la tourbe résultant de son exploitation et surtout du **drainage** (Wastiaux, 2000).

Le drainage artificiel permet l'intensification des **pratiques agricoles** et la **production sylvicole** sur les marais et protège aussi des risques d'inondation dans les zones urbanisées (Sefferova *et al.*, 2008). Le drainage mis en place lors du siècle dernier a considérablement diminué la hauteur de la nappe phréatique et asséché de nombreux marais qui ont été ensuite transformés en terres arables ou forêts de production. Malheureusement, la majorité des drains installés par le passé, sont toujours en place.

La destruction directe de l'habitat menace encore certaines zones tourbeuses non-protégées, qui sont plantées où replantées (de résineux ou de peupliers) après drainage du sol. La récente réforme du Code forestier (2008), les mesures légales prises dans les sites Natura 2000 et les mesures garantissant l'accès aux fonds structurels européens du Plan de Développement Rural (PDR) limiteront toutefois à l'avenir les possibilités d'encore soumettre les tourbières à la sylviculture. Les zones tourbeuses de fonds de vallées peuvent aussi être détruites par le creusement d'étangs de pisciculture ou d'agrément.

Au cœur même des reliques de tourbières hautes intactes, on observe une régression des espèces typiques et le ralentissement de l'activité turfigène, notamment en raison de perturbations hydrologiques à leur périphérie (Jortay & Schumacker, 1988; Hindryckx, 1989, 1999; Frankard & Hindryckx, 1998). Dans les secteurs les plus dégradés, la dégradation ne se limite pas à la végétation de surface, mais touche également la tourbe en profondeur : la décomposition de la tourbe est affectée, les macro-restes et les pollens sont détruits.

Il faut toutefois signaler que pour certains habitats (bas-marais, landes tourbeuses, tourbières dégradées), une activité agricole modérée et respectueuse de l'habitat est possible voire souhaitée (fourniture de foin et/ou de litière, pâturage très extensif pour l'entretien des habitats). Dans le cas des bas-marais alcalins en Belgique, cette activité est même indispensable si on veut maintenir le stade « bas-marais » et éviter l'évolution vers l'aulnaie marécageuse ou la boulaie tourbeuse.

Le développement du système racinaire des arbres provoque une plus forte aération de la tourbe, entraînant sa dégradation. Le développement d'un couvert forestier entraîne également une augmentation de l'évapotranspiration, abaissant le niveau de la nappe phréatique (équivalent de 1 mm de précipitation par jour évaporé en plus entre une forêt marécageuse et un bas-marais en saison de végétation).

Il convient également de citer la pollution due aux sels de déneigement épandus sur le réseau routier en période hivernale (Defraiteur & Schumacker, 1988).

On peut ajouter que l'**eutrophisation** due aux **fertilisateurs** et **herbicides** mène à l'enrichissement de l'eau et à une modification des communautés végétales. On observe une augmentation de la disponibilité en nitrates et phosphates qui profite à certaines espèces compétitrices indésirables telles que le roseau (*Phragmites australis*) ou la glycérie aquatique (*Glyceria maxima*). La combinaison de l'eutrophisation et du drainage fait disparaître les espèces typiques du bas-marais alcalin (mousses, petites laïches), tandis que les espèces compétitrices indésirables et prairiales prennent le dessus. C'est notamment le cas lorsque la Semois (eutrophe) déborde dans les bas-marais et participe à l'enrichissement du marais. Cette eutrophisation est encore plus problématique lorsque le niveau d'eau du marais est trop bas (suite au drainage par exemple) car l'eau de la Semois parvient à pénétrer la

tourbe plus en profondeur que lorsque le niveau de la nappe reste affleurant (le mélange entre les eaux libres de surface et les eaux de la nappe aquifère est beaucoup plus difficile ou même inexistant dans ce cas).

Enfin, il faut aussi souligner que les activités humaines, comme le drainage, modifient la circulation de l'eau dans les sols et influencent donc le système hydrologique. Il en résulte le mélange d'eaux provenant de différentes origines, ce qui diminue l'influence de la nappe phréatique (alcaline pour les bas-marais alcalins) par rapport à l'influence des précipitations plus acides (Sefferova *et al.*, 2008). L'exploitation de sable ou de roches dans les carrières en bordure de marais peut également avoir une influence sur la résurgence de l'eau à cause d'une modification du relief. Le cheminement de l'eau peut se trouver changé et la quantité d'eau résurgente peut être diminuée par l'absence de pression exercée sur la nappe phréatique (ex : lorsque une colline entière est exploitée).

2.1.4.2 Retombées atmosphériques

La **pollution atmosphérique**, principalement azotée, menace surtout les milieux oligo-mésotrophes. On sait notamment que les charges critiques en azote sont d'environ 5 à 10 kg d'azote par hectare et par an pour les tourbières hautes à sphaignes, 10 à 15 kg d'azote par hectare et par an pour les bas-marais acides et les tourbières de transition, 15 à 30 kg d'azote par hectare et par an pour les bas-marais alcalins (Bobbink & Hettelingh, 2010), alors que les retombées sont actuellement de l'ordre de 15 à 20 kg d'azote par hectare et par an en moyenne (Ponton & Leclercq, 2007). L'importance des retombées azotées atmosphériques dépend aussi de la surface d'interception de la végétation, plus élevée dans le cas des forêts.

2.1.4.3 Abandon des pratiques agro-pastorale et reboisement spontané

Là où l'activité turfigène des tourbières hautes est ralentie et où les conditions hydriques sont perturbées, ou suite à **l'abandon ancien des activités agro-pastorales** qui ont créé puis maintenu les milieux semi-naturels (bas-marais, tourbières de transition), on constate une évolution de la végétation. Elle consiste en un reboisement spontané progressif par *Alnus glutinosa*, *Betula pubescens*, *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Salix* div. sp. ou en un envahissement par *Molinia caerulea* sur les sols acides ou encore par de hautes herbes (ex. : *Filipendula ulmaria*, *Phragmites australis*) dans les zones mésotrophes à eutrophes (Frankard & Hindryckx, 1998; Frankard, 2006). **Le reboisement spontané entraîne à son tour un abaissement de la nappe par augmentation de l'évapo-transpiration, dont l'effet est souvent plus important que celui du drainage** (Pyatt *et al.* 1992 ; Vompersky & Sirin 1997 ; Shotbolt *et al.* 1998). Il accentue aussi les retombées azotées suite à l'augmentation de l'interception des précipitations (brouillard) par le feuillage. S'il n'y a plus de fauche avec exportation, l'accumulation de litière provoque un déclin des espèces vasculaires et des bryophytes typiques des bas-marais alcalins (Bergamini *et al.*, 2001).

2.1.4.4 Changement climatique

Dans nos régions, les effets probables du changement climatique, seraient (Natural England and RSPB, 2014) :

- une augmentation de la température, surtout en périodes estivales (avec une augmentation de la fréquence des vagues de chaleur) ;
- peu de changements globaux du taux de précipitations annuelles, mais une modification de leur répartition, avec une augmentation des précipitations hivernales et une diminution de la pluviosité en été ;
- une augmentation des phénomènes d'évapotranspiration en été, provoquant des périodes de sécheresse prolongées ;
- une augmentation des épisodes de fortes chutes de pluie sous forme d'orages violents.

Ces changements climatiques pourraient menacer l'ensemble des milieux tourbeux puisqu'ils sont très sensibles à toute modification, tant qualitative que quantitative, de leur approvisionnement en eau (Schumacker *et al.*, 1996; Korn *et al.*, 2012; Natural England and RSPB, 2014). Les effets de ces changements climatiques sont toutefois très difficiles à prédire et pourraient varier fortement d'un endroit à l'autre, d'un habitat à l'autre. Les milieux tourbeux des plaines seraient toutefois plus menacés que ceux des plus hautes altitudes, à cause de l'augmentation des températures moyennes (Clark *et al.*, 2010; Gallego-Sala *et al.*, 2016).

On estime que les milieux tourbeux dégradés ou subissant de fortes pressions seront très vulnérables au réchauffement climatique. Ils n'ont en effet plus qu'une capacité affaiblie de résilience au changement, voire ont perdu cette capacité, car les activités humaines ont endommagé ou détruit les types de végétation permettant une telle résilience (Clark *et al.*, 2010; Natural England and RSPB, 2014). Dans ces habitats, les processus de dégradation seront exacerbés par l'augmentation des températures, des périodes de sécheresse et des événements climatiques extrêmes (Gallego-Sala *et al.*, 2016).

Les milieux intacts seraient nettement plus résilients, du moins à de petites modifications de la température. Diverses études paléo-écologiques ont d'ailleurs montré que les tourbières, au cours de leur existence depuis 11.000 ans, ont déjà subi des changements climatiques, parfois très brusques. Elles sont malgré tout restées des systèmes accumulateurs de tourbe, alternant des phases de forte accumulation et des phases de très faible accumulation (Lindsay, 2010, 2015; Streef *et al.*, 2014). Toutefois, les changements climatiques projetés pour le siècle prochain ont une amplitude plus importante que ceux subis par le passé par les tourbières et la réponse de ces dernières pourrait être différente (Gallego-Sala *et al.*, 2016).

L'augmentation de la température estivale combinée à une diminution des précipitations pourrait entraîner un abaissement durable de la nappe d'eau contenue dans la tourbe et un risque d'assèchement des habitats ainsi que l'apparition de crevasses et de phénomènes d'érosion dans les massifs tourbeux. La compétition serait accrue entre les espèces adaptées à des conditions de nappe basse et les espèces hautement spécialisées caractéristiques des milieux tourbeux. Ce phénomène pourrait mener à terme à la dominance de quelques espèces généralistes (molinie, ...) au détriment des espèces spécialistes. Cela rendrait aussi les tourbières plus sensibles aux risques d'incendies, qui augmenteraient encore la régression des communautés végétales et des espèces caractéristiques, au profit d'espèces pyrophytes. L'intensification de la fréquence des vagues de chaleur et des périodes de sécheresse a déjà des conséquences aujourd'hui sur l'augmentation de la fréquence des incendies accidentels dans les tourbières des régions boréales (Riordan *et al.*, 2006).

L'augmentation de la fréquence d'épisodes de fortes précipitations sous forme d'orages pourrait jouer un rôle dans l'érosion des massifs tourbeux, surtout dans les tourbières drainées et dégradées.

Les changements climatiques pourraient également affecter la biodiversité des tourbières avec, par exemple, une augmentation de la compétition entre les espèces boréo-montagnardes et les espèces plus méridionales, entraînant des pertes potentielles pour les espèces boréo-montagnardes (Natural England and RSPB, 2014).

Des études scientifiques récentes ont aussi montré que sous l'effet d'un réchauffement climatique, la végétation des tourbières tendrait à évoluer vers une domination des plantes vasculaires de la famille des éricacées et une régression des recouvrements en bryophytes (sphaignes, mousses pleurocarpes), avec comme conséquence que, de puits de carbone, les tourbières se transformeraient en source de carbone (Lindsay, 2010; Bragazza *et al.*, 2013). Par leurs fonctions de puits ou de sources de gaz à effet de serre, les tourbières pourraient dès lors jouer un rôle non-négligeable dans les changements climatiques futurs.

La restauration fonctionnelle des tourbières dégradées, et en particulier de leur hydrologie, est un enjeu majeur pour permettre à ces écosystèmes de lutter contre les changements climatiques (Lindsay, 2010). Elle augmentera la résilience des habitats et réduira leur vulnérabilité aux impacts de ces changements (Gallego-Sala *et al.*, 2016). Cela suppose notamment le retour à un paysage ouvert.

2.2 Qualité de l'habitat (structures et fonctions) dans les sites existants et pressions et menaces sur cette qualité

2.2.1 Etat de conservation des bas-marais alcalins

Un état des lieux des principaux bas-marais alcalins en Lorraine a été réalisé dans le cadre du projet LIFE Herbages en 2014. Sur base des données récoltées en 2014 et des données présentes dans les bases de données du DEMNA (OFFH), le calcul de l'état de conservation de chaque site a pu être réalisé (Tab.2 sur base de la grille d'évaluation présentée au point 1.4).

Tableau 2. Etat de conservation (EC) des principaux bas-marais alcalins de Lorraine en 2014 avec le détail de la cotation pour chaque critère à considérer.

Toponyme	Struct hab	Nb sp	Rec	Espèces	Hélophytes	Boisement	Pertu	EC
Marais de La Terme	B	C	C	C	A	B	B	B
Marais de Prouvy	C	C	C	C	C	B	C	C
La Plate-dessous-les-Monts	C	C	C	C	C	B	C	C
Marais de Chantemelle	C	B	C	C	C	A	B	C
Marais de Vance	A	A	C	B	C	B	C	B
Marais de Sampont	C	B	C	C	C	C	C	C
Marais de Fouches	B	B	C	C	C	B	C	C
Marais de Heinsch	C	B	C	C	C	B	C	C
Marais de Grendel	C	B	C	C	C	B	C	C
Marais de la Platinerie	B	A	C	B	A	B	B	B
Landbruch	C	B	C	C	C	B	C	C
Villers-Tortru	C	B	C	C	C	C	C	C
Marais de Rawez	C	B	C	C	B	B	B	C

On pourrait se demander si ce mauvais état de conservation n'est pas dû à des critères trop exigeants. Pour s'en assurer, l'état de conservation a été évalué pour les critères « espèces typiques » et

« espèces compagnes » sur base également des observations botaniques antérieures à 1980. Les résultats sont les suivants :

Tableau 3. Evaluation des critères « espèces typiques » et « espèces compagnes » avant 1980 et aujourd’hui.

Toponyme	Espèces caractéristiques		Espèces compagnes		Etat de conservation		
	Historique	Actuel	Historique	Actuel	Historique	Actuel	
Marais de La Terme	6	3	4	4	1 A	C	+Carex appropinquata
Marais de Prouvy / Rawez	8	3	5	5	3 A	B	+Carex appropinquata
Marais de Chantemelle	14	3	9	4	4 A	B	+Carex appropinquata, Pedicularis palustris
Marais de Vance	12	7	7	7	7 A	A	+Carex appropinquata, Pedicularis palustris
Marais de Sampont + Villers Tortrue	9	3	7	2	2 A	C	+Carex appropinquata, Pedicularis palustris
Marais de Fouches	7	5	8	5	5 A	A	+Carex appropinquata
Marais de Heinsch	12	5	6	4	4 A	B	+Carex appropinquata
Marais de la Platinerie	10	7			A	B	+Carex davalliana, C.appropinquata
Landbruch	14	4	9	8	8 A	A	+Carex appropinquata, Liparis loeselii, Pedicularis palustris
Grendel	6	3	4	3	3 A	B	+Carex appropinquata
Gilbaupont + Fagne du Plane	14	1	5	2	2 A	C	+Carex appropinquata
Marais de Meix	6	0	2	1	1 B	D	+Carex appropinquata.

On voit que la quasi-totalité des sites étaient en bon état de conservation jusqu’au moment de l’abandon de leur utilisation agro-pastorale en seconde moitié du 20^e siècle.

Historiquement, les espèces végétales liées aux bas-marais alcalins étaient réparties dans l’ensemble du bassin de la Semois, mais également dans les bassins de la Chiers et de la Sûre (Fig. 15). Aujourd’hui (d’après les données existantes depuis 2004), la distribution des espèces végétales typiques des bas-marais alcalins se limite principalement au bassin de la Semois, excepté quelques rares observations dans le bassin de la Chiers.

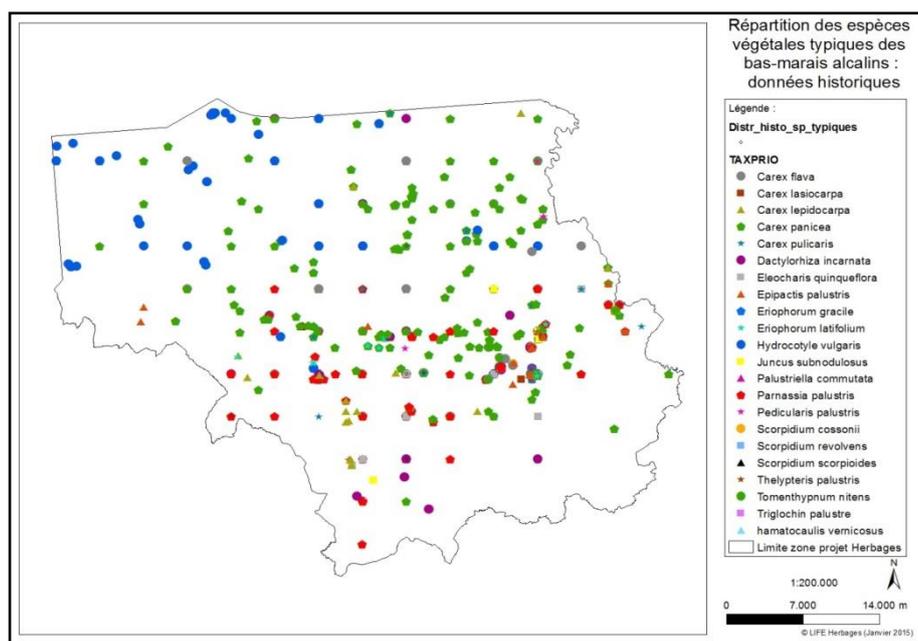


Figure 15. Répartition historique (20^e siècle) des espèces typiques des bas-marais alcalins. Les données proviennent de l’atlas de la flore et de la base de données du DEMNA.

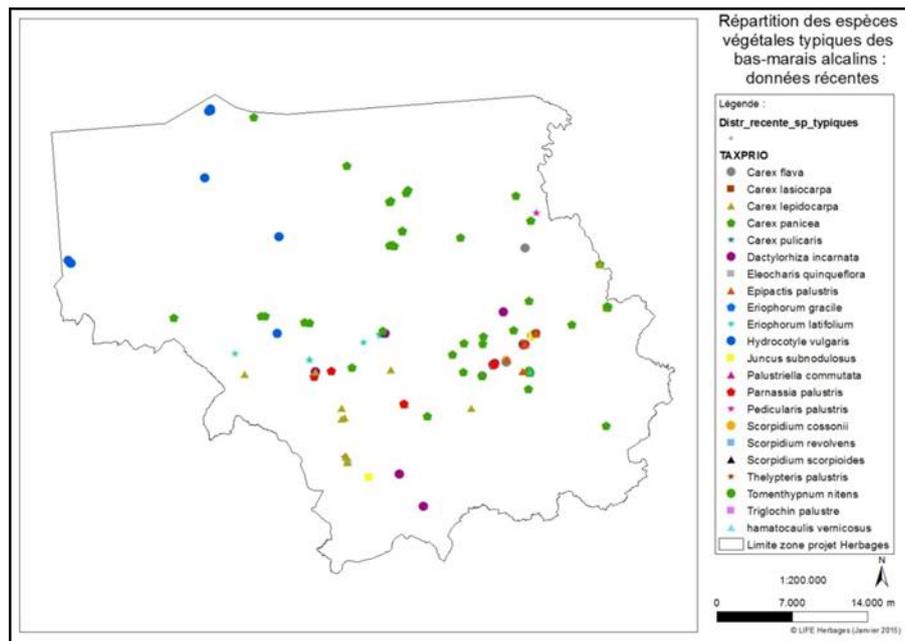


Figure 16. Répartition actuelle (depuis 2004) des espèces typiques des bas-marais alcalins. Les données proviennent de la base de données du DEMNA.

Le tableau 4 ci-dessous présente l'état de conservation des espèces typiques des bas-marais. Pour chacune d'elles, différentes informations ont été récoltées : nombre de stations dans les bas-marais ; taille minimale des populations ; taille maximale des populations ; et nombre de populations dont le nombre d'individus est supérieur à 500.

La taille minimale de certaines populations est de 2 individus. Cela est lié au manque d'informations disponibles dans les bases de données : certaines espèces ne sont notées que comme étant « présentes », on ne connaît donc pas le nombre d'individus observés.

Par ailleurs, la taille maximale des populations d'espèces de bryophytes est notée par un « x » lorsqu'on connaît leur présence, mais pas la taille des populations observées.

Le seuil de viabilité d'une population étant de minimum 500 individus, on peut voir que seules deux espèces typiques des bas-marais ont une taille de population viable à long terme : *Parnassia palustris* et *Pedicularis palustris*. Cependant, ces espèces ne sont plus présentes que sur un ou deux sites, ce qui risque de se traduire par une dérive génétique, et une diminution de la taille des populations.

Tableau 4. Etat des lieux des populations d'espèces typiques des bas-marais alcalins en 2015

Nom espèces	Nombre stations	Taille min popu	Taille max popu	Nb popu > 500 ind
<i>Carex flava</i>	4	2	50	0
<i>Carex lasiocarpa</i>	1	5	5	0
<i>Carex lepidocarpa</i>	10	2	200	0
<i>Carex panicea</i>	3	2	5	0
<i>Carex pulicaris</i>	2	2	20	0
<i>Dactylorhiza incarnata</i>	8	2	98	0
<i>Epipactis palustris</i>	6	2	230	0
<i>Eriophorum latifolium</i>	10	2	75	0

<i>Hamatocaulis</i>	1	2	x	0
<i>Palustriella commutata</i>	1	2	x	0
<i>Parnassia palustris</i>	2	25	736	1
<i>Pedicularis palustris</i>	1	2	501	1
<i>Scorpidium cossonii</i>	1	2	x	0
<i>Scorpidium scorpioides</i>	1	2	x	0
<i>Tomentypnum nitens</i>	2	2	x	0

3 Services écosystémiques liés à l'habitat et enjeux socio-économiques (extrait des « Cahiers des habitats d'intérêt communautaire de Wallonie » (Frankard, 2017))

3.1 Services écosystémiques

3.1.1 Services de production

Les sols tourbeux constituent des sols marginaux en Wallonie, offrant très peu de potentialités économiques. Ces milieux ont toutefois été intégrés dans l'ancienne économie rurale et l'exploitation de leurs maigres ressources a fait l'objet d'usages traditionnels extensifs variés, aujourd'hui pour la plupart abandonnés (ex. : exploitation de la tourbe, fauchage, stiernage, pâturage extensif, essartage).

L'extraction de tourbe pour le chauffage ou l'horticulture n'a pas (ou plus) d'intérêt économique en Wallonie. Il est également admis aujourd'hui que la sylviculture, tant feuillue que résineuse, n'a pas d'avenir sur les sols tourbeux, les coûts liés à la plantation, au drainage et à l'entretien des peuplements étant souvent supérieurs au revenu espéré (Claessens *et al.*, 2001). De plus, les risques de chablis et de dégâts dus aux scolytes, notamment l'ips typographe (*Ips typographus*), sont très importants dans les plantations d'essences résineuses sur tourbe qui, bien souvent, subsistent plus qu'elles ne se développent, ce qui limite encore davantage l'intérêt d'une tentative de valorisation sylvicole. L'intérêt agricole de la plupart des zones tourbeuses est également très faible. Dans le cas des bas-marais alcalins, la productivité naturelle est relativement élevée par rapport aux autres types de tourbière (+/- 3 tonnes MS/ha en l'absence de fertilisation (Pauli *et al.*, 2002)). Des bas-marais de grande superficie ont ainsi pu être drainés et cultivés, cas de figure que l'on ne retrouve pas pour les tourbières acides.

3.1.2 Services de régulation (climatique, protection des sols, des eaux, ...)

3.1.2.1 Les tourbières, puits de carbone

À l'échelle planétaire, les tourbières jouent un très grand rôle en tant que puits de carbone et contribuent à réguler naturellement le climat. En raison de l'engorgement permanent associé à des températures fraîches et à une faible diffusion de l'oxygène, les conditions sont fortement asphyxiantes (anoxiques) au sein des tourbières et l'activité microbienne y est fortement limitée, ce qui implique une faible décomposition et une forte accumulation de matière organique sous forme de tourbe. D'importantes quantités de carbone s'y retrouvent donc séquestrées durablement. On estime ainsi que les tourbières, qui représentent à l'échelle mondiale près de 3 % des terres émergées, ont accumulé, depuis la fin de la dernière glaciation, environ 450 Gt de carbone (Laine *et al.*, 1996; Joosten *et al.*, 2016). Ce stock de carbone représenterait plus de 20 % de celui contenu dans l'ensemble des sols

mondiaux, bien plus que celui contenu dans la biomasse de la totalité des forêts du monde et 60 % de tout le carbone atmosphérique (Joosten *et al.*, 2016).

Les stades pionniers aquatiques des tourbières sont toutefois des sources importantes de méthane, un autre gaz à effet de serre, mais au fur et à mesure de leur évolution vers des stades plus développés, l'accumulation de carbone finit par surpasser ces émissions exprimées en équivalents CO₂ (Charman, 2002).

À l'inverse, les tourbières dégradées par les activités humaines constituent des sources importantes de gaz à effet de serre (gaz carbonique et méthane). À l'échelle mondiale, les émissions de CO₂ liées à la dégradation des milieux tourbeux sont estimées à 2 à 3 milliards de tonnes par an, soit plus de 10 % du total des émissions (Couwenberg, 2009). La moitié de ces émissions proviennent de l'Asie du Sud-Est où les taux de déforestation et de drainage, liés notamment à des plantations de riz ou de palmier à huile, sont élevés. En particulier, en Indonésie (qui est le troisième pays au monde abritant les plus vastes superficies tourbeuses, après la Russie et le Canada), 95 % des tourbières sont dégradées et celles-ci sont responsables de plus de 60 % des émissions totales de gaz à effet de serre du pays. D'immenses incendies y ont fait brûler la tourbe asséchée. Après l'Indonésie, c'est l'Union européenne qui est le deuxième plus grand émetteur mondial de gaz à effet de serre provenant des tourbières (Joosten *et al.*, 2016). La préservation durable des écosystèmes tourbeux est donc primordiale dans un cadre global dépassant largement la seule protection de la biodiversité.

3.1.2.2 Les tourbières et le micro-climat

Si le climat agit sur la genèse et le développement des tourbières, celles-ci jouent aussi un rôle dans la régulation des conditions climatiques à l'échelle locale, qui se manifeste par la constitution d'un micro-climat froid et humide à leurs abords. L'importance de l'évapotranspiration en zones de tourbières conduit en effet à un accroissement de l'humidité de l'air et, du fait de la consommation d'énergie qui y est liée, à un refroidissement de l'air qui les surplombe (Cholet & Magnon, 2010).

3.1.2.3 Les fonctions hydrologiques des tourbières

Les tourbières ont une très grande capacité de stockage de l'eau (la tourbe est constituée d'environ 90 % d'eau en volume). Seule une très faible proportion de l'eau stockée est toutefois échangée avec le milieu environnant et le rôle des tourbières dans la régulation des eaux (effet tampon des crues, soutien d'étiage) a souvent été exagéré (Charman, 2002; Wastiaux, 2008). Dans les tourbières épaisses, la masse principale de la tourbière (le catotélme) contient une grande quantité d'eau, mais cette eau est piégée *quasi* en permanence car la conductivité hydraulique est très faible¹. De ce fait, la capacité des tourbières à transmettre cette eau vers l'aval ou en profondeur est fortement limitée. Les échanges d'eau ont essentiellement lieu dans la partie supérieure peu épaisse (quelques dizaines de centimètres) des tourbières, comportant la végétation vivante, les plantes mortes peu décomposées et la tourbe superficielle encore peu humifiée (l'acrotélme). Il en résulte que les tourbières sont des milieux qui sont toujours proches de la saturation hydrique et que, seule, une petite partie des précipitations qui tombent sur ces milieux peut être stockée dans l'acrotélme. Une fois que celui-ci est saturé en eau, le reste des précipitations est évacué sous forme d'écoulement rapide de crue. De ce fait, le rôle des tourbières dans la régulation des crues et le soutien des étiages est généralement assez négligeable. Toutefois, au sein de tourbières dégradées, un drainage important peut à long terme changer considérablement la structure du sol et entraîner la formation de réseaux de canalisations souterraines et de macropores

¹ Au sein des horizons tourbeux des tourbières hautes actives, on distingue deux couches aux fonctions différentes : une couche supérieure (acrotélme) 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, et une couche inférieure (catotélme), souvent très épaisse, inerte, où l'eau est piégée en permanence et où il n'y a presque pas de dégradation de la tourbe (Ingram 1978).

dans le catotélme. Ces canalisations et macropores favorisent l'exportation de grandes quantités d'eau à l'extérieur de la tourbière, ce qui peut localement augmenter les risques d'inondation en aval. Des études montrent aussi que certaines tourbières, se développant principalement dans les fonds de vallées, les grandes plaines alluviales ou les régions côtières (bas-marais ou tourbières boisées), peuvent avoir une action plus importante en terme de régulation des eaux, notamment en ce qui concerne l'atténuation temporaire des crues (Charman, 2002; Crassous & Karas, 2007; Bonn et al., 2016).

Les tourbières jouent aussi un rôle de filtration et d'épuration des eaux (dénitrification, piégeage et stockage de sédiments et de nutriments, filtration des polluants). L'impact des tourbières dans la régulation de la qualité de l'eau varie ainsi fortement en fonction du type d'habitat. Le rôle des tourbières hautes, alimentées exclusivement par les précipitations, est par exemple très différent de celui des bas-marais alimentés en eau par les précipitations et par des apports latéraux en provenance des milieux environnants ; et le rôle des tourbières drainées est moindre que celui des tourbières intactes (Price *et al.*, 2016). La régression de la couverture en sphaignes dans les tourbières du Peak District (Angleterre), liée à la combinaison de la pollution atmosphérique et de la dégradation des sites (drainage, ...), a par exemple provoqué la réduction de la rétention de l'azote atmosphérique et un lessivage des nitrates dans les eaux d'écoulement (Curtis *et al.*, 2005). Les tourbières influencent également la qualité de l'eau par leur propriété de libérer du carbone organique dissous (DOC), généré par la décomposition incomplète de la matière organique en conditions d'anaérobiose. Ce phénomène est généralement considéré comme une propriété négative en termes de fourniture d'eau potable, car il entraîne une nécessité de traitement de l'eau avant consommation. Ces dernières décades, on a mis en évidence que les concentrations en DOC augmentent dans les eaux issues des tourbières dégradées et il est clair aujourd'hui que la dégradation des tourbières a globalement un impact néfaste sur les fonctions de régulation de la qualité de l'eau des tourbières (Price *et al.*, 2016).

3.1.3 Services culturels et sociaux

3.1.3.1 Valeur scientifique

Les tourbières, surtout les tourbières hautes, présentent une grande valeur paléo-écologique, archéologique et ethnologique. Grâce aux conditions d'anaérobiose qui règnent dans leur sol, elles sont d'excellents milieux qui piègent, fossilisent et conservent de nombreuses particules (pollens, spores, micro-algues, thécamoebiens, éléments chimiques, notamment) ou macro-restes (fragments végétaux ou animaux, bois, infrastructures humaines, notamment). Elles constituent de véritables archives écologiques. En particulier, les tourbières sont d'excellents enregistreurs des biocénoses et des climats qui se sont succédés ces onze derniers milliers d'années, ainsi que des actions humaines des époques passées. L'étude de carottes de tourbe a ainsi grandement contribué à la compréhension des changements climatiques qui se sont produits depuis la fin de la dernière glaciation (Woillard, 1971). La découverte de macro-restes d'origine anthropique (infrastructures routières, charrettes, barques, voire corps humains dans certaines tourbières européennes) a aussi permis de mieux comprendre l'organisation et le fonctionnement des civilisations humaines du Mésolithique jusqu'à l'époque actuelle. En Wallonie, les premières traces d'occupation humaine dans les zones tourbeuses apparaissent au Néolithique, au cours du Subboréal (-5500/-3000 ans) et deviennent plus abondantes puis continues à partir du Subatlantique (< -3000 ans) (Damblon, 1969, 1996). L'implantation humaine s'est toutefois principalement limitée à la périphérie des grandes zones tourbeuses, car les conditions de vie y étaient trop inhospitalières (Schumacker & Streel 1994). Néanmoins, leurs ressources ont été exploitées par les populations locales (pâturage extensif, production de foin, exploitation du bois et de la tourbe, ...) et des voies de communication les ont traversées.

3.1.3.2 Valeur récréative et éducative

Du fait de leurs caractéristiques paysagères (vastes paysages ouverts ou semi-ouverts, présence de plans d'eau), de leur caractère « sauvage » (zones marécageuses difficilement praticables, fréquence

des brouillards, par exemple), de l'originalité de leur flore et de leur faune (ex. : rareté, adaptations spectaculaires et fascinantes comme les plantes carnivores), les tourbières exercent sur beaucoup de gens un important attrait émotionnel. Mais cet attrait est assez récent. Avant les XVIII^e - XIX^e siècles, les milieux tourbeux étaient surtout perçus comme des régions inhospitalières et dangereuses.

Le plus fort potentiel économique des tourbières est donc sans doute le tourisme. En de nombreux endroits, des expositions permanentes, des sentiers de découverte et des visites guidées se développent autour de ces biotopes qui, malgré leur fragilité, sont particulièrement attractifs sur le plan récréatif et intéressants sur le plan de l'éducation à l'environnement. Le développement des activités récréatives et éducatives doit cependant être soigneusement encadré, afin d'éviter des dégâts difficilement réversibles dus au piétinement ou au dérangement de la faune.

3.1.3.3 Valeur culturelle

Les tourbières et marais occupent encore l'imaginaire collectif, depuis des temps immémoriaux. Elles ont alimenté la toponymie, le folklore (refuges de monstres et de créatures malfaisantes), la littérature (contes, légendes et, plus récemment, guides touristiques et livres richement illustrés par les photographes naturalistes), la peinture.

3.2 Enjeux socio-économiques

La gestion et la restauration des bas-marais alcalins sont rendues coûteuses par la difficulté d'y travailler. Il faut, soit pouvoir amortir le coût d'un matériel spécifique adapté à ce milieu (tracteurs légers, roues jumelées, roues cages, plateaux, ...), soit pouvoir payer le coût d'une main d'œuvre manuelle lorsque l'utilisation de machines est impossible. Dans le même temps, il n'est pas toujours facile de valoriser financièrement le produit de la fauche souvent constitué de foin mouillé et de mauvaise qualité fourragère (laïches, roseaux, joncs, massettes). L'embourbement, les casses mécaniques, les accès aux sites, ainsi que l'influence du castor sont aussi des éléments décourageants. Il est donc difficile de trouver des agriculteurs prêts à prendre en charge la gestion de ces sites. Il faut dès lors développer des solutions innovantes pour assurer la gestion récurrente (c.f. section 5.2.3.1 et 5.2.3.2).

A cela s'ajoutent les spéculations financières autour de l'achat des nouvelles parcelles pour la création de réserves naturelles. S'il n'existe plus trop de conflits par rapport à la production sylvicole ou agricole sur ces milieux peu adaptés, certains propriétaires sont encore intéressés d'acheter ces terrains comme sites à remblais (constructions, terres incultes, décharge, déchets de carrières, ...). Une fois remblayés, ces sites deviennent intéressants pour les promoteurs immobiliers qui y construisent des logements. Chaque marais dédié à la conservation de la nature est donc un site en moins disponible pour l'activité économique et immobilière locale. Il faut donc préciser que restaurer et conserver les bas-marais alcalins n'offre pas d'avantage économique.

4 Analyse du contexte légal actuel, des actions et mesures prises et des bonnes pratiques

4.1 Contexte légal

4.1.1 Cadre juridique international

Les bas-marais alcalins sont repris en annexe I de la Directive Habitats, code EUR15 7230
Conventions internationales (espèces), Directives Natura 2000, autres ?

Ex. : habitat prioritaire repris à l'annexe I de la Directive Habitats

4.1.2 Statut légal de l'habitat en Wallonie

Il n'existe pas en Wallonie de protection légale des habitats, comme il en existe pour les espèces dans la loi sur la conservation de la nature. Une protection légale de certains habitats existe par exemple au Grand Duché de Luxembourg (article 17 de la loi sur la conservation de la nature <http://legilux.public.lu/eli/etat/leg/memorial/2004/10#page=5>) ou en Allemagne (article 30 Bundesnaturschutzgesetz <https://dejure.org/gesetze/BNatSchG/30.html>)

Une protection légale est prévue indirectement via l'unité de gestion 2 des arrêtés de désignation, uniquement pour les bas-marais alcalins en site Natura 2000. L'arrêté catalogue prévoit en effet un classement en UG2 de l'habitat 7230.

En cas de présence d'espèces strictement protégées, la protection bénéficie à l'habitat.

4.1.3 Mesures légales existantes ayant un impact positif pour la protection de l'habitat en Wallonie

Dans l'UG 2 (unité de gestion "Milieux ouverts prioritaires") :

1° sont interdits :

- a) le stockage, l'épandage de tout amendement et de tout engrais minéral ou organique, dont fumiers, fientes, purins, lisiers, composts, boues d'épuration, gadoues de fosses septiques;
- b) le sursemis en prairies sauf pour les travaux ponctuels et localisés de restauration de dégâts de sangliers ;
- c) tout pâturage et toute fauche entre le 1^{er} novembre et le 15 juin, sauf lorsque ces actes sont prévus dans un plan de gestion ;
- d) les modifications du relief du sol. Ne sont pas visés les rechargements ;
- e) toute fauche qui ne maintiendrait pas des bandes refuges non-fauchées représentant au moins 5 % de la surface totale de la parcelle. En cas de présence de cours d'eau, de haies, d'alignements d'arbres, ces bandes refuges devront être maintenues le long de ces éléments ;

2° est soumis à autorisation du directeur :

l'affouragement du bétail;

3° sont soumis à notification préalable au directeur :

- a) le sursemis en prairies lorsqu'il s'agit de travaux ponctuels et localisés de restauration de dégâts de sangliers ;
- b) toute plantation ou replantation d'arbres ou d'arbustes. Cette mesure ne vise pas la replantation de peupliers distants de minimum sept mètres entre eux.

CodT – permis urbanisme, plan de secteur
Code forestier

Art. 40. A l'exception des régénérations artificielles le long d'allées ou sur des surfaces inférieures à cinquante ares d'un seul tenant par tranche de cinq hectares de bois et forêts d'un même propriétaire, toute régénération artificielle au moyen d'essences qui ne sont pas en conditions optimales ou tolérées, selon le fichier écologique des essences édité par le Gouvernement, est interdite, sauf dérogation arrêtée par le Gouvernement.

Selon le fichier écologique des essences, aucune essence n'est en optimum dans les bas-marais alcalins et les essences suivantes sont en conditions tolérées: aulne glutineux, bouleau pubescent. <https://www.fichierologique.be/#/>



Art. 43. Pour toute nouvelle régénération, il est interdit de drainer ou d'entretenir un drain sur une bande de vingt-cinq mètres de part et d'autre des cours d'eau, à moins de vingt-cinq mètres autour des sources et des zones de suintement, à moins de cent mètres autour des puits de captage, à moins de cent mètres autour des lacs de barrage et dans les sols tourbeux, paratourbeux et hydromorphes à nappe permanente, tels que déterminés par la carte pédologique de Wallonie.

4.1.4 Evaluation du contexte légal wallon

4.1.5 Statut de protection de l'habitat ailleurs en Europe

Grand Duché de Luxembourg (article 17 de la loi sur la conservation de la nature
<http://legilux.public.lu/eli/etat/leg/memorial/2004/10#page=5>)

Allemagne (article 30 Bundesnaturschutzgesetz <https://dejure.org/gesetze/BNatSchG/30.html>)

4.2 Mesures incitatives à la bonne gestion

Mesures agro-environnementales.

Aides aux réserves naturelles agréées.

4.3 Actions et bonnes pratiques de gestion et restauration déjà entreprises

4.3.1 En Wallonie

Mesures et bonnes pratiques de gestion/restauration mises en œuvre en Wallonie :

Habitats : faire le bilan des mesures et bonnes pratiques

- visant spécifiquement l'habitat ;
- visant indirectement l'habitat ou actions plus larges favorables à l'habitat :
 - o Actions sur des écosystèmes plus larges ou des matrices paysagères englobant l'habitat ;
 - o Actions sur des espèces (ex. espèces typiques), favorables à l'habitat.

Pour chaque type de mesure/bonne pratique (sous forme de fiche, en annexe) :

- description technique ;
- dans quel cadre (Life, réserve naturelle, restauration N2000, MAE) ;
- type de financement ;
- sur quelles zones (sur quelle proportion de la surface/population) ;
- à quel coût (pour habitats et habitats d'espèces : coût/ha ou par 100 m) ;
- avec quelle gestion récurrente (et coûts annuels associés) ;
- résultats ;
- obstacles/difficultés rencontrés (techniques mais aussi administratifs, juridiques...).

4.3.1.1 Protection par l'acquisition et la gestion des derniers marais alcalins en Belgique (LIFE95 NAT/B/00435)

Entre avril 1995 et mars 1998, le projet LIFE95 NAT/B/00435 a permis l'acquisition et la restauration de 41,7 ha de bas-marais alcalins en Haute Semois lorraine.



Lien :

http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=80

4.3.1.2 LIFE Herbages (LIFE11 NAT/BE/00106)

De 2012 à 2019, le projet LIFE Herbages a permis l'acquisition de 1 ha et la restauration de 15 ha de bas-marais alcalins en Lorraine.

Liens :

http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=4319

<http://www.life-herbages.eu/index.php?id=2579>

4.3.1.3 LIFE BNIP (LIFE14IPE/BE/000002)

De 2015 à 2022, le projet LIFE BNIP va permettre l'étude et la restauration de 5 ha de bas-marais alcalins avec réintroduction d'espèces typiques menacées en Lorraine.

Lien :

http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=5431

4.3.1.4 LIFE Natura2MIL (camps militaires en Wallonie,

De 2006 à 2010, le LIFE Natura2MIL a permis de restaurer le marais du Landbruch.

Liens :

<http://biodiversite.wallonie.be/fr/life-natura2mil-2006-2010.html?IDC=3180>

http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=LIFE05_NAT_B_000088_LAYMAN.pdf

4.3.1.5 Conseils de gestion/restauration sur base de l'expérience acquise jusqu'à présent

Si le fonctionnement hydrique du bas-marais alcalin est perturbé, par exemple en raison d'un drainage, sa restauration doit être réalisée préalablement à toute autre action de gestion. À beaucoup d'endroits, les conditions hydriques ne sont plus réunies pour permettre la restauration de l'habitat et la priorité doit être donnée aux stations où il est restaurable et gérable à long terme.

La réalisation de décapages ou le creusement de petites mares pour reconstituer les stades initiaux aquatiques (groupements des eaux dystrophes à *Sparganium natans* et *Utricularia minor* ou communautés pionnières des tourbes dénudées) peuvent être préconisés là où ces stades pionniers font défaut.

La restauration des sites dégradés passe aussi par la coupe des ligneux qui les envahissent et/ou par l'étrépage, la fauche ou le pâturage extensif des espèces herbacées colonisatrices (roseaux ou hautes herbes) (Tanghe & Herremans 1990). Ils doivent ensuite être entretenus régulièrement selon les modalités de gestion courante définies précédemment.

Le débroussaillage des ligneux doit se répéter, car les principales espèces colonisatrices rejettent abondamment de souche. Le pâturage seul ne peut venir à bout des rejets ligneux, ni des bouleaux ni des aulnes, ces deux espèces étant peu appréciées. Le problème est particulièrement important en cas

de pâturage en rotation (une année sur 2 ou 3) et un complément mécanique finit souvent par être nécessaire. La gestion par fauche annuelle permet de contrôler les ligneux, mais elle suppose une élimination préalable des souches par broyage.

Les bas-marais envahis par les roseaux peuvent être fauchés deux fois au cours d'une même saison de végétation (idéalement en juin – juillet puis en août – septembre) pour affaiblir les héliophytes. Ce traitement doit être répété sur plusieurs années. Les bas-marais à hautes herbes peuvent être restaurés par une fauche annuelle de fin de saison, répétée sur plusieurs années. Si la fauche annuelle conduit à stopper l'accumulation de litière, à rendre la roselière moins dense et moins haute, elle ne conduit que difficilement à éliminer le roseau, surtout si les conditions hydriques ne sont pas optimales. Un pâturage continu, de mai à octobre, permet par contre d'éliminer rapidement les roseaux. Les laïches, peu appréciées, sont alors favorisées. Cependant, les groupements envahissants (roselières, mégaphorbiaies) peuvent avoir un intérêt écologique particulier, notamment pour l'avifaune, par exemple le phragmite des joncs (*Acrocephalus schoenobaenus*), qui justifie leur maintien au moins partiel. Dès lors, le principe d'une gestion en mosaïque peut être privilégié pour favoriser la juxtaposition de structures diversifiées et l'expression des différents faciès de l'habitat.

Tableau 5. Impact de certaines mesures de gestion ou de menaces sur la qualité d'un bas-marais alcalin.

Mesure / menace	Hydrologie	Boisement	Héliophytes	Espèces typiques
Restauration hydrique : bouchage de drains, étrépage...	Effet à priori positif, mais peu d'expérience / d'études préalables de l'hydrologie des sites en l'état. Prévu dans le Life BNIP.	Un niveau hydrique élevé peut limiter le boisement du site, mais seulement pour des niveaux supérieurs au niveau du sol, ce qui rend la fauche impossible.	Sans effet, capacité élevée du roseau à se maintenir dans l'eau.	Passage à un autre habitat de type plan d'eau en cas de niveau d'eau supérieur au niveau du sol en permanence.
Déboisement	Le déboisement permet une remontée du niveau d'eau.	Solutionne le problème mais 1) difficile à mettre en œuvre en milieu tourbeux, surtout si une exportation est souhaitée 2) gestion ultérieure nécessaire pour les rejets de saules et d'aulnes, voir les semis de pins et/ou épicéas (Landbruch).	L'ombrage limite le développement des héliophytes, le déboisement les met en lumière – gestion récurrente nécessaire de suite après le déboisement.	Effet favorable, remise en lumière, mais limité aux espèces présentes dans la banque de plantules ou la banque de graines – renforcement ou réintroduction le plus souvent nécessaire
Fauche	Effet préventif – éviter un nouveau boisement.	Non sélectif, permet d'éliminer tous les ligneux. Suppose un terrain sans souche, portant, accessible...	Effet positif, mais lent à se mettre en œuvre – plusieurs années de fauche annuelle avec exportation sont nécessaires – résultat d'autant plus rapide que le niveau hydrique / physico-chimique est favorable et le roseau peu présent.	Impact favorable, fauche annuelle tant que l'on n'est pas revenu à une végétation basse. Orniérage favorable aux espèces de la tourbe nue et des plans d'eau oligotrophes.
Pâturage	Effet préventif – éviter un nouveau boisement.	Impact positif sur le saule, peu ou pas d'impact sur l'aulne glutineux et le bouleau verruqueux. Réouverture du sol	Impact rapide sur le roseau via le pâturage + piétinement. Envisageable en cas de relief trop	Impact globalement favorable, structure de végétation plus hétérogène, favorise sans doute d'autres

		par le piétinement favorable aux semis.	difficile pour la fauche. Hétérogène et progressif, versus fauche homogène et immédiate, peu ou pas d'exportation.	espèces que la fauche (pâturage jamais testé).
--	--	---	--	--

4.3.2 Dans d'autres Etats/Régions Membres

Liste des projets récents qui visent la conservation et la restauration des bas-marais alcalins en Europe :

- LIFE AikFens (LIFE11NAT/PL/000423). Stopper la dégradation des marais alcalins en Pologne avec travaux sur l'hydrologie des sites et réintroduction de *Saxifraga hirculus* ;
http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=4285&docType=pdf
- Alkaline fens – valuable wetlands but difficult to manage (Nielsson, 2016). Un projet pour rassembler les bonnes pratiques de gestion et restauration de cet habitat avec des experts du Danemark, Estonie, Finlande, Islande, Norvège et Suède ;
Rapport : <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:918221/FULLTEXT02.pdf>
- LIFE Kalkmoore Brandenburg . Réennoiment de marais alcalins en Allemagne par bouchage de drains ;
<http://www.fao.org/3/a-i4425e.pdf> ; <http://www.kalkmoore.de/>
- The Anglesey and Llŷn Fens LIFE Project. Restauration de l'hydrologie et de l'hydrochimie sur plus de 500 ha de marais avec de l'étrépage, déforestation, feux, déboisement et gestion du niveau d'eau ;
<https://naturalresources.wales/about-us/our-projects/anglesey-and-llyn-fens-life-project/?lang=en>
- RigKilde Life. Restauration de bas-marais alcalins Danemark avec des actions visant des espèces d'amphibiens, libellules et réintroduction d'un dytique (*Graphoerus bilineatus*) ;
<http://www.rigkildelife.dk/>
http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=5314

5 Objectifs stratégiques et opérationnels

L'objectif général poursuivi par ce plan d'action est l'atteinte de l'état de conservation favorable de l'habitat 7230 « bas-marais alcalins » au sens de l'article premier de la Directive « Habitats », sur le territoire de la Wallonie, pour la région biogéographique continentale.

L'article 1.e de la Directive Habitats définit l'état de conservation d'un habitat naturel comme « favorable » lorsque :

- son aire de répartition naturelle ainsi que les superficies qu'il couvre au sein de cette aire sont stables ou en extension
et
- la structure et les fonctions spécifiques nécessaires à son maintien à long terme existent et sont susceptibles de perdurer dans un avenir prévisible
et
- l'état de conservation des espèces qui lui sont typiques est favorable au sens de l'article 1.i.

(Art 1.i) «L'état de conservation» d'une espèce est «favorable», lorsque:

- les données relatives à la dynamique de la population de l'espèce en question indiquent que cette espèce continue et est susceptible de continuer à long terme à constituer un élément viable des habitats naturels auxquels elle appartient
et
- l'aire de répartition naturelle de l'espèce ne diminue ni ne risque de diminuer dans un avenir prévisible
et
- il existe et il continuera probablement d'exister un habitat suffisamment étendu pour que ses populations se maintiennent à long terme.

A noter que l'AGW « objectifs de conservation » prévoit pour l'habitat 7230 en Natura 2000 un objectif d'augmenter les surfaces occupées par l'habitat 7230 de 20 ha en zone continentale et d'en améliorer la qualité². L'article 2 de l'arrêté du Gouvernement wallon précise :

Art. 2. A l'échelle de la Région wallonne, les objectifs de conservation consistent, dans les sites Natura 2000, d'ici 2025, à (pour les types d'habitat naturel d'intérêt communautaire pour lesquels les sites Natura 2000 sont désignés) :

- a) du point de vue quantitatif, maintenir l'aire de répartition naturelle et les superficies d'habitat qui existaient au moment de la sélection des sites et les restaurer dans la mesure fixée en annexe I.1 ;
- b) du point de vue qualitatif, maintenir et améliorer la qualité des habitats visés au point a) dans la mesure fixée en annexe I.1.

5.1 Objectif stratégique 1 - Augmenter les surfaces de l'habitat

5.1.1 Objectif opérationnel 1.1 - Stopper la dégradation des surfaces existantes des bas-marais alcalins

A cause des faibles surfaces résiduelles de bas-marais alcalins et de leur caractère isolé en Lorraine, il existe un risque de diminution de l'aire de répartition (« range ») pour cet habitat. Le risque se situe principalement au niveau de sites non-protégés comme la Platinerie à Bonnert ou pour des sites en marge de distribution, comme la Terme, Meix, Dampicourt, etc .

Les menaces pesant sur cet habitat sont surtout liées à l'abandon (boisement spontané, évolution vers la roselière sèche, ...), ainsi qu'à la petite taille et la fragmentation des populations d'espèces typiques, plutôt qu'à un risque d'intensification agricole. Les sites susceptibles de se maintenir à long terme sont ceux qui présentent des conditions hydriques favorables avec des populations d'espèces typiques importantes et qui bénéficient d'une gestion par fauche ou pâturage réguliers. Cette gestion, très contraignante de par l'humidité et l'instabilité du sol, ne peut raisonnablement être assumée que par des acteurs spécialisés dotés du matériel et des connaissances adaptés. La contribution de la protection légale apportée par la désignation en Natura 2000 est donc limitée. Elle ne peut suffire à empêcher la dégradation des sites, une gestion récurrente étant le plus souvent urgemment nécessaire.

5.1.1.1 Action 1.1.1 - Notifier la présence d'espèces protégées

Description	<ul style="list-style-type: none"> - Réalisation d'inventaires complets pour tous les groupes des végétaux et animaux sur tous les sites de bas-marais alcalins ; - Notifier la présence d'espèces protégées par le DNF sur base du formulaire existant.
--------------------	--

² <http://environnement.wallonie.be/legis/consnat/natura170.html>

Points d'attention particuliers	- Nécessite l'intervention d'experts pour l'identification et la localisation des espèces intégralement protégées sur base de la LCN.
Coûts	- Environ 350 € par jour.
Sources de financement	- DEMNA / Natagora pour les inventaires ; - DNF pour la notification.

5.1.1.2 Action 1.1.2 - Faire respecter les mesures de protection légales

Description	- Développer les outils et mettre en place des formations permettant d'assurer un contrôle efficace du respect des mesures légales favorables à l'habitat ; - S'assurer sur le terrain que les mesures générales, les arrêtés de désignation, le code forestier, le CODT soient respectés ; - Notifier et poursuivre les infractions.
Points d'attention particuliers	- Contrôles à réaliser par les cantonnements, suivi juridique à effectuer. Question de la valeur juridique de la carte des sols pour l'application de l'article 40 du code forestier.
Coûts/budget	-
Sources de financement	- DNF

5.1.1.3 Action 1.1.3 - Acquérir les sites privés majeurs non protégés

Description	- Restaurer et gérer les surfaces prévues dans les aménagements d'Etalle et d'Arlon ; - Prévoir un budget pour l'achat de terrains à potentiel de restauration en bas-marais alcalins ; - Liste de sites potentiels : la Platinerie (Bonnert), Gilbaupont (Etalle), marais de Rabais (Virton), parcelles manquantes à Chantemelle (Etalle), Grandes Fanges à Vance (Etalle), partie aval du marais du bois du Beynert (Arlon), Fange du ruisseau des Malades (Etalle), Grosses Fontaines (Etalle), Mauvaise Fagne (Etalle) et Fagne Moré (Etalle), Fagne du Plane (Tintigny), Coeuvin (Habay), Marais de Viville (Arlon), marais de Stockem (Arlon), bois de Radstad, marais de Saint-Léger (Saint-Léger).
Points d'attention particuliers	- Il faut s'assurer de la qualité des sites (hydrologie, présence de mousses et végétation typiques, sondage de tourbe) avant achat pour être sûr que la restauration en 7230 est possible.
Coûts/budget	- En moyenne 11.000 €/ ha frais de notaire compris mais hors frais de personnel, sur la période 2013-2017. Prévoir environ 15.000 € tous frais compris pour les prochaines années.

Sources de financement	<ul style="list-style-type: none"> - Projets LIFE ; - PDR, Leader ; - Région Wallonne.
-------------------------------	---

5.1.1.4 Action 1.1.4 - Procéder à la réalisation de nouvelles études d'incidences des carrières sur l'hydrologie des sites

La présence de carrières localisées sur les versants des cuestas à proximité de sites sensibles peut aussi influencer négativement l'hydrologie et la qualité du bas-marais : apport de polluants dû à l'extraction, ensablement de la tourbière par ruissellement d'eaux chargées en sable, perte du caractère alcalin de l'eau qui aurait dû ruisseler à travers la colline exploitée, pompage de la nappe au fond de la carrière pour permettre l'exploitation et donc drainage du marais adjacent, disparition ou amoindrissement des résurgences d'eau alcaline dans le marais car la pression et le cheminement de l'eau sont modifiés à cause de l'excavation de la colline, ...

Description	<ul style="list-style-type: none"> - Réaliser des études d'incidence pour évaluer les impacts négatifs des carrières (en cours d'exploitation ou non) proches des sites sensibles ; - Sites concernés : Sampont, (Meix-devant-Virton).
Points d'attention particuliers	- A faire réaliser par des laboratoires universitaires ou privés spécialisés.
Coûts/budget	- ?
Sources de financement	- Projets LIFE, Interreg, mesures compensatoires, Région wallonne...

5.1.1.5 Action 1.1.5 - Débloquer la gestion du marais du Landbruch

Description	<ul style="list-style-type: none"> - Donner les moyens légaux et financiers au DNF pour pouvoir agir sur le territoire militaire du camp Lagland ; - Trouver une solution avec les militaires pour pouvoir assurer la gestion récurrente (fauche, pâturage) en zone de tir.
Points d'attention particuliers	<ul style="list-style-type: none"> - Le marais du Landbruch se trouve sur un terrain militaire, ce qui complique l'intervention ; - Aucune garantie de convention sur le long terme ; - Seule station wallonne de <i>Hamatocaulis vernicosus</i>, espèce de l'annexe II de la Directive Habitats.
Coûts/budget	-
Sources de financement	-

5.1.2 Objectif opérationnel 1.2 - Augmenter les surfaces de bas-marais alcalins d'ici 2025

Les surfaces résiduelles des bas-marais alcalins sont trop faibles par rapport à l'aire de répartition (« range ») historique. Il est donc nécessaire de les augmenter. D'ici à 2025, il est prévu dans l'AGW d'augmenter les surfaces de 20 ha, dont 5 ha à moyen terme dans le cadre du LIFE Intégré. Pour ce faire, il est important d'améliorer les connaissances scientifiques et techniques à court terme pour pouvoir réaliser une restauration adaptée de cet habitat particulier. Les premières initiatives pour conserver les bas marais-alcalins de la Haute Semois datent des années 1950-1970, à l'époque pour sauver une population de busard cendré, et leur restauration s'est mise en place de manière assez empirique. Les premières études hydrologiques sont, par exemple, seulement en cours maintenant dans le cadre du LIFE Intégré alors qu'elles sont un préalable indispensable à toute restauration (Klimkowska *et al.*, 2010).

L'évaluation des restaurations réalisées jusqu'à présent, essentiellement des déboisements suivis d'une fauche avec exportation ou pâturage, montre de bons résultats en termes de stabilisation des communautés végétales avec une régression du roseau, qui reste néanmoins insuffisante. La restauration des populations d'espèces typiques est aussi limitée par la très faible persistance de la banque de graines de ces espèces.

Une amélioration des techniques de restauration est nécessaire à plusieurs niveaux :

- là où la restauration conduit à une végétation autre que celle recherchée – magnocariçaie par exemple – est-ce dû à un problème hydrique ou à un blocage dû à la concurrence de ces grandes laïches ? Une analyse de ces effets est nécessaire, ce qui suppose un suivi de caractère scientifique du marais ;
- La restauration hydrique des sites supposerait la mise en œuvre de techniques comme l'étrépage sur base d'un diagnostic adéquat, le blocage de drains et la constitution de digues tels que développés dans les tourbières acides, mais qui restent à adapter au fonctionnement des bas marais alcalins ;
- Passage à l'échelle spatiale du site. Actuellement la restauration reste envisagée à l'échelle de la parcelle (unité de gestion), pas à l'échelle du site ou du réseau de sites. Des aspects comme la taille minimale viable d'une population, la nécessité de connecter des populations entre elles ou l'impact par exemple d'un boisement sur le bas-marais adjacent ne sont pas suffisamment pris en compte ;
- Malgré l'état critique des populations d'espèces typiques et l'observation de leur expansion uniquement aux endroits où elles étaient restées présentes, il n'y a pas eu jusqu'à présent de renforcement / réintroduction des populations d'espèces typiques.

Restaurer des surfaces supplémentaires de 7230 est à envisager dans deux cas de figure : celui de sites déjà actuellement gérés, mais où la restauration a échoué à obtenir un 7230, ou celui de la restauration de surfaces actuellement boisées ou occupées par de la roselière ou des cariçaies.

Dans le premier cas, il est nécessaire au préalable de diagnostiquer les raisons de ce mauvais résultat avant d'améliorer la situation: hydrologie inadéquate, technique de restauration imparfaite, absence d'apport de diaspores, ...

Dans le second cas, à la question de la faisabilité, s'ajoute celle de la capacité à assumer la gestion récurrente par après.

Dans les deux cas, ces augmentations de surface répondent à un objectif réglementaire – arriver à la surface favorable de référence pour atteindre le bon état de conservation – ainsi qu'à une nécessité biologique - assurer le maintien à long terme des populations d'espèces typiques.

Enfin, la définition d'une stratégie de restauration globale est indispensable pour éviter la multiplication des restaurations de petites surfaces en ordre dispersé qui augmenterait les coûts de la gestion récurrente. Il est plus judicieux d'identifier au préalable les endroits où une intervention apporterait le plus grand bénéfice en termes de restauration de l'hydrologie des sites, de connectivité, de viabilité des populations ou de simplification de la gestion. La mise en œuvre des actions décrites ci-dessous devrait permettre de remplir cet objectif.

5.1.2.1 Action 1.2.1 - Définir la surface favorable de référence

La question de la surface favorable de référence reste entière, sachant qu'environ 800 ha de zones tourbeuses étaient historiquement présents en Lorraine. Quelle surface serait restaurable et nécessaire pour atteindre le bon état de conservation de l'habitat à l'échelle régionale?

Une étude globale est nécessaire pour savoir quel devrait être l'objectif à long terme de la surface à conserver et restaurer. Il faudrait également pouvoir préciser les surfaces qui correspondent effectivement à la végétation typique du bas-marais alcalins (mousses brunes et petites laiches) de celles qui correspondent plutôt à de la mégaphorbiaie, de la magnocaricae ou de la roselière mais qui sont parfois comptés comme des surfaces de bas-marais alcalins au sein du même site.

Description	- Mise en place d'une étude scientifique pour pouvoir évaluer la surface de référence à restaurer. Tenir compte de la qualité des sites présents et passés, établir une cartographie détaillée des surfaces restaurées et restaurables et étudier la connectivité entre les sites et la viabilité des populations d'espèces typiques.
Points d'attention particuliers	-
Coûts/budget	-
Sources de financement	-

5.1.2.2 Action 1.2.2 – Réaliser une étude éco-hydrologique préalable à la restauration des sites

La présence d'un bas-marais alcalin avec sa végétation typique dépend d'un équilibre hydrique et physico-chimique sensible. La quantité et le niveau d'eau disponible ainsi que sa composition chimique vont déterminer la productivité de la végétation et l'accumulation de tourbe. Au sein d'un même site, ces conditions peuvent varier sur quelques dizaines de mètres et donner lieu à des faciès de marais différents. Etudier et comprendre cette dynamique pour savoir où agir et avec quelle technique de restauration est l'objectif fixé à court terme dans le cadre du LIFE Intégré. Une meilleure compréhension de l'hydrologie de chaque marais est donc indispensable pour identifier les zones restaurables de celles qui ne le sont pas, identifier les menaces et planifier la restauration. En particulier, il importe de pouvoir distinguer si les surfaces actuellement occupées par de la roselière, de la magnocaricae ou de la mégaphorbiaie peuvent être restaurées en bas-marais au vue des conditions hydrologiques et écologiques qui y seront mesurées.

Cela suppose la mise en place d'un réseau de piézomètres, leur relevé ainsi que l'analyse des données. Une première étude éco-hydrologique est mise en place sur un minimum de 4 marais (Sampont, Fouches, Heinsch et Meix-devant-Virton) pendant la durée du projet LIFE intégré afin de préparer les actions de restauration mais également le monitoring de celles-ci.

Ce type de suivi devra être étendu aux autres marais en vue tant de leur restauration que du suivi des effets de la gestion. Ces données seront également essentielles pour détecter tout changement de l'hydrologie du site suite, par exemple, à des modifications d'usage aux environs (carrières, urbanisation, ...) ou suite au changement climatique annoncé.

Description	<ul style="list-style-type: none"> - Placement de piézomètres à 2 niveaux de profondeur sur 4 marais témoins (Fouches, Heinsch, Sampont et Meix-Devant-Virton). Déplacement des sondes sur d'autres sites par la suite ; - Relevés du niveau d'eau, du pH et de la conductivité à l'aide de sondes automatiques et manuelles ; - Suivi de la végétation par carrés permanents aux emplacements des piézomètres ; - Comparer des zones en « bon » et « mauvais » états de conservation pour comprendre le lien entre hydrologie et écologie ; - Etude réalisée en phase 1 avec prolongation en phase 2 et 3 après la restauration pour le monitoring.
Points d'attention particuliers	- Attention à protéger les piézomètres de la fauche lors de la gestion.
Coûts/budget	- 20 000 € pour le matériel hors frais de personnel.
Sources de financement	LIFE BNIP

5.1.2.3 Action 1.2.3 – Restauration à moyen terme de 5 ha avec de nouvelles techniques et approches

Description	<ul style="list-style-type: none"> - Restauration de 5 ha de bas-marais alcalins par déboisement, étrépage, bouchage de drains et épandage de mousses et foin ; - Fauche et épandage de foin par un sous-contractant ; - Epandage de mousses typiques récoltées et déchiquetées ; - Sélection des sites sur base de l'étude éco-hydrologique ; - Action réalisée en phase 2 du LIFE BNIP.
Points d'attention particuliers	<ul style="list-style-type: none"> - La nature des travaux de restauration dépendra du niveau de dégradation du site et des résultats de l'étude éco-hydrologique ; - Déterminer où mettre le produit de l'étrépage excédentaire au bouchage de drains ; - Veiller à obtenir les permis pour les travaux (déboisement, bouchage des drains,...). - Attention de ne pas porter atteinte aux sites donneurs lors de la récolte de foin et mousses

Coûts/budget	- 125 000 € pour les travaux de déboisement et d'étrépage ; - 10 000 € pour la fauche et l'épandage de foin.
Sources de financement	PDR

5.1.2.4 Action 1.2.4 – Suivi scientifique des sites pour évaluer la restauration et la gestion

Description	- Suivi des populations «sources » d'espèces typiques et recherche de nouveaux sites abritant de grandes populations d'espèces typiques ; - Suivi des populations renforcées ou réintroduites des espèces typiques ; - Développer une expertise sur l'identification des mousses pour les professionnels en Lorraine ; - Poursuivre le monitoring éco-hydrologique des sites après restauration et gestion pour évaluer l'impact des actions entreprises.
Points d'attention particuliers	- A continuer après le LIFE BNIP.
Coûts/budget	- Frais de personnel. - Frais matériel et formation (guide identification + microscope)
Sources de financement	LIFE BNIP jusqu'en 2020

5.1.2.5 Action 1.2.5 – Restauration à plus long terme sur 15 ha

Description	- Tirer les conclusions des restaurations des 5 ha effectuées dans le cadre de l'action 1.1.8 via l'action 1.1.9 ; - Mettre en place les meilleures techniques utilisées dans l'action 1.1.8 pour procéder à la restauration de 15 ha supplémentaires tel que prévu dans le PAF ; - réaliser une étude de faisabilité de la restauration et gestion ultérieures de surfaces supplémentaires de bas-marais alcalins à Vance, Sampont, Chantemelle, ...
Points d'attention particuliers	- Trouver une source de financement (nouveau LIFE ?) ; - Veiller à restaurer des surfaces pour améliorer la connectivité de l'habitat et la facilité de gestion récurrente.
Coûts/budget	- ~400 000 €
Sources de financement	- PDR

5.2 Objectif stratégique 2 – Améliorer les structures, fonctions et la capacité d'accueil

5.2.1 Objectif opérationnel 2.1 - Améliorer la composition floristique de l'habitat

L'évaluation de l'état de conservation des populations d'espèces typiques aboutit à des populations isolées, de petite taille (quasi toutes inférieures à 500 individus). Sur 28 espèces typiques et compagnes, 27 sont reprises en liste rouge. La comparaison du nombre d'espèces typiques et compagnes avant et après 1980 sur 12 sites de bas-marais alcalins montre une régression du nombre d'espèces typiques de, en moyenne, 9.8 à 3.6 ; d'espèces compagnes de 5.5 à 3.3, ce qui correspond au passage d'un état de conservation bon (A) à dégradé (B ou C). Les autres paramètres qui définissent l'état de conservation (hélrophytes, boisement) sont également mauvais.

Améliorer l'état de conservation des surfaces de bas-marais alcalins passe donc à la fois par une réduction du boisement et de la présence d'hélrophytes pour arriver à une physionomie de « communautés de petites laïches et mousses brunes », ainsi que par la restauration des communautés végétales, en particulier la réintroduction des espèces aujourd'hui disparues.

5.2.1.1 Action 2.1.1 - Réduire les hélrophytes et le boisement

Description	<ul style="list-style-type: none"> - Au-delà de la gestion récurrente et des gros travaux de restauration, il faut intervenir ponctuellement pour des travaux de coupe de reprises de ligneux ou de fauche de roseaux dans des endroits habituellement inaccessibles aux machines ; - Informer les propriétaires de la nécessité de ce travail ; - Mobiliser les fonds nécessaires au-delà de la gestion récurrente.
Points d'attention particuliers	- Travaux essentiellement manuels, probablement contractuels.
Coûts/budget	- Le coût moyen de la gestion par fauche et exportation de 1 hectare de bas-marais alcalin se situe entre 400 et 1.000 €/ha an selon que le travail peut ou non être mécanisé, la taille des sites, leur accessibilité, la présence ou non d'obstacles de type souches, touradons, arbres isolés, ...
Sources de financement	-Propriétaires des sites.

5.2.1.2 Action 2.1.2 - Renforcer ou réintroduire les populations d'espèces typiques

Description	<ul style="list-style-type: none"> - Production des plants (<i>Ranunculus lingua</i>, <i>Succisa pratensis</i>, <i>Carex limosa</i>, <i>Eriophorum latifolium</i>, <i>Parnassia palustris</i>, <i>Pedicularis palustris</i>, <i>Triglochin palustre</i>) par un sous-contractant jusqu'en 2021 ; - Réintroduction sur les sites sélectionnés en priorité là où des travaux de déboisement et d'étrépage auront eu lieu, ainsi que sur les sites déjà prêts
--------------------	--

	pour un renforcement d'espèces ; - Action réalisée en phase 2 et 3 du LIFE BNIP.
Points d'attention particuliers	- Veiller à obtenir les dérogations nécessaires pour la réintroduction de plants.
Coûts/budget	- 37 500 € disponible pour la production de plants par un sous-contractant dans le cadre du BNIP.
Sources de financement	LIFE BNIP pour la production de plants jusqu'en 2020 ; de nouveaux projets pour la suite.

5.2.2 Objectif opérationnel 2.2 - Améliorer la capacité d'accueil pour les espèces associées

Un nombre important d'espèces animales ou végétales sont associées à l'habitat bas-marais alcalins : les libellules (*Somatochlora artica*, *Somatochlora flavomaculata*, *Orthetrum coerulescens*, *Leucorrhinia caudalis*, *Leucorrhinia pectoralis*, ...), les bryophytes, les oiseaux, ... Comme pour d'autres habitats menacés par l'abandon et le boisement, ont disparu en premier les espèces liées aux sites de grande taille et aux faciès plus pionniers (marouette ponctuée, par exemple) tandis que subsistaient les espèces des faciès d'enrichissement.

La prise en compte de ces espèces suppose des mesures de restauration / gestion adaptées, comme le creusement et l'entretien des suintements, fosses de détournement, ...

5.2.2.1 Action 2.2.1 - Assurer un monitoring des populations associées et veiller à maintenir leur habitat

Description	- Monitoring de la biodiversité associée aux bas-marais alcalins ; suivi des populations d'espèces typiques ; - Développer des actions concrètes pour les espèces menacées dans et en dehors du bas-marais.
Points d'attention particuliers	- Intégrer les bryophytes dans le monitoring, sécuriser les compétences nécessaires. (cf. Action 1.2.4)
Coûts/budget	-
Sources de financement	-

5.2.3 Objectif opérationnel 2.3 – Rationaliser, professionnaliser et sécuriser la gestion récurrente

La gestion récurrente des surfaces de bas-marais est rendue compliquée par :

1) la présence de nombreuses anciennes fosses d'extraction de la tourbe, aujourd'hui recouvertes d'un tapis flottant de végétation ;

et

2) la dégradation (minéralisation) de la tourbe qui perd sa structure physico-chimique en profondeur. Cela limite fortement la portance, que ce soit pour un tracteur ou des animaux. La fauche avec exportation permet une gestion adéquate, mais est limitée aux zones les plus portantes. De ce fait, les zones d'eau libre, les suintements, les anciennes fosses qui sont autant de déclinaisons clés de l'habitat pour différentes espèces (*Orthetrum coerulescens*, *Somathochlora artica*, *Sparganium natans*, *Carex limosa*, *Carex lasiocarpa*, ...) doivent être dégagées manuellement, ce qui est très contraignant. Le pâturage au moyen de bovins Galloway ou Highland est également limité par le risque d'enlèvement des animaux. L'incapacité à assumer par gestion récurrente des zones restaurées limite également fortement la possibilité de restaurer des surfaces supplémentaires.

De plus, le morcellement des parcelles rend leur gestion plus compliquée et plus coûteuse. L'agrandissement des parcelles et la simplification de la gestion sont donc des objectifs prioritaires, en plus de correspondre au besoin de populations de plus grande taille et à la nécessité d'améliorer le niveau hydrique en réduisant les surfaces boisées dans la tourbière.

Différentes techniques alternatives sont à tester : gestion par le feu, utilisation d'un softrack (engin chenillé de faible pression au sol), pâturage par des buffles ou chevaux, ...

Fort coûteuse et rendue plus complexe par le morcellement des surfaces à gérer, les fosses d'extraction, le maintien des boisements, ..., la gestion récurrente des bas-marais alcalins n'est aujourd'hui toujours pas suffisamment financée pour pouvoir couvrir son coût. L'équilibre financier est rendu possible en mutualisant le revenu tiré de la gestion d'autres habitats, mais toute remise en cause des aides agro-environnementales, des indemnités Natura ou des subsides à la gestion des RNA risque d'entraîner des difficultés à assumer la gestion de cet habitat, qui nécessite un matériel et des compétences spécifiques.

5.2.3.1 Action 2.3.1 - Coordonner les plans de gestion des différents sites

Description	<ul style="list-style-type: none"> - Rassembler les gestionnaires et conservateurs des sites concernés par un bas-marais alcalin ; - Intégrer la gestion du marais dans l'ensemble du site, et donc en tenant compte des autres habitats présents sur le site ; - Coordonner la gestion pour l'ensemble des sites de bas-marais alcalins de Lorraine en développant un plan de gestion global.
Points d'attention particuliers	- Il faudra trouver un responsable en charge de coordonner la gestion. Une concertation à ce propos pourrait avoir lieu dans le cadre de la gestion des sites Natura 2000.
Coûts/budget	-
Sources de financement	-

5.2.3.2 Action 2.3.2 - Rationaliser la gestion récurrente

Description	<ul style="list-style-type: none"> - Tester de nouvelles approches par pâturage, feux et fauche des tremblants avec de nouvelles machines ; - Tester l'option d'une restauration par déboisement et l'utilisation des produits
--------------------	--

	<p>d'étrépage pour combler les drains et les fosses gênantes afin de rendre l'ensemble du site plus facilement fauchable ;</p> <p>- Améliorer l'efficacité de la gestion récurrente en évitant les obstacles, en reliant les parcelles, en se dotant d'accès adaptés ;</p> <p>- Développer un plan « castor » pour minimiser les impacts négatifs sur la gestion et la qualité des sites ;</p> <p>- Assurer le financement de la gestion récurrente à travers la recherche d'aides, de filières de vente de foin et des roseaux ;</p> <p>- Inciter des agriculteurs à prendre en charge la gestion en leur expliquant les bénéfices qu'on peut en tirer.</p>
Points d'attention particuliers	- Veiller à rassembler les gestionnaires et promouvoir leur travail en commun (agriculteurs, Natagora (Epipactis sprl), DNF).
Coûts/budget	
Sources de financement	? Natagora asbl – Epipactis sprl.

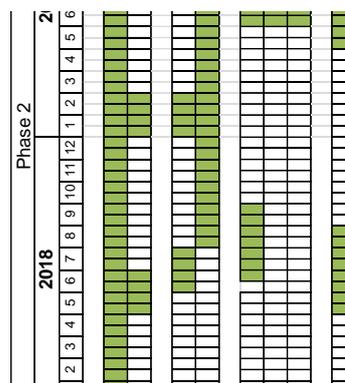
6 Localisation de zones à restaurer

6.1 Liste des sites et actions envisagées

Sites	Date d'ajout dans le PA	Surface restaurable (ha)	Maîtrise foncière (y compris communale)	Priorité	Actions envisagées sur le site outre les actions 1.1.1 ; 1.1.2 ; 1.2.4 ; 2.1.1 ; 2.2.1 ; 2.3.1 et 2.3.2 qui sont prévues sur tous les sites	Commentaires
Beauregard	27/10/2017		oui	1	1.2.2 ; 1.2.3 ; 2.1.2	
Bois du Beynert	15/12/2017		partielle	2	1.1.3 ; 1.2.5	
Chantemelle	27/10/2017		partielle	2	1.1.3 ; 1.2.5	
Dampicourt	27/10/2017		partielle	2	1.1.3 ; 1.2.5	
Fagne du Plane	15/12/2017		oui	2	1.2.5	
Fagne Moré	15/12/2017		oui	2	1.2.5	
Fagne Pierrard	27/10/2017			2	1.2.5	
Fange du ruisseau des Malades	15/12/2017		oui	2	1.2.5	
Fouches	27/10/2017		oui	1	1.2.2 ; 1.2.3 ; 2.1.2	

Gilbaupont	27/10/2017		oui	2	1.2.5	
Grendel	27/10/2017		oui	2	1.2.5	
Grosses Fontaines	15/12/2017		oui	2	1.2.5	
Heinsch	27/10/2017		oui	1	1.2.2 ; 1.2.3 ; 2.1.2	
La Plate	27/10/2017		non	2	1.1.3 ; 1.2.5	
La Terme	27/10/2017		oui	2	1.2.5	
Les Grosses Fontaines	15/12/2017		oui	2	1.2.3	
Landbruch	27/10/2017		non	1	1.1.5	
Marais de Rabais	15/12/2017		oui	2	1.2.3	
Mauvaise Fagne	15/12/2017		oui	2	1.2.3	
Meix-devant-Virton	27/10/2017		partielle	1	1.2.2 ; 1.2.3 ; 2.1.2	
Platinerie	27/10/2017		non	1	1.1.3 ; 1.2.3	
Prouvy	27/10/2017		oui	2	1.2.5	
Rawez	27/10/2017		oui	1	1.2.2 ; 1.2.3 ; 2.1.2	
Sampont	27/10/2017		oui	1	1.2.2 ; 1.2.3 ; 2.1.2	
Vance	27/10/2017		oui	1	1.2.2 ; 1.2.3	restaurer l'aulnaie
Villers-Tortru	27/10/2017		oui	1	1.2.2 ; 1.2.3 ; 2.1.2	

6.2 Calendrier pour les actions prévues dans le cadre de l'IP (court terme)



7 Recommandations relatives au cadre légal et aux mesures incitatives

8 Bibliographie

- Bergamini A, Pauli D, Peintinger M, Schmid B (2001) Relationships between productivity, number of shoots and number of species in bryophytes and vascular plants. *Journal of Ecology*, **89**, 920–929.
- Vanden Berghen C (1946) Notes de botanique brabançonne : II. Les marécages alcalins. *Les Naturalistes Belges*, **27**, 1–8.
- Vanden Berghen C (1952) Contribution à l'étude des bas-marais de Belgique. *Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique*, **22**, 1–64.
- Bobbink R, Hettelingh J-P (2010) Review and revision of empirical. In: *Proceedings of an expert workshop, Noordwijkerhout, 23-25 June 2010*, p. 246.
- Bonn A, Allott T, Evans M, Joosten H, Stoneman R (eds.) (2016) *Peatland Restoration and Ecosystem Services*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Boulvain F, Belanger I, Delsate D et al. (2001) Triassic and jurassic lithostratigraphic units (Belgian Lorraine). *Geologica Belgica*, **4**, 113–119.
- Bragazza L, Parisod J, Buttler A, Bardgett RD (2013) Biogeochemical plant-soil microbe feedback in response to climate warming in peatlands. *Nature Clim. Change*, **3**, 273–277.
- Charman DJ (2002) *Peatlands and environmental change*. J. Wiley, 301 pp.
- Cholet J, Magnon G (2010) *Tourbières des montagnes françaises - Nouveaux éléments de connaissance, de réflexion & de gestion*. Pôle-relais Tourbières / Fédération des Conservatoires d'Espaces Naturels, 188 pp.
- Claessens H, Lecomte H, Lejeune P, Rondeux J (2001) Plante-t-on l'épicéa n'importe où ? L'apport d'une analyse objective de la pessière wallonne. *Forêt Wallonne*, **49–50**, 45–51.
- Clark JM, Gallego-Sala A V, Allott TEH et al. (2010) Assessing the vulnerability of blanket peat to climate change using an ensemble of statistical bioclimatic envelope models. *Climate Research*, **45**, 131–150.
- Couwenberg J (2009) *Emission factors for managed peat soils (organic soils, histosols) - An analysis of IPCC default values*. Ede, 16 pp.
- Crassous C, Karas F (2007) *Guide de gestion des tourbières et marais alcalins des vallées alluviales de France septentrionale*. Fédération des Conservatoires d'Espaces Naturels, Pôle-relais tourbières, 203 pp.
- Curtis CJ, Emmett BA, Grant H, Kernan M, Reynolds B, Shilland E (2005) Nitrogen saturation in UK moorlands: the critical role of bryophytes and lichens in determining retention of atmospheric N deposition. *Journal of Applied Ecology*, **42**, 507–517.
- d'Asembourg V (1948) Près de Vance, il y a marais et fanges. *Natura Mosana*, **1**, 53–56.
- Damblon F (1969) Etude palynologique comparée de deux tourbières du plateau des Hautes Fagnes de Belgique : la Fagne Wallonne et la Fagne de Clefaye. *Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique*, **39**, 17–45.



- Damblon F (1996) Les dépôts tourbeux et l'histoire de la végétation sur le plateau des Hautes-Fagnes (Belgique). *Annales de la Société géologique de Belgique*, **117**, 259–276.
- Defraiteur MP, Schumacker R (1988) Plateau des Hautes-Fagnes ou plateau des Fontaines-Salées ? Une nouvelle atteinte à la réserve naturelle : les sels de déneigement. *Hautes Fagnes*, **189**, 9–13.
- Duvigneaud P (1948) Contribution à l'étude des tourbières de Lorraine. La tourbière eutrophe à *Carex lasiocarpa* (Caricetum diandro-lasiocarpae) dans les marais de la Haute Semois, entre Sampont et Vance. *Lejeunia*, **12**, 5–28.
- European Commission (2013) *Interpretation Manual of European Union Habitats*. 142 pp.
- Frankard P (2006) Les techniques de gestion des milieux naturels et semi-naturels mises en œuvre depuis 1994 dans la RND des Hautes-Fagnes. 2. Évaluation des techniques de restauration des landes sèches, des landes tourbeuses et des genévrières testées sur le plateau des H. *Hautes Fagnes*, **264**, 21–29.
- Frankard P (2017) Cahier 6. Les habitats tourbeux. In: *Cahiers des Habitats d'Intérêt Communautaire de Wallonie*, A paraître edn. Gembloux.
- Frankard P, Hindryckx M-N (1998) Évolution de la végétation du secteur sud de la tourbière haute active de la Fagne Wallonne au cours de ces 60 dernières années (plateau des Hautes Fagnes, Belgique). *Belgian Journal of Botany*, **131**, 28–40.
- Gallego-Sala A V., Booth RK, Charman DJ, Prentice IC, Yu Z (2016) Peatlands and climate change. In: *Peatland Restoration and Ecosystem Services* (eds Bonn A, Allott T, Evans M, Joosten H, Stoneman R), pp. 129–150. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hájek M, Chytrý M (2016) D4 . 1a Small-sedge base-rich fen and calcareous spring mire. *European Red List of Habitats - Mires Habitat Group*, 1–11.
- Hindryckx M-N (1989) *Évolution régressive récente de la dégradation de la végétation de la partie centrale de la tourbière de la Fagne Wallonne (Hautes-Fagnes, Belgique)*. Université de Liège, Mémoire de Licence en Sciences botaniques, 97 pp.
- Hindryckx M-N (1999) *Évolution récente de la végétation des tourbières hautes à sphaignes en haute Ardenne (Hautes-Fagnes, Belgique)*. Université de Liège, Thèse de Doctorat en Sciences, 269 pp.
- Joosten H, Sirin A, Couwenberg J, Laine J, Smith P (2016) The role of peatlands in climate regulation. In: *Peatland Restoration and Ecosystem Services* (eds Bonn A, Allott T, Evans M, Joosten H, Stoneman R), pp. 63–76. Cambridge University Press, Cambridge.
- Jortay A, Schumacker R (1988) La réserve domaniale des Hautes-Fagnes deviendra-t-elle un observatoire Géo-Biosphère ? 2. L'évolution du couvert végétal dans la réserve naturelle des Hautes-Fagnes. *Hautes Fagnes*, **192**, 93–95.
- Klimkowska A, Van Diggelen R, Grootjans AP, Kotowski W (2010) Prospects for fen meadow restoration on severely degraded fens. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, **12**, 245–255.
- Korn H, Kraus K, Stadler J (2012) *Proceedings of the European Conference on Biodiversity and Climate Change - Science, Practice and Policy*. 109 pp.
- Laine J, Silvola J, Tolonen K et al. (1996) Effect of Water-Level Drawdown on Global Climatic Warming: Northern Peatlands. *Ambio*, **25**, 179–184.
- Lebrun J., Noirfalise A, Heinemann P, Vanden Berghen C (1949) Les associations végétales de Belgique. *Bulletin de la Société Royale de Botanique de Belgique*, **81**, 105–207.
- Lindsay R (2010) *Peatbogs and carbon: a critical synthesis to inform policy development in oceanic peat bog conservation and restoration in the context of climate change*. University of East London, Environmental Research Group, London.

- Lindsay R (2015) La restauration fonctionnelle des tourbières : un enjeu pour la résilience des écosystèmes tourbeux face aux changements climatiques. *L'Écho des Tourbières*, **21**, 16–19.
- Natural England and RSPB (2014) *Climate Change Adaptation Manual*. 221 pp.
- Nielsson K (2016) *Alkaline fens: Valuable wetlands but difficult to manage* (ed Norden). Copenhagen, 77 pp.
- Overall B (1977a) La richesse floristique actuelle du marais de Heinsch (Lorraine belge). *Bulletin des RNOB*, 80–81.
- Overall B (1977b) La végétation du marais de Heinsch. *Dumortia*, **7**, 31–37.
- Parent GH (1983) Les paysages de la Lorraine belge. *Bulletin des Réserves Naturelles*, **5**, 3–15.
- Pauli D, Peintinger M, Schmid B (2002) Nutrient enrichment in calcareous fens: effects on plant species and community structure. *Basic and Applied Ecology*, **3**, 255–266.
- Ponton E, Leclercq L (2007) *Influence des pluies azotées sur les milieux de tourbières, de bas-marais et de landes tourbeuses : effets à court et moyen termes sur les algues (desmidiacées, diatomées) et à moyen terme sur les bryophytes et les phanérogames acidophiles et acidobiontes*. Station Scientifique des Hautes-Fagnes, 80 pp.
- Price JT, Evans CE, Evans M, Allott T, Shuttleworth E (2016) Peatland restoration and hydrology. In: *Peatland restoration and ecosystem services* (eds Bonn A, Allott T, Evans M, Joosten H, Stoneman R), pp. 77–94. Cambridge University Press, Cambridge.
- Rameau J, Mansion D, Dumé G, Timbal J, Lecoite A, Dupont P, Keller R (1989) *Flore forestière française, tome 1: Plaine et collines*. Institut pour le développement forestier, 1785 pp.
- Riordan B, Verbyla D, McGuire AD (2006) Shrinking ponds in subarctic Alaska based on 1950–2002 remotely sensed images. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, **111**.
- Schumacker R, Wastiaux C, Hindryckx M-N (1996) L'avenir des tourbières hautes à sphaignes en Europe tempérée, à l'exemple des Hautes-Fagnes belges. *Colloques Phytosociologiques*, **XXIV**, 273–284.
- Sefferova S, Seffer J, Janak M, - (2008) *Management of Natura 2000 habitats - Alkaline fens 7230*. 20 pp.
- Streel M, Beghin J, Gerrienne P et al. (2014) Late Subatlantic history of the ombrotrophic Misten Bog (Eastern Belgium) based on high resolution pollen, testate amoebae and macrofossil analysis. *Geologica Belgica*, **17**, 148–160.
- Wastiaux C (2000) *Facteurs hydrologiques de la dégradation des tourbières hautes à sphaignes des Hautes-Fagnes*. Université de Liège, Thèse de Doctorat en Sciences, 223 pp.
- Wastiaux C (2008) Les tourbières sont-elles des éponges régularisant l'écoulement ? *Bulletin de la Société Géographique de Liège BSGLG.*, **50**, 57–66.
- Woillard G (1971) Recherches Phytosociobiologiques et palynologiques dans le vallon du Landbruch (Lorraine belge). *Bulletin du Jardin botanique national de Belgique*, **41**, 293–352.