



LIFE18NAT/FR/000906



La restauration et la gestion des milieux tourbeux alcalins – utilisation du pâturage



Rapport de synthèse

DUNCAN Patrick, GRILLAS Patrick, TAYLOR Nigel, & LECOMTE Thierry

Février 2021

Avec la participation financière de :



Un grand merci aux experts qui ont accepté de donner de leur temps pour réfléchir avec nous sur les enjeux, Roxane ANDERSEN, Margret BUNZEL-DRÜCKE, Pierre GOUBET, Rene KRAWCZINSKI, Wiktor KOTOWSKI, Dries KUIJPER, Sébastien LECUYER, Holger RÖSSLING, Barbara STAMMEL, Franziska TANNEBERGER, Rudi VAN DIGGELEN, J.T.A. (Jos) VERHOEVEN ; aux équipes de gestion qui nous ont reçu sur leurs sites, en France dans la **vallée de la Somme**, le **Marais de Sacy-le-Grand**, et le **Marais de Pagny-sur-Meuse**, et en Wallonie dans la **Vallée du ruisseau de Breuvanne** et qui nous ont aidé à comprendre des réalités de la gestion des tourbières alcalines sur le terrain. Enfin nos remerciements particuliers à **Florence Daubigney** (Tour du Valat) qui a réussi un beau travail d'édition et tirage avec des documents très divers.

Citation recommandée

Duncan P., Grillas P., Taylor N., Lecomte T. 2021. La restauration et la gestion des milieux tourbeux alcalins – utilisation du pâturage. Rapport de synthèse, projet LIFE 18NAT/FR/000906. 42 pp+ Annexes.

Sommaire

| | |
|---|-----------|
| Résumé | 5 |
| Summary | 9 |
| 1. Introduction | 13 |
| 2. Méthodes..... | 16 |
| 3. Résultats | 17 |
| 3.1. Le pâturage et la gestion des zones humides | 17 |
| 3.2. Quels herbivores sont utilisés dans les milieux tourbeux alcalins..... | 18 |
| 3.3. Impacts du pâturage | 20 |
| 3.3.1. Le contrôle des ligneux | 22 |
| 3.3.2. Effets sur la flore | 23 |
| 3.3.3. Effet sur les communautés | 23 |
| 3.3.3.1. Les tourbières de transition et tremblantes (7140)..... | 24 |
| 3.3.3.2. Les tourbières basses alcalines (7230) | 24 |
| 3.3.3.3. Les marais calcaires à <i>Cladium mariscus</i> et espèces du <i>Caricion davalliana</i> (7210)..... | 25 |
| 3.3.3.4. Prairies à <i>Molinia</i> sur sols calcaires, tourbeux ou argilo-limoneux (<i>Molinion-caeruleae</i>) (6410) | 25 |
| 3.4. Interactions sols-végétation-herbivores en contexte de marais tourbeux alcalin | 26 |
| 3.5. Pratiques de gestion associées au pâturage en marais tourbeux alcalins | 28 |
| 3.6. Utilisation d'herbivores pour restaurer les habitats d'intérêt communautaire 7230 et 7210 | 30 |
| 3.7. Changement climatique | 32 |
| 3.7.1. Changement climatique et fonctionnement hydrologique | 32 |
| 3.7.2. Impacts du changement climatique sur le fonctionnement écologique..... | 33 |
| 3.7.3. Séquestration du carbone et GES..... | 34 |
| 3.8. Lacunes de connaissances..... | 35 |
| 4. Références | 36 |
| Annexes | 45 |
| Annexe 1. Sensibilité des espèces de flore des marais tourbeux alcalins au pâturage .. | 47 |
| Annexe 2. Recueil / synthèse d'avis d'experts | 51 |
| Annexe 2.1. Entrevue semi-directive_docs préparatoires | 58 |
| Annexe 2.2 Notes issues les entrevues individuelles | 61 |
| Annexe 3. Expertise de terrain..... | 83 |
| 1. Marais de la vallée de la Somme | 85 |
| 2. Vallée du ruisseau de Breuvanne (Wallonie)..... | 93 |
| 3. Le marais de Pagny-sur-Meuse | 99 |
| 4. Les Marais de Sacy-le-Grand..... | 103 |
| 5. Synthèse des expertises de terrain consacrées au pâturage | 108 |

Résumé

Les tourbières alcalines recouvrent plusieurs habitats d'intérêt communautaire, globalement en mauvais état de conservation en Europe, et caractérisés par leurs conditions environnementales et leur richesse spécifique. Dans les zones humides tourbeuses alcalines non perturbées, les conditions environnementales et en particulier hydrologiques maintiennent la végétation ouverte favorisant une grande richesse spécifique végétale et incluant de nombreuses espèces à enjeux de conservation, tant végétales qu'animales. La saturation en eau du sol joue un rôle essentiel dans le fonctionnement écologique, l'anoxie des sols qui en résulte contrôle les cycles biogéochimiques, détermine le biote souterrain, sélectionne les espèces végétales des communautés, contrôle la dynamique de la végétation et réduit la vitesse de décomposition de la matière organique favorisant ainsi l'accumulation de tourbe.

En Europe de l'Ouest moins de 10% des tourbières existent encore et celles qui restent sont profondément perturbées par des siècles de gestion pour l'exploitation de la tourbe et l'agriculture. Le drainage, plus ou moins prononcé, est une caractéristique commune à la plupart des perturbations, visant à augmenter la production végétale et la portance des sols. La baisse du niveau d'eau altère les conditions déterminantes pour le maintien de la production de tourbe (par l'oxydation des sols, la reprise de la minéralisation), et conduit à l'augmentation de la production primaire et la mise en place d'une succession vers des végétations à forte biomasse et faible richesse (notamment grandes herbes ou forestiers). Pour contrer cette tendance à la fermeture des milieux dans les tourbières alcalines, les principales méthodes de gestion sont le pâturage domestique, le fauchage et le débroussaillage ou déboisement, le feu, l'étrépage, ... Le pâturage comme les autres modes de gestion apparaissent ainsi comme des moyens de gérer les conséquences d'une perturbation plutôt qu'une méthode indispensable à la conservation des tourbières alcalines en bon état de fonctionnement. La gestion avec des grands herbivores est considérée nécessaire par les experts consultés, surtout pour résoudre des pertes de biodiversité des plantes, et en cascade, des insectes, oiseaux et autres taxa patrimoniaux. Les objectifs secondaires cités sont le stockage du carbone, l'implication des voisins dans la gestion, le contrôle des espèces exotiques envahissantes, ou la réduction du risque d'inondation de zones urbanisées.

Sélection des herbivores et chargement

Les équins, bovins et ovins domestiques sont utilisés pour pâturer en milieux tourbeux avec une grande variété de races. Le buffle d'eau est également de plus en plus utilisé même s'il reste actuellement marginal. Leurs effets sur la végétation diffèrent sensiblement entre ces types d'herbivores par leur sélectivité alimentaire, les quantités consommées, leur comportement social, etc. Les races rustiques sont généralement privilégiées pour plusieurs raisons, à commencer par leur plus faible poids et capacité à exploiter des milieux à faible portance mais aussi une plus grande résistance sanitaire. Au-delà des impacts sur la végétation et plus généralement sur les milieux et la biodiversité, la sélection des herbivores a des implications techniques importantes (enclos, abris, ...) et dépend des stratégies de l'éleveur. Les approches peuvent être très contrastées entre une gestion à des fins patrimoniales ou économiques.

Les zones humides tourbeuses sont très sensibles à l'herbivorie et les chargements recommandés sont en général faibles à très faibles, entre 0.1 à 0.3UGB/ha. Le chargement est cependant une métrique relativement peu précise du fait des variations saisonnières de disponibilité alimentaire, de l'hétérogénéité de la végétation dans l'espace, des modalités de conduite du troupeau et du comportement des animaux.

Impacts du pâturage

Les deux principaux impacts du pâturage sont la consommation sélective de la végétation, des feuilles, tiges, écorces et la destruction mécanique de la végétation par le piétinement. Les

principales conséquences sur la végétation sont la réduction de la hauteur et du recouvrement de la végétation, la diminution de l'abondance des espèces les plus appétentes et inversement l'augmentation des « refus », la réduction de la dominance des espèces coloniales à multiplication végétative, l'augmentation des espèces annuelles, et opportunistes. Les autres effets induits sont notamment la réduction de la litière, la compaction des sols (qui peut modifier l'hydrologie, conduire à la déstructuration de la surface de la tourbe et modifier les conditions mésologiques pour la flore), la redistribution spatiale des nutriments et l'accumulation sous forme de fèces.

Les effets diffèrent entre espèces et races d'herbivores en fonction de leur sélection alimentaire et de leur comportement mais aussi en fonction de l'état et composition de la végétation. L'hétérogénéité dans le temps et dans l'espace de la pression de pâturage et du comportement des animaux conduit à une hétérogénéité de la végétation.

Le contrôle des ligneux est un objectif fréquent du pâturage dans les tourbières alcalines. L'efficacité du pâturage pour le contrôle des ligneux est très variable en fonction des espèces ligneuses et des herbivores utilisés. Les buffles et les bovins en général consomment davantage de ligneux que les équins. Les Salicacées (saules, peupliers) et les Betulaceae (bouleaux) sont les plus consommés et l'Aulne glutineux est inversement un refus fréquent (sauf pour le buffle). Le contrôle efficace des ligneux implique souvent un abattage préalable des grands individus avec rognage des souches ou essouchage et des mesures complémentaires de gestion (fauchage ou débroussaillage).

La diversité de la flore et la conservation d'espèces patrimoniales de plantes ou d'invertébrés dépendant de ces plantes (par ex. Rhopalocères) est également un objectif fréquent du pâturage dans les tourbières alcalines. Des espèces comme *Liparis loeselii* ou *Triglochin palustre* peuvent être favorisées par le pâturage s'il demeure modéré. Inversement *Cladium mariscus*, *Juncus subnodulosus*, *Phragmites australis* ou *Schoenus nigricans* déclinent très rapidement même avec une pression faible.

Impacts du pâturage sur les habitats

L'hydromorphie et la portance des sols sont des contraintes fortes et des limites à l'utilisation des herbivores domestiques pour la gestion de la végétation. Ainsi, les tourbières de transition et tremblantes (7140) sont les plus difficiles à faire pâturer du fait de leur hydromorphie.

Dans les tourbières basses alcalines (7230) où le sol est constamment gorgé d'eau, le pâturage est privilégié seulement lorsque les végétations à petites laiches sont envahies par des grands héliophytes et notamment le roseau *P. australis*. Ce dernier limite l'abondance des espèces caractéristiques de l'habitat et augmente la valeur fourragère de la végétation. Le pâturage permet de limiter son abondance (espèce très appétente et sensible au pâturage) et génère une diversification de la structure de la végétation. L'impact du pâturage peut être négatif sur les populations de mollusques rares (par ex. *Vertigo moulinsiana*) mais l'hétérogénéité de la pression de pâturage semble permettre son maintien.

Dans les marais calcaires à *Cladium mariscus* et espèces du *Caricion davallianae* (7210), les enjeux de conservation peuvent être floristiques avec de structures ouvertes ou bien faunistiques lorsque la végétation est haute et dense avec une litière abondante. *Cladium mariscus*, généralement dominante est très peu consommée par les grandes herbivores (les jeunes repousses le sont un peu) mais elle est très sensible au piétinement. Ces formations qui étaient traditionnellement fauchées pour le chaume ne peuvent être pâturées que si elles sont régulièrement fauchées. Le pâturage peut alors avoir des conséquences négatives sur des Rhopalocères dépendant de plantes sensibles à ce mode de gestion (notamment *Sanguisorba officinalis* plante hôte de *Maculinea telejus* et *M. nausithous*). La gestion conservatoire sur ces espèces implique donc une gestion fine du pâturage (exclusion pendant les périodes clés).

Les prairies à *Molinia* (6410) sont particulièrement bien adaptées au pâturage bovin ou équin avec des sols portants. Le pâturage réduit la dominance de la molinie favorisant une plus grande diversité de la végétation et notamment de *Liparis loeselii*.

Interactions sols-végétation-herbivores en contexte de marais tourbeux alcalin

Le pâturage affecte directement le cycle des nutriments (N, P et C) par la diminution de la biomasse végétale et par le recyclage rapide de la matière organique. Le carbone végétal prélevé réduit le potentiel d'accumulation de tourbe mais cette réduction paraît non significative dans les cas étudiés de pâturage très extensif. Cependant, pour un bilan carbone neutre, donc sans accumulation ni perte de carbone, les informations existantes suggèrent que le chargement doit être réduit sensiblement en dessous du chargement maximum pour le maintien de la végétation.

Le piétinement modifie les caractéristiques du sol (compaction, anoxie, ...) ce qui influence les communautés microbiennes et la décomposition de la matière organique. La formation d'un horizon compact minéralisé (horizon KTH) résultant du pâturage influence en retour le fonctionnement hydrologique.

Le bilan net des éléments et la décomposition et le cycle des nutriments peuvent être modifiés par la gestion du pâturage et en particulier par les patrons spatiaux de restitutions de fèces et d'urine et par d'éventuels apports de compléments alimentaires, pouvant conduire à une eutrophisation des tourbières. Les relations entre pâturage et cycle de l'azote sont complexes et variables en fonction des conditions locales. Pour le phosphore, souvent limitant la production dans les tourbières alcalines, le pâturage accélère le cycle du phosphore et augmente la quantité disponible pour les plantes et donc leur production, lesquelles sont ensuite consommées par les herbivores. En revanche, lorsque la pression est forte, le phosphore peut devenir limitant du fait de l'exportation nette de cet élément.

Pratiques de gestion associées au pâturage en marais tourbeux alcalins

Le pâturage est un outil de gestion important de la végétation des milieux tourbeux calcaires à des fins de conservation de la biodiversité. Cependant, de nombreux facteurs locaux, variables dans le temps et dans l'espace, influencent les modalités de gestion du pâturage et sont susceptibles d'en modifier l'impact. Dans une perspective de gestion conservatoire de la biodiversité, le pâturage ne suffit pas toujours à atteindre les objectifs de gestion et des mesures complémentaires sont utiles ou nécessaires. Les méthodes de gestion complémentaires ou alternatives les plus souvent citées par les experts consultés sont d'abord la gestion des eaux car l'eau est fondamentale pour tous les aspects de la structure et du fonctionnement des tourbières. Les autres méthodes de gestion ont comme objectif de combattre fortement les processus de compétition avec des plantes patrimoniales - la coupe/dessouchage de ligneux, et le fauchage. Puisqu'il est essentiel de se préoccuper aussi des interactions 'mammifères-sol' et 'sol-plantes', la réduction de la disponibilité des nutriments aux plantes pour maintenir l'oligotrophie est souvent nécessaire. Enfin, le feu peut également être utilisé (le rôle du feu n'a pas encore été étudié en profondeur en Europe ; il serait utile de comparer les approches Européennes et Américaines, voir Annexe 2, les entrevues avec Wiktor Kotowski et R. van Diggelen).

Utilisation d'herbivores pour restaurer les habitats d'intérêt communautaire 6410, 7230 et 7210

Lorsque les activités de pâturage et de fauchage ont été arrêtées ou très réduites, des dynamiques de succession végétale conduisent à la dominance des grandes herbacées coloniales et/ou à l'établissement de milieux pré-forestiers ou forestiers et la perte de diversité végétale. Le pâturage est un moyen de restaurer et maintenir les communautés végétales caractéristiques de tourbières alcalines. Cependant, les connaissances sont actuellement insuffisantes pour prédire de façon fiable et dans la durée les effets des différents modes de gestion et notamment du pâturage. Une approche par la gestion adaptative est indispensable,

basée sur un suivi précis concernant les aspects écologiques mais aussi sanitaires, techniques et économiques. La gestion par le pâturage devrait envisager dès le départ d'autres modes de gestion (fauchage, dessouchage, ...), en préalable à l'introduction des herbivores comme en mesure complémentaire de gestion. Sur les grands sites, il peut être judicieux de tester différentes options de gestion dans un premier temps avant de décider des actions à long terme. Les experts consultés ont fourni des exemples de gestion avec le pâturage réussis, et des échecs. Les sites où la gestion a réussi sont caractérisés par le choix d'objectifs clairs et réalisables, la co-construction avec les parties prenantes clés, la maîtrise effective de la gestion des animaux (en direct avec les animaux en régie, ou indirecte avec une très bonne intégration locale), et le pilotage professionnel du choix des animaux et de leur gestion.

Changement climatique et tourbières

Le changement climatique va augmenter les risques d'assèchement des tourbières et de la minéralisation progressive des quantités très importantes de carbone organique stocké dans la tourbe, ce qui va contribuer à accélérer le changement climatique. Le réchauffement peut affecter le fonctionnement de l'écosystème depuis la composition des communautés végétales, le cycle des nutriments et le biote du sol avec des rétroactions entre ces compartiments. Ces effets intégrés restent mal quantifiés mais une augmentation du niveau trophique et du relargage du carbone organique dissous est attendue. La remise en eau ou réhumidification des tourbières drainées est proposée comme une méthode d'abord pour limiter les gaz à effet de serre produits par l'oxydation de la tourbe.

Lacunes de connaissances

Cette synthèse confirme que les connaissances scientifiques et techniques nécessaires pour lancer des opérations de gestion par le pâturage existent, mais qu'il reste des lacunes importantes qui constituent des difficultés, voire des obstacles, pour l'utilisation des grands herbivores. Selon la moitié des experts consultés le problème majeur est que les connaissances sont difficiles à retrouver – que ce soient des connaissances traditionnelles ou issues des suivis par les gestionnaires, et même les connaissances scientifiques. Il y a donc intérêt à pousser les scientifiques et les gestionnaires à publier et à partager des publications et de faire des synthèses des connaissances.

Pour les connaissances sociologiques, ont été notées les difficultés de développer/appliquer des objectifs flexibles dans un monde climatiquement variable et dérégulé ; le manque de connaissances sur les processus d'expérience/éducation des animaux, et des gestionnaires aussi ; ou sur les processus de décision par les éleveurs sur les dates de mise à l'herbe, et les densités d'animaux.

Les principales lacunes sur des aspects biologiques concernent (1) les milieux et des processus fonctionnels, notamment le cycle des nutriments, la production primaire, la turbification, (2) l'impact du pâturage sur les plantes et la faune sauvage, (3) la sélection des herbivores, (4) les processus d'interactions entre ces animaux et les plantes, et (5) les effets de la fauche vs. pâturage sur les communautés de plantes.

Summary

Alkaline peatlands include several habitats of community interest, generally in a poor state of conservation in Europe, and characterised by their environmental conditions and their species richness. In undisturbed alkaline peatlands, environmental and especially hydrological conditions keep the vegetation open, favouring a high plant species richness and including many species of conservation concern – both plant and animal. Soil saturation plays an essential role in ecological functioning; the resulting soil anoxia controls biogeochemical cycles, determines subterranean biota, determines the plant species present in communities, controls vegetation dynamics and reduces the rate of decomposition of organic matter, thus favouring peat accumulation.

In Western Europe less than 10% of peatlands still exist and those that remain are deeply disturbed following centuries of management for peat mining and agriculture. Drainage, to a greater or lesser extent, is a common feature of most disturbances, aimed at increasing plant production and soil bearing capacity. The drop in water level alters the conditions that determine the maintenance of peat production (through soil oxidation, resumption of mineralisation), and leads to an increase in primary production and succession towards vegetation with a high biomass and low richness (especially tall grasses or woodlands). To counteract this tendency towards closure in alkaline peatlands, the main management methods are grazing, mowing and clearing of undergrowth or forest, fire, stripping topsoil, etc. Grazing, like other management methods, is a means of managing the consequences of a disturbance rather than a method that is essential to the conservation of functioning alkaline peatlands. Management with large herbivores is considered necessary by the experts consulted, especially to resolve losses of plant biodiversity, and consequently, of insects, birds and other heritage taxa. Secondary objectives cited are carbon storage, involvement of neighbours in management, control of invasive alien species, or reducing the risk of flooding in urbanised areas.

Herbivore selection and stocking rates

A wide variety horse, cattle and sheep breeds are used for grazing peatlands. Water buffalo are also increasingly used, although they are currently marginal. The effects on vegetation differ substantially between these types of herbivores in terms of food selectivity, quantities consumed, social behaviour, etc. Hardy breeds are generally preferred for several reasons, starting with their lower body mass and ability to exploit environments with difficult soils, greater resistance to disease etc. Beyond impacts on vegetation and more generally on environments and biodiversity, the selection of herbivores has important technical implications (enclosures, shelters, etc.) and depends on the strategy of the farmers. Management strategies for conservation purposes or economic purposes can be very different.

Peatlands are very sensitive to herbivory and recommended stocking rates are generally low to very low, between 0.1 and 0.3 LU/ha. However, stocking is a relatively imprecise metric due to seasonal variations in food availability, spatial heterogeneity of vegetation, herd management and animal behaviour.

Impacts of grazing

The two main impacts of grazing are the selective consumption of vegetation, leaves, stems, and bark, and the mechanical destruction of vegetation by trampling. The main consequences on the vegetation are a reduction in the height and cover of the vegetation, a reduction in the abundance of the most palatable species and conversely the increase in avoided species, a reduction in the dominance of colonial species with vegetative propagation, and an increase in annual and opportunistic species. Other induced effects include reduction of litter, soil compaction (which can alter hydrology, destroy the structure of the surface peat, and change

the ecological conditions for flora), spatial redistribution of nutrients, and accumulation of nutrients in the form of faeces.

The effects differ between species and breeds of herbivores depending on their food selection and behaviour, but also depending on the state and composition of the vegetation. Heterogeneity in time and space of grazing pressure and animal behaviour leads to heterogeneity in vegetation.

Control of woody plants is a frequent objective of grazing in alkaline peatlands. The effectiveness of grazing for woody plant control is highly variable depending on the woody species and the herbivores used. Buffalo and cattle in general consume more woody species than equines. Salicaceae (willows, poplars) and Betulaceae (birches) are the most frequently consumed. Conversely, black alder is typically avoided (except by buffalo). Effective control of woody plants often involves prior felling of large individuals, followed by stump grinding and additional management measures (mowing or scrub clearance).

Another frequent objective of grazing in alkaline peatlands is the maintenance of floral diversity and the conservation of heritage species of plants (or invertebrates dependent on these plants, e.g. Rhopalocera). Species such as *Liparis loeselii* and *Triglochin palustre* can be favoured by grazing if it remains moderate. Conversely, *Cladium mariscus*, *Juncus subnodulosus*, *Phragmites australis* and *Schoenus nigricans* decline very rapidly even with low grazing pressure.

Impacts of grazing on habitats

Soil saturation and bearing capacity are strong constraints on the use of domestic herbivores for vegetation management. Thus, transitional mires and trembling bogs (7140) are the most difficult to graze due to their hydromorphy.

In alkaline fens (7230), where the soil is constantly waterlogged, grazing is desirable only when the small sedge vegetation is invaded by large helophytes, particularly reeds. These limit the abundance of species characteristic of the habitat and increase the forage value of the vegetation. Grazing makes it possible to limit reed abundance (*P. australis* is a highly palatable species that is sensitive to grazing) and diversify the vegetation structure. Grazing can have a negative impact on populations of rare molluscs (e.g. *Vertigo moulinsiana*), but the heterogeneity of grazing pressure seems to prevent extinction.

In calcareous fens with *Cladium mariscus* and species of the *Caricion davallianae* (7210), the conservation issues can be floristic in open habitats or faunistic when the vegetation is high and dense with abundant litter. *Cladium mariscus*, which is generally dominant, is not eaten much by large herbivores (young shoots are eaten a little) but is very sensitive to trampling. These formations, which were traditionally mown for thatch, can only be grazed if they are regularly mown. Grazing can then have negative consequences on Rhopalocera, which are dependent on plant species sensitive to this management method (notably *Sanguisorba officinalis*, host plant of *Maculinea telejus* and *M. nausithous*). Conservation management for these species therefore involves fine grazing management (exclusion during key periods).

Molinia meadows (6410) are particularly well adapted to cattle or horse grazing with good soil conditions. Grazing reduces the dominance of the molinia, favouring a greater diversity of vegetation, particularly *Liparis loeselii*.

Soil-vegetation-herbivore interactions in alkaline peatlands

Grazing directly affects nutrient cycling (N, P and C) through the reduction of plant biomass and the rapid recycling of organic matter. Because carbon is removed in the vegetation, the potential for peat accumulation is reduced, but this reduction appears insignificant in case studies of very extensive grazing. However, for a neutral carbon balance, i.e. no carbon

accumulation or loss, existing information suggests that stocking should be reduced significantly below the maximum stocking level for the maintenance of vegetation.

Trampling modifies soil characteristics (compaction, anoxia, etc.) which influences soil microbial communities and the decomposition of organic matter. The formation of a compact mineralized horizon (KTH) resulting from grazing influences, in turn, the hydrological functioning.

The balance of elements, and the decomposition and cycling of nutrients, can be modified by grazing management – in particular by the spatial patterns of faeces and urine discharge and possible supplementary feeding, which can lead to eutrophication of the peatlands. The relationship between grazing and the nitrogen cycle is complex and varies according to local conditions. Phosphorus often limits production in alkaline peatlands; grazing accelerates the phosphorus cycle and increases the amount available to plants and therefore their production, which is then consumed by herbivores. On the other hand, when grazing pressure is high, phosphorus can become limiting due to the net export of this element.

Management practices associated with grazing in alkaline peatlands

Grazing is an important vegetation management tool in alkaline peatlands for the purposes of biodiversity conservation. However, many local factors, which vary in time and space, influence grazing management methods and are likely to modify their impact. From a biodiversity conservation management perspective, grazing is not always sufficient to achieve management objectives and complementary measures are useful or necessary. The complementary or alternative management method most often cited by the experts consulted was water management: water is fundamental to all aspects of the structure and functioning of peatlands. Other management methods, such as cutting/clearing of woody plants, and mowing, aim to reduce competition processes with plants of conservation interest. As it is essential to also address 'mammal-soil' and 'soil-plant' interactions, reducing nutrient availability to plants to maintain oligotrophy is often necessary. Finally, fire can also be used (the role of fire has not yet been studied in depth in Europe; it would be useful to compare European and American approaches, see Appendix 2, interviews with Wiktor Kotowski and R. van Diggelen).

Use of herbivores to restore habitats of community interest 6410, 7230 and 7210

Where grazing and mowing activities have been stopped or greatly reduced, vegetation succession dynamics lead to the dominance of large colonial grasses and/or the establishment of pre-forest or forest environments and the loss of plant diversity. Grazing is a means of restoring and maintaining plant communities characteristic of alkaline peatlands. However, knowledge is currently insufficient to reliably predict the effects of different management methods, including grazing, over time. An adaptive management approach is essential, based on precise monitoring of ecological, animal health, technical and economic aspects. Management by grazing should consider other management methods (mowing, stump removal, etc.) from the outset, both before the introduction of herbivores and as a complementary management measure. On large sites, it may be appropriate to test different management options initially before deciding on long-term actions. The experts consulted provided examples of successful management with grazing, and of failures. Successful management sites are characterised by the choice of clear and achievable objectives, co-construction with key stakeholders, effective control of the management of the animals, (either directly, or indirectly with very good local integration), and professional steering of the choice of animals and their management.

Climate change and peatlands

Climate change will increase the risks of peatland drying and the progressive mineralisation of the very large amounts of organic carbon stored in peat, which will in turn contribute to accelerating climate change. Warming can affect ecosystem functioning, including plant

community composition, nutrient cycling and soil biota, with feedbacks between these compartments. These integrated effects remain poorly quantified but an increase in trophic level and release of dissolved organic carbon are expected. Re-wetting of drained peatlands is proposed as a first step to limit greenhouse gases production by peat oxidation.

Knowledge gaps

This review confirms that the scientific and technical knowledge needed to launch grazing management operations exists, but that there are still major gaps that constitute difficulties, or even obstacles, for the use of large herbivores. According to half of the experts consulted, the main problem is that knowledge is difficult to find – whether it is traditional knowledge or knowledge derived from monitoring by managers, and even scientific knowledge. There is therefore a need to encourage scientists and managers to publish and share publications and to synthesise knowledge.

In terms of sociological knowledge, the difficulties of developing/applying flexible objectives in a climate-variable and deregulated world were noted; the lack of knowledge on the experience/education of animals, and of managers too; and on the decision-making processes of farmers on grazing dates, and animal densities.

The main gaps on biological aspects concern (1) functional processes, especially nutrient cycling, primary production and peat formation, (2) the impact of grazing on plants and wild fauna, (3) the animals used for grazing, (4) interactions between these animals and plants, and (5) the effects of mowing vs. grazing on plant communities.

1. Introduction

La dynamique de succession de la végétation dans la plupart des écosystèmes terrestres conduit vers l'accumulation de biomasse et la dominance d'espèces de grande taille avec, au moins pour les régions tempérées, des richesses spécifiques relativement faibles. C'est notamment le cas des zones humides ou, sauf exceptions liées à des conditions édaphiques ou climatiques, des espèces d'hélophytes vivaces, à tendance souvent exclusive, tendent à dominer les communautés (par exemple *Phragmites australis*, *Typha spp.*, ...).

Les zones humides tourbeuses (en anglais *bogs*, *fens*, *mires* : Tableau 1) sont caractérisées par la présence d'espèces à fort enjeu de conservation : alors que les tourbières ne représentent que 0,2% du territoire en France, 9% des espèces végétales protégées en France, sont typiques des tourbières (Gabaldon 2016), par exemple. *Liparis loeselii*, *Epipactis palustris*, *Platanthera bifolia*, *Gymnadenia conopsea*, *Gentiana pneumonanthe*, *Drosera longifolia*, *Schoenus ferrugineus*, *Primula farinosa*, *Spiranthes aestivalis*, *Hamatocaulis vernicosus* (Bensettiti *et al.* 2002, Darinot & Manneville 2014). Certaines comme *Sanguisorba officinalis*, *Gentiana pneumonanthe* sont la nourriture exclusive d'espèces de Rhopalocères à forte valeur patrimoniale (azurés notamment). Les tourbières alcalines hébergent également d'autres groupes d'espèces de zones humides, moins spécialisées mais avec une forte valeur patrimoniale, par exemple des mollusques (*Vertigo spp.*), odonates, araignées, batraciens (dont le Sonneur à ventre jaune, la Grenouille rousse et le Triton palmé), reptiles (couleuvres, Lézard vivipare, la Vipère péliade, la Cistude d'Europe, ...), des oiseaux paludicoles (par ex le Butor) ou prairiaux (Pipit farlouse) ou des mammifères (Loutre, Chat sauvage, Putois) (Bensettiti 2002 ; Cattin *et al.* 2003 ; Gabaldon 2016 ; Villepoux *et al.* 2020).

Tableau 1 : Terminologie des tourbières (Adapté de Joosten & Clarke 2002 et Rydin & Jeglum 2013)

| Français | Anglais | Définition |
|---|---|---|
| Tourbe | peat | L'accumulation de restes végétaux et animaux dans des conditions anoxiques plus ou moins saturées d'eau, qui entravent la décomposition complète. |
| Tourbière | peatland | Zone où la surface du sol est constituée de tourbe (profondeur d'environ 30 à 40 cm). Le terme fait généralement référence aux zones humides où les sols sont saturés d'eau et pauvres en oxygène, mais des tourbières sèches existent également. |
| Tourbière vivante | mire | Tourbière humide où la tourbe se forme activement. |
| Tourbière ombrotrophe, tourbière haute | bog | Tourbière humide qui reçoit de l'eau et des nutriments principalement de la pluie, de la poussière et des dépôts aéroportés. Acide. Faible en nutriments. |
| Tourbière minérotrophe, tourbière basse, bas-marais | fen | Tourbière humide qui reçoit l'eau et les nutriments des eaux souterraines. Moins acide et plus de nutriments que les tourbières ombrotrophes, mais le pH et les niveaux de nutriments sont variables. |
| Tourbière de transition | transitional peatland | Tourbière humide avec des caractéristiques intermédiaires entre les tourbières ombrotrophes et minérotrophes. |
| Tourbière alcaline | alkaline peatland, alkaline fen, calcareous fen, rich fen | Tourbière minérotrophe à pH élevé. Riche en bases, et abrite une flore riche. |

Dans les zones humides tourbeuses non perturbées, les conditions environnementales et notamment hydrologiques ont maintenu la végétation ouverte pendant des siècles ou des millénaires (Kozub *et al.* 2018). En effet, la submersion conduit à l'anoxie des sols, modifie les cycles biogéochimiques, détermine le biote souterrain, réduisant la vitesse de décomposition de la matière organique et de la productivité et contrôle la dynamique de la végétation (Zhong *et al.* 2020). Dans les tourbières alcalines où les sphaignes sont absentes ou rares, l'accumulation de tourbe résulte de la production végétale, essentiellement constituée d'hélophytes, qui est seulement partiellement décomposée en conditions pédologiques anaérobiques (Crassous & Karas 2007). Dans les tourbières alcalines, de fortes teneurs en calcium ou en fer dans le sol peuvent conduire à une faible disponibilité du phosphore¹, qui peut s'ajouter à la limitation de l'azote pour contribuer à la réduction de la fertilité (Boyer & Wheeler 1989 ; Van Duren & Pegtel 2000 ; Boeye *et al.* 2009).

Dynamiques de la végétation et enjeux de conservation

En Europe de l'Ouest moins de 10% des tourbières existent encore et celles qui restent sont profondément perturbées par des siècles de gestion (Joosten, Tanneberger, & Moen 2017 *in* Kozub 2018). Le drainage, plus ou moins prononcé, est une caractéristique commune à la plupart des perturbations, visant à augmenter la production végétale et la portance des sols. L'altération de l'hydrologie (baisse du niveau d'eau) conduit à l'oxydation des sols, une reprise de la minéralisation, l'augmentation de la production primaire et de la succession végétale. Les apports d'eau riche en nutriments, provenant par exemple de terres agricoles, peuvent également affecter la communauté végétale. Les ajouts de nutriments peuvent augmenter la production de biomasse et accélérer la succession (Verhoeven *et al.* 1996). Dans les tourbières alcalines, des espèces de mousse caractéristiques telles que *Scorpidium scorpioides* peuvent être remplacées par des espèces plus eutrophes, telles que *Calliergonella cuspidata* (Kooijman 1993 ; Kooijman *et al.* 2016).

L'exploitation de la tourbe constituait, et constitue encore dans de nombreuses régions, des perturbations majeures sur de vastes superficies et conduisaient à l'apparition de stades pionniers à forte diversité végétale. Les pratiques anciennes de pâturage ou de fauchage de la végétation limitaient la dominance des hélophytes et favorisaient une plus grande diversité végétale. L'arrêt de l'exploitation de la tourbe et la forte réduction des pratiques de pâturage et de fauchage a réduit l'expression de ces stades pionniers. Il a permis des reprises de dynamiques de succession conduisant ultimement à des stades pré-forestiers ou forestiers. Les tourbières alcalines sont ainsi souvent considérées comme des écosystèmes semi-naturels dans lesquelles le fauchage ou le pâturage sont nécessaires pour prévenir la succession vers des stades forestiers (Stammel, Khiehl & Pfandenhauer 2003 ; Kozub *et al.* 2018). En réalité, les situations intermédiaires sont fréquentes, où la succession vers les communautés d'arbustes ou de forêts est relativement lente, et où le choix entre les approches de conservation (fauchage, pâturage, enlèvement sélectif des arbres) devrait être fondé sur la compréhension des dynamiques de végétation et des processus écologiques sous-jacents et des critères objectifs (Van Diggelen, Middleton, Bakker, Grootjans, & Wassen 2006). Les modifications hydrologiques associées à l'exploitation des tourbières jouent un rôle déterminant dans ces dynamiques de végétation.

Dans les tourbières alcalines, les espèces dominantes telles que *Cladium mariscus*, *Molinia caerulea*, *Schoenus nigricans* ou *Carex* spp. peuvent établir des populations très denses et limiter le développement d'espèces de plus petite taille (Bensettiti *et al.* 2002). Dans le processus de succession végétale lié à l'abandon des pratiques extensives de fauchage ou de pâturage, ou au drainage, ces espèces peuvent être remplacées ou elles-mêmes dominées

¹ La faible disponibilité du phosphore peut résulter de fortes teneurs en calcium ou en fer du sol (blocage chimique / FeP ou apatite) ou de longue pratique de fauchage (exportation) (Van Duren & Pegtel 2000)

par des espèces ligneuses, arbustives ou arborescentes telles que la bourdaine (*Frangula alnus*) ou des saules (*Salix spp*) ou des bouleaux (*Betula spp.*), peupliers (*Populus spp.*) (par exemple Arnesen 1999 ; Darinot & Morand 2001 ; Gunnarsson *et al.* 2002 ; Ausden 2005, Darinot & Manneville 2014 ; Gabaldon 2016). L'accumulation de biomasse avec la fermeture des milieux, conduit à la réduction de la diversité végétale et de la disparition ou la réduction des populations d'espèces de petite taille dont de nombreuses espèces rares inféodées à ces milieux tourbeux (par exemple *Liparis loeselii*, *Calla palustris*, *Saxifraga hirculus*. ...) (Bokdam *et al.* 2002 ; Sunberg 2011).

L'accumulation de biomasse végétale est favorable pour des consommateurs primaires ou secondaires incluant des cortèges de forte originalité ou valeur patrimoniale. Ainsi par exemple, des cladiaies denses très pauvres floristiquement présentent un rôle très important dans la conservation de plusieurs groupes d'arthropodes (araignées, orthoptères, Rhopalocères) ou de mollusques (Bensettiti *et al.* 2002). Cependant, pour la flore, ce sont surtout les milieux « ouverts » qui sont les plus recherchés pour la protection de la biodiversité car ils présentent une richesse spécifique plus grande et contiennent des espèces rares à forte valeur patrimoniale. Certaines espèces d'invertébrés, dépendant de ces espèces rares de flore sont également des cibles de conservation (par exemple l'Azuré des mouillères, *Maculinea alcon* / *Gentiana pneumonanthe*, l'Azuré de la Sanguisorbe, *M. telejus* / *Sanguisorba officinalis* ou l'Azuré des paluds, *M. nausithous* / *Sanguisorba officinalis*). Des espèces d'oiseaux patrimoniales dépendent davantage de la structure de la végétation que de sa composition spécifique comme le Courlis cendré (*Numenius arquata*) ou le Râle des genêts (*Crex crex*).

Pour contrer la tendance générale à la fermeture des milieux, y compris dans les tourbières alcalines, les principales méthodes de gestion sont le pâturage domestique, le fauchage et le débroussaillage ou déboisement, le feu, l'étrépage, ... La restauration d'une gestion hydrologique optimale est un pré-requis à la restauration du milieu, et dans quelques cas peut suffire à maintenir le milieu ouvert, donc une alternative à l'utilisation du pâturage (Rapport des experts, Annexe 2).

Dans ce contexte, l'objectif général de ce travail était de faire une analyse de l'état des connaissances sur l'utilisation du pâturage pour la gestion conservatoire des zones humides tourbeuses alcalines.

Les objectifs spécifiques ont été de :

- Disposer d'un état de l'art sur les interactions végétation-sols-herbivores en contexte de marais tourbeux alcalins ;
- Disposer d'un état de l'art des connaissances sur les pratiques de gestion associées au pâturage en marais tourbeux alcalins ;
- Proposer des hypothèses de travail quant à l'utilisation d'animaux herbivores pour restaurer les habitats d'intérêt communautaire-cibles ;
- Apporter une expertise sur les pistes de développement du pâturage étudiées dans le cadre du projet, ainsi que sur la méthode d'évaluation des actions de pâturage à mettre en place.

Plus spécifiquement, il s'agissait de réaliser une étude avec trois volets :

1. Un recueil et synthèse bibliographique, notamment sur :
 - les interactions sols-végétation-herbivores en contexte de marais tourbeux alcalins,
 - les pratiques de gestion associées au pâturage en marais tourbeux alcalins,
 - les conséquences du changement climatique sur les zones humides tourbeuses.
2. Une consultation et recueil d'avis d'expert.
3. Des expertises de terrain.

2. Méthodes

L'analyse bibliographique a été réalisée sur trois sources d'information :

- Les documents fournis par le Conservatoire d'espaces naturels des Hauts-de-France).
- Les documents détenus par les participants à cette analyse.
- Une recherche bibliographique.

La recherche bibliographique a été ciblée sur *alkaline, calcareous and transitional peatlands* (voir Table 1) partout dans le Monde, avec des mots clés dans Google, Google Scholar, et Web of Science.

Les communautés végétales concernées étaient :

- 6410 (*Molinia meadows on calcareous, peaty or clayey-silt-laden soils* / Prairies à *Molinia* sur sols calcaires, tourbeux ou argilo-limoneux)
- 7140 (*Transition mires and quaking bogs* / Tourbières de transition et tremblantes)
- 7210 (*Calcareous fens with Cladium mariscus*) et
- 7230 (*Alkaline fens*/Tourbières basses alcalines).

D'autres types de tourbières minérotrophes (« *fens* ») et ombrotrophes (« *bogs* ») ont éventuellement été ajoutés en fonction des sujets.

Les modes de gestion concernés étaient : l'ajout ou le retrait du pâturage, l'utilisation d'herbivores domestiques mais aussi les effets des herbivores sauvages et domestiques en fonction de leur densité, l'utilisation du pâturage pour la conservation + méthodes alternatives (fauchage, dessouchage, ...).

Les documents utilisés étaient des articles scientifiques primaires mais aussi des synthèses techniques. Dans la mesure du possible, nous avons utilisé des études avec comparaisons avant/après exposition (pâturé → non pâturé, ou non pâturé → pâturé) et/ou avec « témoin » (pâturé vs non pâturé).

Résultats recherchés :

- Les impacts du pâturage sur la végétation : la composition et la structure, le recouvrement des ligneux, la richesse spécifique, l'abondance des espèces végétales caractéristiques, rares ou menacées ou d'intérêt, la réponse d'espèces individuelles à la gestion par le pâturage ;
- Les impacts du pâturage sur le fonctionnement des écosystèmes ;
- Les effets du changement climatique sur le fonctionnement des zones humides tourbeuses et leur bilan carbone.

La consultation et recueil d'avis d'experts : l'objectif de ce volet de l'étude était de replacer le sujet dans un cadre opérationnel en mobilisant l'expertise des acteurs (scientifiques, gestionnaires) les plus à jour sur les connaissances relatives aux thématiques abordées. De l'importance a été accordée à la faisabilité opérationnelle des différentes pratiques de gestion potentielles pour les milieux tourbeux.

Son intérêt est aussi d'intégrer à l'étude des informations non valorisées dans la littérature ou d'identifier des ressources (bibliographiques, humaines) méconnues, en dehors des réseaux habituels nationaux auxquels participent déjà le maître d'ouvrage et les partenaires du projet LIFE. 24 experts ont été sollicités, et 12 ont accepté un échange, par visioconférence/téléphone. Une synthèse de ces consultations est fourni dans l'Annexe 2 de ce rapport de synthèse.

Des expertises de terrain ont été effectuées sur 4 sites. Le projet Anthropofens prévoit de mettre en place des suivis des impacts du pâturage sur les milieux-cibles. Les visites de terrain avaient pour but de croiser les questionnements abordés par l'étude bibliographique avec les questionnements propres aux suivis mis en place par le maître d'ouvrage et ses partenaires.

3. Résultats

3.1. Le pâturage et la gestion des zones humides

Le pâturage est un outil de gestion important de la végétation des milieux tourbeux calcaires légèrement drainés (Middleton *et al.* 2006). Le maintien de prairies riches en espèces dépend souvent de l'activité des animaux en pâture (par ex. Bassett 1978 ; Duncan & D'Herbès 1982 ; Gordon *et al.* 1990 ; WallisDeVries *et al.* 1998 ; Loucougaray *et al.* 2004). Il est jugé nécessaire par les experts consultés (Annexe 2) dans les tourbières alcalines quand il y a perte de biodiversité, surtout des espèces patrimoniales, due à la succession qui entraîne l'embroussaillage, ou à des espèces exotiques envahissantes. L'objectif principal est de maintenir et/ou restaurer la biodiversité, 4 objectifs secondaires ont été cités (Encadré 1).

Encadré 1. « La gestion active des tourbières alcaline est souvent pratiquée – dans votre expérience quand est-elle nécessaire ? et pourquoi ? »

Avis d'experts : en parenthèses le nombre d'experts sur 12 qui ont tenu chaque point de vue.

La gestion avec des grands herbivores est considérée nécessaire par ces experts quand il y a perte de biodiversité, surtout des espèces patrimoniales, due à la succession qui entraîne l'embroussaillage, ou à des espèces exotiques envahissantes. L'**objectif** principal est généralement de maintenir et/ou restaurer la **biodiversité** des plantes, et en cascade, insectes, oiseaux et d'autres taxa patrimoniaux (12/12). Les objectifs secondaires cités sont le stockage de carbone (2), l'implication des voisins dans la gestion (2), le contrôle des espèces exotiques (1), ou minimiser le risque d'inondation d'une ville (1).

Pour des informations détaillées sur les avis d'expert, voir Annexe 2.

Contrairement à l'Europe où le pâturage est un outil de gestion de la biodiversité très utilisé, le pâturage domestique est souvent considéré aux USA, en Europe du Nord et en Russie comme une cause de la dégradation des milieux naturels et notamment des zones humides tourbeuses calcaires (Ratcliff 1985 ; Cooper & Wolf 2006 *in* Merriam *et al.* 2017). Plusieurs explications sont avancées dont le fait que les communautés de plantes à l'ouest des USA n'ont pas évolué récemment en présence d'herbivores analogues aux bovins domestiques, les herbivores indigènes sauvages étant très largement moins lourds (Albon 2007 ; Merriam *et al.* 2017).

De nombreux facteurs locaux, certains variables dans le temps et dans l'espace, influencent les modalités de gestion du pâturage dans les zones humides tourbeuses et sont susceptibles d'en modifier l'impact. Des effets à court terme peuvent être inversés avec le temps (Darinot & Manneville 2014) ; la gestion du pâturage dans les zones humides tourbeuses nécessite donc une approche adaptative, basée sur un suivi précis concernant les aspects écologiques mais aussi sanitaires et techniques (voir section 3.6).

La richesse spécifique des communautés est négativement corrélée à la biomasse végétale totale (Wheeler & Giller 1982). Le pâturage dans les prairies à faible productivité, maintient

une grande diversité végétale et influence à la fois la composition des plantes et le cycle des nutriments (Ford *et al.*, 2012). Différents mécanismes d'impacts sont impliqués, notamment par les conséquences des apports d'azote disponible et de la réduction sélective de l'abondance d'une ou plusieurs espèces dominantes (Bardgett & Leemans 1995).

L'impact des herbivores dépend de l'état initial au moment de leur introduction et de la palatabilité des espèces présentes (Bakker 1998 ; Vulink 2001). Les effets peuvent être positifs pour certaines espèces végétales ou animales et négatives pour d'autres (Epele *et al.* 2015 ; Davidson *et al.* 2017) en fonction de leur dépendance à l'abondance de la végétation en général (par ex. invertébrés, Kruess & Tscharntke 2002 ; Brose 2003) ou de certaines espèces, de la structure de la végétation (oiseaux par ex. Duncan & D'Herbès 1982 ; Žmihorski *et al.* 2015).

3.2. Quels herbivores sont utilisés dans les milieux tourbeux alcalins

Les équins, ovins, caprins, bovins et les lagomorphes peuvent réduire la dominance des herbes hautes et maintenir une courte pelouse d'espèces riches en herbacées (Duncan & D'Herbès 1982 ; Millett & Edmondson ; 2013). Les équins, bovins et ovins sont utilisés pour pâturer en milieu tourbeux avec une grande variété de races (Gordon *et al.* 1990 ; Dupieux 1998). Les caractéristiques des trois familles d'herbivores domestiques pouvant être utilisées pour la gestion conservatoire des milieux tourbeux sont présentés en détail dans Crassous & Karas 2007, adapté de Le Neveu & Lecomte 1990). La sélection alimentaire diffère entre ces groupes d'herbivores domestiques avec des conséquences en termes de dynamique de la végétation. Les équins ont une sélection alimentaire plus restrictive que les bovins (Vulink 2001 ; Ménard *et al.* 2002 ; Lacougaray 2004) et tendent à générer davantage d'hétérogénéité spatiale. Les équins consomment de plus grandes quantités de végétaux, et peuvent exploiter des végétaux plus fibreux (de moindre qualité nutritive) que les bovins et apparaissent ainsi plus efficaces dans une perspective d'ouverture des milieux. Les bovins consomment plus facilement les ligneux et les grandes herbacées dicotylédones (Menard *et al.* 2002) et digèrent plus facilement les ligneux (Vulink 2001). Les buffles sont de plus en plus utilisés pour pâturer en zones humides : ce sont les grands herbivores domestiques les plus aquatiques, peuvent consommer des végétaux très fibreux et ont un régime alimentaire mixte (brouteurs et « browsers ») avec un impact fort sur les ligneux (Kazoglou *et al.* 2004 ; Wiegleb & Krawczynski 2010).

Pour la gestion des milieux naturels et des objectifs de conservation, les herbivores principalement utilisés dans les milieux tourbeux alcalins sont des chevaux (races Konik ou Camargue) et des vaches (Highland, Camargue) (Becker 2015 ; Ausden *et al.* 2005, Darinot & Morand 2001 ; Gabaldon 2016). Les races rustiques sont privilégiées car capables de supporter des conditions stationnelles difficiles (sol engorgé, peu portant, végétaux peu appétents voire toxiques) et résistent mieux au parasitisme et maladies liées à l'humidité (par ex. piétin des ovins), et leur masse corporelle comparativement plus faible aux races modernes leur permet d'accéder à des sols peu portants. Par leur consommation plus importante de végétaux, les équins apparaissent plus efficaces que les bovins et dans une perspective d'ouverture des milieux ; cependant, les bovins consomment plus facilement les ligneux et les herbacées dicotylédones (Duncan 1992 ; Menard *et al.* 2002). Parallèlement à l'utilisation hétérogène de l'espace, les déjections avec leurs conséquences sur l'eutrophisation tendent à s'accumuler, notamment à proximité des points d'eau et abreuvoirs mais aussi pour des chevaux dans certains secteurs où les herbacées sont alors délaissées. Les bovins et les équins sont capables d'exploiter des milieux engorgés voire inondés que ne peuvent pas exploiter les ovins ou les caprins. Cependant dans les milieux tourbeux, la sécurité des animaux est en jeu sur des milieux peu portants où ils peuvent se noyer ou s'embourber. Des taux de parasitisme élevés ont également été parfois constatés Gabaldon 2016) mais pouvant avoir été liés ou aggravés par d'autres facteurs.

Le buffle d'eau (*Bubalus bubalis*) peut prospérer dans des conditions humides permanentes et

sur des fourrages à faible contenu énergétique, et résiste aux parasites et aux maladies des sabots (Joosten *et al.* 2016). Il a été utilisé pour gérer les zones humides par le pâturage en Grèce et en Allemagne, aidant à contrôler les herbes dominantes et les plantes ligneuses (Kazoglou *et al.* 2005 ; Wiegler & Krawczynski 2010). Il existe un potentiel d'utilisation du buffle d'eau ou d'autres herbivores en « paludiculture » : utilisation productive de tourbières humides (ou réhumidifiées), qui peut maintenir la biodiversité et les services écosystémiques associés aux tourbières humides tout en générant des retours économiques directs (Joosten *et al.* 2016).

Les conditions économiques de la gestion du pâturage constituent également un critère de sélection en fonction des stratégies de l'éleveur. La sélection de l'herbivore a également des considérations techniques (enclos, abri, suivi sanitaire) qui vont au-delà de cette synthèse et analysés dans des comparaisons entre espèces (Menard *et al.* 2002) ou des documents techniques (par exemple Agreil & Greff 2008 ; Crassous & Karas 2007). Toutefois, à l'heure actuelle, il est plus difficile de mettre en place un pâturage économiquement viable en tourbières même si une évolution semble se dessiner en France et en Europe permettant une meilleure gestion des milieux humides sensibles (Gabaldon 2016). Pour une synthèse sur les approches économiques à la conservation de la biodiversité en tourbière en Franche-Comté, voir Muller et Gabaldon (2017).

Quel chargement ?

Les effets du pâturage sur la flore et la végétation sont souvent exprimés en fonction du chargement mesuré en Unité Gros Bétail (UGB/ha). Cette métrique est facile à calculer mais relativement délicate ou imprécise dans le cas des marais tourbeux en fonction de l'accessibilité des différents secteurs pour les animaux et de l'abondance d'espèces non consommables. Une mesure plus précise serait la pression effective de pâturage mesurée comme la fraction consommée (Becker 2015) mais la mesure est lourde à mettre en œuvre.

La pression est souvent variable dans le temps, nulle ou faible en hiver lorsque les niveaux de nappe sont élevés et la portance des sols plus faibles et la disponibilité alimentaire, la teneur en nutriments de la végétation et sa digestibilité plus faible (Duncan 1983 ; Duncan 1992 ; Ausden *et al.* 2005 ; Chodkiewicz & Stypiński 2017). La pression de pâturage est souvent hétérogène dans l'espace avec des parties pâturées fortement et d'autres délaissées du fait du comportement des animaux concernant la sélection alimentaire, l'occupation de l'espace et le dépôt de fèces (Fojt, & Harding 1995 ; Grace 2001 ; Ménard *et al.* 2002 ; Vulink 2001 ; Crassous et Karas 2007 ; Leech 2009). Elle peut être modulée aussi par la gestion en fonction des besoins de préserver certaines espèces sensibles, de considérations zootechniques ou économiques (Stammel *et al.* 2003 ; Darinot & Manneville 2014 ; Gabaldon 2017).

Les zones humides tourbeuses sont très sensibles au surpâturage et les chargements recommandés sont en général faibles à très faibles, entre 0.1 à 0.3UGB/ha (Darinot & Manneville 2014 ; Gabaldon 2016 ; Ausden *et al.* 2005). Les chargements effectifs sont cependant très dépendants du contexte (durée de présence, végétation, saisons, présence de refuges secs, ...) et des variations importantes peuvent être constatées. Ainsi des chargements plus élevés sont notés : 0.5 UGB/ha entre mai et octobre (soit 0.25 UGB/ha en moyenne annuelle) sur des prairies à *Molinion caeruleae* et *Caricion davallianae* (Allemagne, Stammel *et al.* 2003 ; Gabaldon 2016) (0.8UGB/ha.an, sur bas-marais et moliniaies para tourbeuses, Ferme du Hérisson, Jura mais avec 20% de pertes d'animaux par an). Inversement, sur une cladiaie dense à *Cladium mariscus* et magnocariçaies des substrats tourbeux eutrophes à *Carex elata*, un chargement de 0.35 UGB/ha.an est jugé trop élevé et les animaux retirés (Marais de Lavours, Ain, Darinot & Manneville 2014). L'expérience des éleveurs pour ces milieux peut jouer un rôle déterminant dans la bonne gestion du milieu et du troupeau.

Si le pâturage est permanent, un déséquilibre peut apparaître entre les ressources ciblées par le gestionnaire (généralement des plantes en zones humides), et les 'ressources clés' qui déterminent la capacité d'accueil d'un site pour les animaux. L'affouragement en hiver peut être une tactique efficace, à condition d'éviter trop de piétinement (Rapport des Experts, Annexe 2) ; l'affouragement sera alors possible, de préférence situé hors zone humide.

3.3. Impacts du pâturage

De multiples mécanismes sous-tendent les effets des herbivores sur les milieux et la végétation avec dimensions spatiales et temporelles variées. Les deux principaux mécanismes sont la consommation sélective de la végétation, des feuilles, tiges, écorces et la destruction mécanique de la végétation par le piétinement. Les autres effets induits sont notamment la réduction de la litière, la compaction des sols (qui peut modifier l'hydrologie, conduire à la déstructuration du substrat tourbeux et modifier les conditions mésologiques pour la flore), la redistribution spatiale des nutriments et l'accumulation sous forme de fèces,

La sélection alimentaire

La sélection alimentaire des animaux diffère entre les espèces et les races (Gordon *et al.* 1990). Elle est également influencée par les conditions locales, les périodes et chargement et par d'éventuelles mesures complémentaires de gestion (fauchage, débroussaillage, compléments alimentaires, ...). La sélection alimentaire distingue les « *grazers* » (broueteurs) qui consomment de l'herbe à un niveau proche du sol des « *browsers* » (abrouetteurs) qui consomment des tiges et des rameaux ligneux en hauteur, avec des situations intermédiaires (Gordon *et al.* 1990). Pour certains auteurs les « *grazers* » seraient plus efficaces à maintenir un stade ouvert ou de début de succession alors que les « *browsers* » pourraient favoriser le développement des ligneux (Davidson 1993 ; Devriendt 2012). Cependant, d'autres études indiquent que les *browsers* peuvent effectivement ralentir la colonisation des ligneux (littérature citée in Vulink 2001). Les herbivores domestiques ont des impacts particulièrement forts du fait des densités ou biomasses sensiblement plus élevées que les herbivores sauvages.

Les principales conséquences du pâturage extensif sur la végétation sont la réduction de la hauteur et du recouvrement de la végétation et de la litière, la diminution de l'abondance des espèces les plus appétentes et inversement l'augmentation des « refus », la réduction de la dominance des espèces coloniales à multiplication végétative, l'augmentation des espèces annuelles, et opportunistes. Avec un pâturage modéré, la réduction de la biomasse des espèces végétales dominantes conduit à une diminution de l'intensité de la compétition et par suite à l'augmentation de la richesse spécifique de la végétation, notamment des espèces les plus caractéristiques des zones humides tourbeuses (Stammel *et al.* 2003 ; Ausden *et al.* 2005 ; Darinot and Morand 2001).

Les variations dans l'espace et dans le temps de la pression de pâturage conduisent à une hétérogénéité spatiale de la végétation (notamment par rapport à le fauchage) avec des secteurs surpâturés contrastant avec d'autres évités et donc avec une faible pression de pâturage.

Le piétinement

Le piétinement est une composante importante de l'impact des herbivores sur la végétation impliquant des processus complexes d'importance très variable mais peu étudiés (Arnesen 1999). Le piétinement est une pression non sélective mais avec des impacts contrastés entre les espèces végétales (Arnesen 1999). L'impact du piétinement sur la végétation est plus fort sur les sols humides que sur les milieux secs (Arnesen 1999 ; Heggenes *et al.* 2017). La plupart des ligneux sont considérés comme faiblement ou non tolérant au piétinement (Bjonness 1981 ; Arnesen 1999). Les dicotylédones herbacées sont globalement sensibles au

piétinement, les espèces à rosettes pouvant cependant tolérer une pression modérée de piétinement (Arnesen 1999). Cependant, la résistance au pâturage est variable entre espèces au sein de ces groupes. Les espèces graminoides et les géophytes sont globalement plus résistantes au pâturage (Grabherr 1982 ; Sun & Liddle 1993 ; Arnesen 1999). Les différences de résistance au pâturage sont liées à des caractéristiques anatomiques : position des méristèmes, des organes de réserve, forme des feuilles et des tiges, formes prostrées, élasticité des tissus, l'intensité de la multiplication végétative, ... (Arnesen 1999).

L'intensité du piétinement est évidemment liée à la densité des herbivores. Dans des savanes africaines étudiées par Cumming & Cumming (2003) où les animaux vivent à des densités proches des densités naturelles, moins de 10% de la surface des domaines vitaux est piétinée par an par chaque espèce. La taille des herbivores n'a pas d'influence sur la surface piétinée (Hobbs & Searle 2005). Lorsqu'il est intensif, par exemple sur les sentiers créés et suivis par les animaux ou à fort chargement, le piétinement conduit à la création de zones de sol nu et à la diminution du recouvrement et de la richesse de la flore. La surface piétinée par les herbivores peut être importante, mais la surface piétinée des communautés de plantes dépend aussi de facteurs biologiques 'autres' sûrement plus variables que les variations dues à la masse, comme le temps passé en marchant/jour, la longueur d'un pas, de la probabilité que les individus ne mettent pas leurs pieds sur les mêmes endroits plusieurs fois, de la sociabilité des animaux, etc. Le comportement social des animaux et la taille de leur domaine vital jouent un rôle important sur l'effet local du piétinement (Albon *et al.* 2007).

Le piétinement modifie les caractéristiques physiques du sol (voir section 3.4) mais il existe peu d'informations précises sur ce sujet (Drewry *et al.* 2008). Le poids plus élevé des bovins domestiques conduit à des effets physiques du piétinement plus importants et par suite à la compaction et à l'érosion des sols (Belsky *et al.* 1999 ; Jones 2000).

Les microsites de sol nu générés par le piétinement sont des sites privilégiés pour la germination des graines. Les herbivores dispersent de nombreuses graines dans leur fèces (Bakker & Olff 2003) ou adhèrent sur leur pelage ou les sabots (Middleton 2002 ; Couvreur *et al.* 2004). Le piétinement des fèces facilite l'installation des plantules des espèces qui y sont dispersées par les herbivores (Faust *et al.* 2011). Cependant, une étude en Allemagne dans une formation du *Caricion davallianae* n'a pas mis en évidence d'effet positif significatif des empreintes et suggère que sur des sols humides, les effets négatifs de la compaction et de la modification de la disponibilité en eau et en lumière dans les empreintes prévalent sur les effets positifs observés sur quelques espèces (e. g. *Linum catharticum*, *Galium uliginosum*, and *G. palustre*, *Drosera rotundifolia*, *Primula farinosa*) (Stammel and Kiehl 2004).

Les problèmes de dispersion/colonisation d'espèces végétales et animales cibles de la gestion peuvent être des causes d'échec dans des projets de restauration, notamment à cause des difficultés de colonisation par les espèces cibles. Dans ces cas, la préparation de plantes/mousses en pépinière pour les planter dans des sites en restauration est parfois envisagée (R. van Diggelen, cf. entrevue en Annexe 2.2.). Les grands herbivores peuvent également jouer un rôle dans la restauration de la végétation en transportant des espèces cibles de la gestion.

L'arrêt du pâturage domestique ne conduit pas nécessairement à une restauration de la végétation des zones humides tourbeuses avec parfois des conséquences négatives telles que l'augmentation du recouvrement des espèces exotiques envahissantes, (Tesauro & Ehrenfeld 2007) ou des ligneux contrairement aux sites de référence jamais pâturés (Middleton 2002). La restauration de la végétation après le piétinement sur sols tourbeux est lente et dépendante de la taille des milieux dégradés, de la productivité des milieux, et variable en fonction des capacités de colonisation et de multiplication des espèces. L'évolution de la végétation après abandon du pâturage paraît difficile à prévoir et Merrima *et al.* (2017)

ont trouvé en Californie qu'il conduisait à la régression des espèces qui contribuent à la formation de la tourbe et à la colonisation par des espèces des milieux secs environnants.

3.3.1. Le contrôle des ligneux

Le contrôle des ligneux est un objectif fréquent de l'introduction du pâturage (Darinot & Morand 2001 ; Stammel *et al.* 2003 ; Middleton *et al.* 2006). Paradoxalement, le pâturage peut conduire parfois à favoriser l'installation des ligneux en créant des niches de régénération dans les végétations herbacées denses des tourbières alcalines (Regnéll 1980 ; Middleton 2002).

Les espèces d'herbivores domestiques ayant le plus d'appétence pour les ligneux sont les caprins et les ovins qui sont les deux espèces les moins bien adaptées aux zones humides. Les bovins et les équins, les plus généralement présents dans les zones humides tourbeuses, impactent les ligneux par leur consommation et par le piétinement (voir section 3.2). Les espèces les plus consommées sont les saules, les frênes, les bouleaux et les peupliers. Inversement, l'Aulne glutineux est généralement refusé. Les bovins consomment plus facilement les ligneux que les équins. Cependant, ces derniers peuvent consommer des quantités significatives de certaines espèces de ligneux (*Salix*, mais aussi dans certains lieux *Fraxinus* et *Betula* - Garrido *et al.* 2020 ; Wiegleb et Krawczynski 2010 ; Pasquier 2010), surtout dans des conditions où les graminées deviennent rares. Ils peuvent également avoir un impact important en écorçant certaines espèces de ligneux (orme, frêne, peupliers, ...). Les ligneux non appétents (Aulne notamment) et les tiges des arbres et arbustes au-delà de deux mètres de hauteur échappent au pâturage qui concerne alors seulement les rameaux latéraux (Crassous & Karas 2007 ; Darinot & Manneville 2014). L'impact du pâturage est plus fort en hiver pour limiter les ligneux, par la réduction du choix alimentaire et par un écorçage qui peut avoir un impact fort sur la survie des arbres ; le confinement des animaux dans des parcs permet d'augmenter la pression sur les ligneux (et les refus de pâture en général).

Les buffles ont un effet important sur les ligneux en les consommant, en se frottant sur les troncs des gros arbres et en frottant leur tête et leurs cornes contre des arbrisseaux (Kazoglou *et al.* 2004 ; Wiegleb & Krawczynski 2010). En pliant les arbrisseaux ils peuvent consommer les branches ou les feuilles jusqu'à 6 m de haut, y compris l'Aulne glutineux, généralement non consommé (Wiegleb & Krawczynski 2010).

Les herbivores domestiques peuvent prévenir l'installation des ligneux ou les contenir mais ne peuvent en aucun cas les faire régresser. Dans un site fortement colonisé par les ligneux, la coupe des arbres et/ou arbustes permet l'augmentation de l'abondance des plantes caractéristiques des tourbières (Kotowski *et al.* 2013 in Taylor *et al.* 2018). Après débroussaillage, les équins ou les bovins peuvent éventuellement contrôler les repousses des ligneux appétents (Middleton *et al.* 2006 ; Crassous & Karas 2007).

Le contrôle des ligneux par les herbivores domestiques est souvent incomplet du fait d'une faible appétence et d'une vitesse de développement rapide. Le pâturage par les chevaux et les bovins doit donc souvent être accompagné par un fauchage ou un débroussaillage régulier (Darinot & Manneville 2014). Le fauchage est un complément utile du pâturage en facilitant l'accès des animaux et en augmentant la valeur alimentaire de la végétation (Regnéll 1980 ; Sunberg 2011, voir Encadré 2, section 3.5).

Les grands herbivores sauvages sont davantage « *browsers* » (élan, chevreuil) mais leur densité est souvent faible avec un comportement solitaire. Le cerf et le bison sont des herbivores intermédiaires entre *grazers* et *browsers* et sont plus grégaires (Bokdam *et al.* 2002). Les faunes d'herbivores sauvages sont cependant très appauvries par les divers impacts des activités humaines. Même dans le Parc National de Biebrza où les populations d'herbivores sauvages sont conséquentes, les élans n'empêchent pas le développement des ligneux dans les tourbières (Bokdam *et al.* 2002), voire pourraient les favoriser (Kuijper *et al.*

2016). L'Elan a cependant été utilisé avec succès pour contrôler des ligneux dans les zones humides mais il ne contrôle pas les grandes herbacées dominantes et est difficile à enfermer dans des clôtures (Burkhart 2006 *in* Wiegleb & Krawczynski 2010). En revanche, le Renne semble pouvoir contrôler la colonisation par les ligneux dans la toundra arctique (Kolari *et al.* 2019). Aux USA, un impact significatif du Cerf de Virginie sur la végétation de tourbière alcaline a été noté alors qu'aucun impact n'était mis en évidence sur des tourbières ombrotrophiques (Pellerin *et al.* 2006). De façon plus anecdotique, le Castor peut jouer localement un rôle important pour la restauration de tourbières, en modifiant l'hydrologie (restaure la submersion des sols) et en limitant directement (consommation) et indirectement les arbres (hydrologie) (Liarsou 2013)

3.3.2. Effets sur la flore

La flore des tourbières alcalines est riche et diversifiée, caractérisée par la présence de nombreuses espèces avec des enjeux de conservation. Ces espèces diffèrent largement dans leur appétence et digestibilité et sont donc plus ou moins recherchées ou évitées par les herbivores. Ainsi l'introduction du pâturage peut conduire à des modifications importantes des populations, variables en fonction de la pression de pâturage et des types d'herbivores utilisés. Ainsi par exemple peuvent être favorisées par une pression forte de pâture *Triglochin palustre*, *Eleocharis uniglumis*, *Cyperus fuscus* et *Juncus articulatus*. *Liparis loeselii*, une espèce de la Directive Habitat et objectif fréquent de gestion, est favorisée par une pression relativement forte mais sans mise à nu de la tourbe. Inversement *Cladium mariscus*, *Juncus subnodulosus*, *Phragmites australis*, *Schoenus nigricans* déclinent très rapidement même avec une pression faible (Becker 2015).

Le pâturage extensif favorise le développement de « refus » comme certains joncs, les cirses (*Cirsium spp*), l'eupatoire (*Eupatorium cannabinum*), les orties (*Urtica spp*), l'iris faux-acore (*Iris pseudacorus*) etc. Le pâturage favorise également les espèces nitrophiles, à rosette, et tolérant la compaction du sol (Crassous & Karas 2007). Les espèces opportunistes tolérantes au pâturage sont particulièrement favorisées (Magnússon & Magnússon 1990).

Un tableau (Annexe 1) fait la synthèse des effets du pâturage sur les espèces végétales identifiés dans des publications consultées.

3.3.3. Effet sur les communautés

Dans le cadre du programme LIFE Anthropofens, quatre des principaux types d'habitat de tourbières alcalines reconnus d'intérêt communautaires au sein de la directive européenne Habitat-Faune-Flore, sont ciblés, : **les tourbières de transition et tremblantes (7140)**, **les tourbières basses alcalines (7230)**, **les marais calcaires à *Cladium mariscus* et espèces du *Caricion davallianae* (7210, habitat prioritaire)**, **prairies à *Molinia* sur sols calcaires, tourbeux ou argilo-limoneux (*Molinion-caeruleae*) (6410)**, correspondant à des conditions écologiques et notamment hydrologiques différentes. Ces habitats correspondent approximativement à un gradient décroissant d'hydromorphie. Les modes de gestion recommandés sont le plus souvent le maintien ou la restauration de l'hydrologie et, à l'exception des tourbières de transition et tremblantes (7140), la réintroduction de pratiques extensives de fauchage ou de pâturage et le maintien ou la restauration de l'hydrologie. La portance très faible des sols pour les tourbières de transition et tremblantes limite leur exploitation par le bétail.

Les informations de la littérature scientifique sur les effets du pâturage sur chacun de ces types d'habitats ont été rassemblés malgré que les publications ne concernent rarement qu'un seul type d'habitat. Des informations sur les effets du pâturage sur les espèces dominantes ont également été utilisées.

3.3.3.1. **Les tourbières de transition et tremblantes (7140)**

Les végétations (**hydrophiles, flottantes ou submergées**) les plus représentatives sont des pelouses tremblantes ou flottantes dominées par les cypéracées de petite à moyenne taille, associées à des sphaignes et mousses pleurocarpes. Elles peuvent être accompagnées de végétaux aquatiques ou amphibies.

Le pâturage contribue à maintenir ouvert les végétations et son abandon conduit à une reprise de succession et le développement d'un couvert forestier (Rosenthal 2010). Parmi les habitats concernés par le projet, c'est celui qui est le moins facilement accessible aux herbivores domestiques du fait de son hydromorphie et de la faible portance des sols.

Une faible pression de pâturage par des bovins tend à réduire la vitesse de succession sur les tourbières de transition par la destruction des buttes de sphaignes (Rosenthal 2010). Le pâturage (bovin) a été introduit dans une tourbière de transition en Suisse afin de limiter l'envahissement par le roseau dans un contexte de dégradation progressive de l'habitat à la suite d'un abaissement de la nappe (drainage) (Küchler *et al.* 2009). Les résultats ont été jugés médiocres avec un faible contrôle du *Phragmites*, un déclin des espèces caractéristiques des tourbières de transition moins rapide dans la zone pâturée que dans le contrôle (non pâturé). Les effets du pâturage sur le niveau trophique sont hétérogènes et difficiles à séparer des effets du drainage. Le piétinement est considéré comme un problème important, justifiant un arrêt ou un aménagement du pâturage (Küchler *et al.* 2009). Inversement, Rosenthal (2010) conclut que le pâturage, sur une échelle spatiale large, amène une diversification spatiale des stades de succession conduisant à une forte diversité spécifique à l'échelle du paysage.

3.3.3.2. **Les tourbières basses alcalines (7230)**

Végétation des bas-marais neutro-alcalins, le plus souvent sur des substrats organiques **constamment gorgés d'eau** et fréquemment (mais non systématiquement) tourbeux.

Les tourbières basses alcalines correspondent à des prairies tourbeuses méso-eutrophes, souvent dominées par des petites cypéracées (laiches, scirpes, choins) et qui tendent à être dominées par des grandes hélrophytes, dont le roseau, lorsque le niveau trophique augmente, notamment à la faveur d'un abaissement de la nappe (Küchler *et al.* 2009). Un des enjeux de gestion est de maintenir l'habitat ouvert pour une plus grande richesse spécifique et donc de réduire la dominance des grandes herbes et du roseau (Wheeler & Giller 1982 ; Bensettiti *et al.* 2002). Les roselières constituent des communautés végétales avec une biomasse très élevée et une faible richesse spécifique en général. La dominance de *Phragmites australis* et le mécanisme d'exclusion compétitive sont généralement considérés comme responsables de cette faible richesse spécifique (Haslam 1972 ; Tesauro & Ehrenfeld 2007 ; Mesléard *et al.* 1994 ; Packer *et al.* 2017). Cependant, dans les tourbières alcalines, l'importance de la dominance de *Phragmites* est discutée et la réduction de l'abondance de cette espèce ne conduit pas nécessairement à une augmentation de la richesse spécifique (Güsewell & Edwards 1999 ; Küchler *et al.* 2009).

Le pâturage permet une diversification de la végétation, qui favorise les espèces typiques de la tourbière basse, notamment *Carex hostiana* et *C. lepidocarpa*. Il favorise également des espèces telles que *Liparis loeselii*, *Parnassia palustris*, *Cirsium dissectum* et *Carex pulicaris* (Crassous & Karas 2007). Le pâturage crée une hétérogénéité structurelle alliant des faciès très pâturés, favorables à *Liparis loeselii* par exemple, et des faciès non pâturés, refuges pour l'entomofaune.

Les petites laiches ont une valeur nutritionnelle médiocre mais la présence de roseau augmente considérablement la valeur fourragère (Darinot & Morand 2001). Le pâturage vise notamment à contrôler l'abondance du roseau (Vulink, van Eerden & Drent 2010 ; Sweers *et al.* 2013). *Phragmites australis* est très sensible au pâturage, même très extensif : il est très

appétent et la position terminale de son méristème rend l'espèce très vulnérable (Bassett 1990 ; Duncan 1992 ; Ausden *et al.* 2005). L'impact du pâturage sur le roseau est plus important dans les milieux oligotrophes (Haslam 1972 ; Packer *et al.* 2017) et l'effet du pâturage sur la densité du roseau peut durer jusqu'à 20 ans après son exclusion (Roberts 2016). Le pâturage peut conduire au remplacement de la dominance du roseau par celle de *Glyceria maxima* et à une augmentation de la richesse spécifique végétale (Ausden *et al.* 2005). Le roseau est cependant très résistant aux stress, parfois sous des formes très réduites et peut recoloniser rapidement les zones humides (Mesléard *et al.* 1999 ; Packer 2017).

Le pâturage peut conduire à une diminution importante des densités de mollusques rares tels que *Vertigo moulinsiana* (une espèce de la Directive Habitat) mais l'espèce peut maintenir ses populations dans les patches non pâturés (Ausden *et al.* 2005).

3.3.3.3. Les marais calcaires à *Cladium mariscus* et espèces du Caricion davallianae (7210)

Végétations **hygrophiles à hydrophiles**, caractérisées par la présence, et le plus souvent par la dominance, du Marisque (*Cladium mariscus*), se développant sur des substrats organiques tourbeux, mésotrophes à eutrophes, souvent en contact avec des groupements de bas-marais neutro-alcalins, parfois avec des végétations acidiphiles. Il se présente deux types, les cladiaies terrestres et les cladiaies radeaux (flottantes).

L'uniformité apparente de cet habitat caractérisé par la dominance souvent forte de *Cladium mariscus* recouvre des situations sensiblement différentes selon les régions et les contextes hydrologiques et trophiques. Les formations à *Cladium mariscus* constituent un habitat important pour la faune (par exemple Cattin *et al.* 2003 pour les araignées) avec une richesse floristique négativement corrélée à la biomasse de *Cladium* (Wheeler & Giller 1982). Les objectifs de gestion diffèrent selon qu'ils visent une diversification de la flore (milieux ouverts) ou bien les cortèges animaux (biomasse végétale forte).

Ces formations étaient traditionnellement fauchées pour le chaume (Wheeler & Giller 1982). *Cladium mariscus* est très faiblement consommée (feuilles coupantes, faible valeur nutritive) par les herbivores domestiques ; les chevaux peuvent la consommer au début du printemps conduisant cependant à des dommages importants à la végétation (Darinot & Morand 2001). Le piétinement contribue également à la régression du *Cladium*. En Crau humide (Bouches-du-Rhône), les éleveurs faisaient brûler les cladiaies afin que les animaux (bovins) puissent s'alimenter sur les repousses. Le pâturage détruit leur structure et élimine les invertébrés importants qui trouvent refuge dans les cladiaies (Darinot & Morand 2001). Le pâturage peut cependant favoriser la présence d'espèces typiques de tourbières basses (*in* Crassous & Karas 2007).

Le pâturage peut conduire indirectement à la diminution des populations de papillons inféodées à cet habitat, résultant du déclin des plantes hôtes (*Sanguisorba officinalis*, plante hôte de *Maculinea telejus* et *M. nausithous*) ou à la consommation de leurs fleurs par les bovins (Darinot & Morand 2001, marais de Lavours). Le pâturage doit alors être géré finement de façon à enlever le troupeau aux stades clés pour les plantes et leurs insectes associés.

3.3.3.4. Prairies à *Molinia* sur sols calcaires, tourbeux ou argilo-limoneux (Molinion-caeruleae) (6410)

Cet habitat correspond à un vaste ensemble de prairies hygrophiles à mésohygrophyles sur sols tourbeux à paratourbeux, oligotrophes à mésotrophes (Bensettiti *et al.* 2002). Elles sont souvent issues d'un régime de fauchage tardif extensif.

La molinie (*Molinia caerulea*) peut y être très dominante, réduisant la diversité végétale, notamment lorsque le régime hydrique a été modifié. Les prairies à molinie sont particulièrement bien adaptées au pâturage bovin ou équin avec des sols portants. En effet, la

Molinie fournit un fourrage abondant plutôt en fin de saison de végétation (Grant *et al.* 1996 ; Darinot et Morand 2001 ; Chodkiewicz & Stypiński 2017). Une forte pression de pâturage conduit à une diminution de la Molinie, très recherchée par les animaux (Bokdam *et al.* 2002) et facilement endommagée par le piétinement (Stammel *et al.* 2003). Ainsi, le pâturage favorise une ouverture du milieu favorable aux espèces pionnières, notamment *Liparis loeselii* (Crassous & Karas 2007).

3.4. Interactions sols-végétation-herbivores en contexte de marais tourbeux alcalin

La gestion du pâturage dans les prairies à faible productivité maintient une grande diversité végétale et influence à la fois la composition des plantes et le cycle des nutriments (Ford *et al.* 2016). Les espèces diffèrent largement dans leur vitesse de décomposition et par suite dans leur potentialité à la formation de tourbe (Lamers *et al.* 2015 et littérature citée). Le pâturage en modifiant la composition de la végétation peut impacter le potentiel de turbification (Van Vuuren *et al.* 1992 ; Limpens & Berendse 2003 ; De Deyn *et al.* 2008 ; Gogo *et al.* 2011 ; Laggoun-Défarge 2011). Cependant, les conditions locales (hydrologie, température, nutriments, ...) peuvent jouer un rôle plus important que la composition de la végétation dans la vitesse de minéralisation (Rejmánková & Houdková 2006 ; Moore *et al.* 2007 ; Bubier & Bledzki, 2007 ; Sarneel *et al.*, 2010).

Le pâturage affecte directement le cycle des nutriments par la diminution de la biomasse végétale et le recyclage rapide de la matière organique par la digestion (Bollen 2013; Figure 2). Plus indirectement, la végétation peut être affectée par le piétinement, qui modifie les caractéristiques du sol (compaction, anoxie, exposition de la tourbe de surface à l'atmosphère, séchage et décomposition de la tourbe dans les petits monticules entre les empreintes de sabots) et qui influence les communautés microbiennes (Sjögren *et al.* 2007 ; Bollen 2013) (Figure 1). Les relations entre le pâturage et la minéralisation de l'azote et du phosphore dépendent évidemment de l'intensité (du chargement) du pâturage, de l'hydrologie (et de l'anoxie des sols résultant de leur submersion) et de la nature minérale ou organique des sols et de la gestion du troupeau.

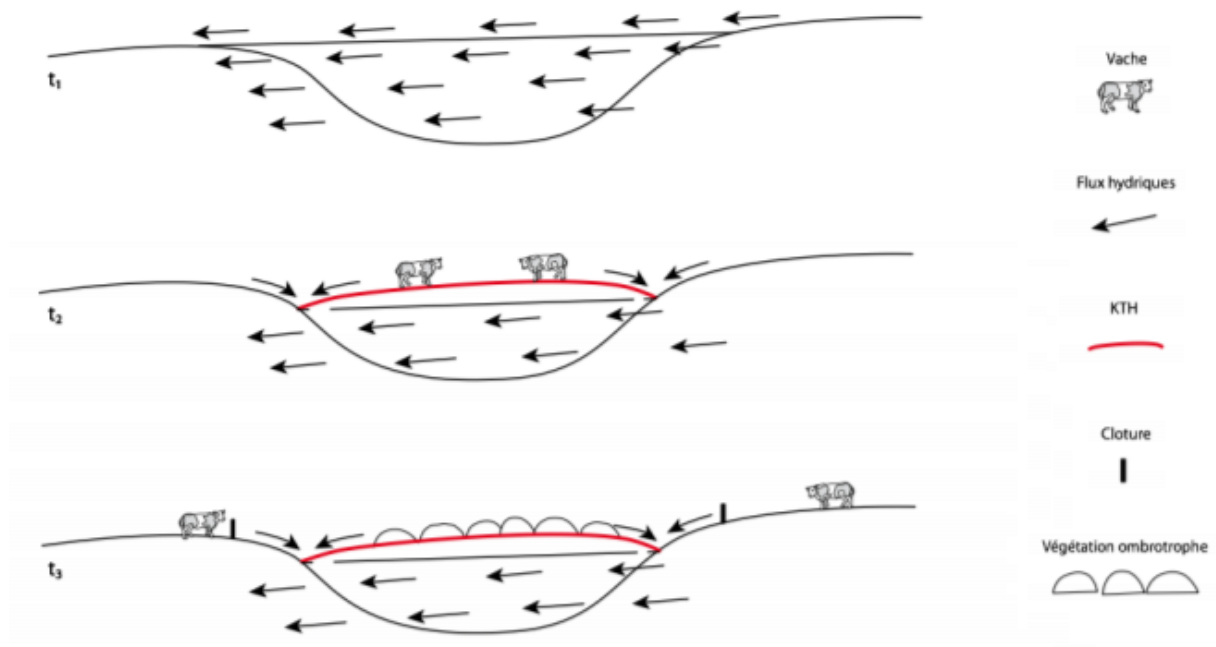


Figure 1. Un piétinement intense est à l'origine de la formation du KTH (« *kultureller Trockenhorizont* ») et des conséquences sur le fonctionnement hydrologique de la tourbière (© GOUBET P.).

Source : <https://www.pole-tourbieres.org/IMG/pdf/KTH-Bd-2.pdf>

La décomposition et le cycle des nutriments peuvent être modifiés par la gestion du pâturage.

Lorsque les animaux restent sur le site, le bilan net de nutriment est négatif avec une exportation de nutriments dans la production animale et les coûts de maintenance des animaux. Si des compléments alimentaires sont fournis, ces ajouts de nutriments peuvent conduire à un bilan positif d'apport de nutriments avec comme conséquence possible une eutrophisation des tourbières (Middleton 2006). Cependant, les animaux consomment une matière organique plus ou moins rapidement décomposable et restituent sous formes de fèces et d'urine des nutriments très facilement utilisables par les plantes dans un environnement globalement oligotrophe (de Mazancourt *et al.* 1998). La répartition spatiale de ces restitutions est très hétérogène dans l'espace et variable selon les espèces, créant des patches d'oligotrophisation et d'autres patches d'eutrophisation (Mc Naughton *et al.* 1997). Ces patches peuvent bouger dans l'espace en relation avec le comportement des animaux et la gestion du pâturage. Les petits mammifères comme les campagnols, redistribuent les nutriments au sol de manière plus uniforme (Rotz *et al.*, 2005 ; Bakker & Olff 2003). L'arrêt du pâturage domestique peut être accompagné par une augmentation des petits herbivores sauvages (campagnols, lapins par ex.) avec une redistribution très différente des nutriments (Bakker *et al.* 2004).

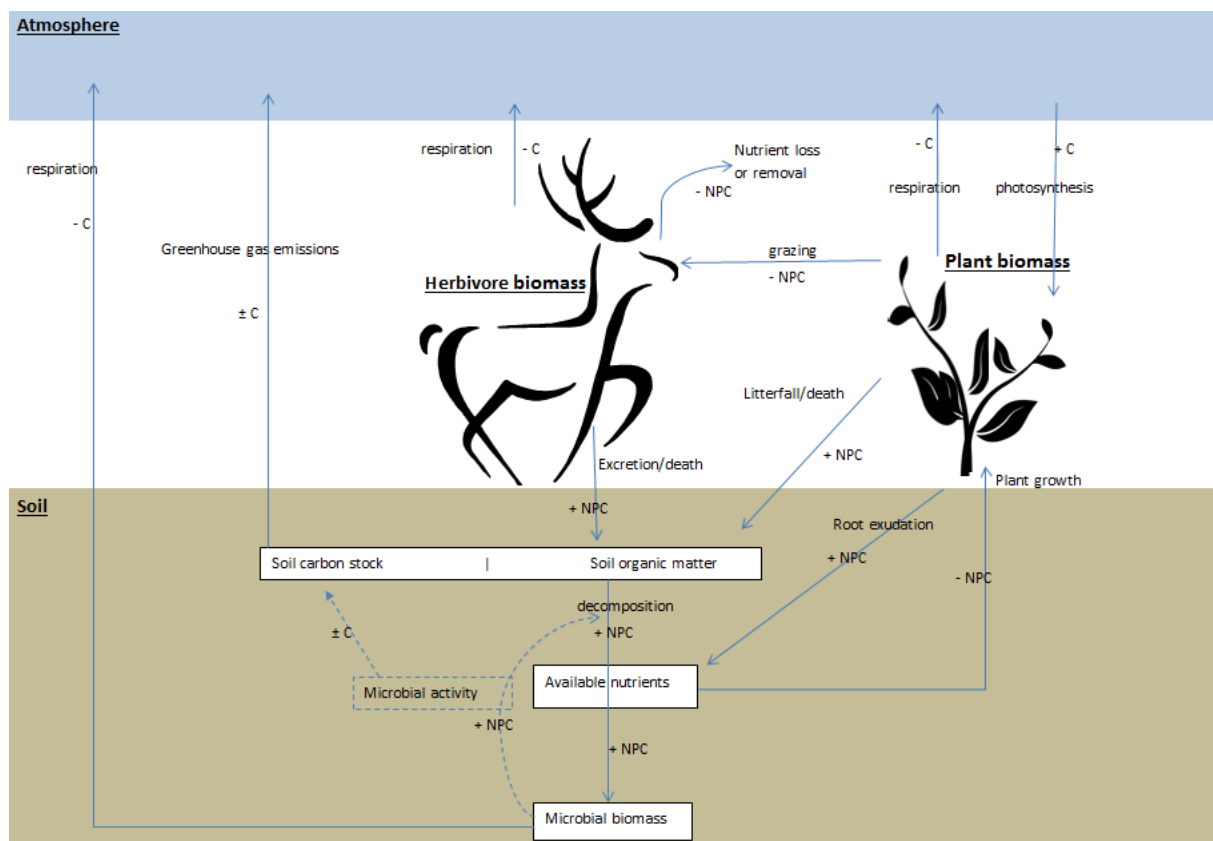


Figure 2. Représentation schématique des flux de nutriments influencés par l'herbivorie entre compartiments au sein d'un écosystème. Les flèches représentent les processus qui sont responsables des flux de carbone (C), d'azote (N) et de phosphore (P) entre les différents compartiments. Le signe + ou - indique si ces flux s'accroissent ou diminuent en raison de l'herbivorie, le signe ± indique que l'herbivorie peut avoir un effet d'accélération ou de décélération, mais cela dépend du comportement alimentaire de l'herbivore ou des caractéristiques de l'écosystème (source Bollen 2013).

Le carbone végétal prélevé réduit le potentiel d'accumulation de tourbe, même si une partie importante de la production de tourbe provient des parties souterraines (Lamers *et al.* 2015). Cependant, si une diminution du stock de carbone dans les sols a été associée au pâturage des zones humides aux USA, un tel effet du pâturage extensif n'est pas apparu dans les zones humides européennes (Davidson *et al.* 2017). Il existe peu d'études sur les effets du pâturage sur le stockage du carbone spécifiquement dans les tourbières, mais dans un site du

Royaume-Uni, le pâturage léger des moutons, à long terme, n'a eu aucun effet significatif sur le stock de carbone du sol (Garnett *et al.* 2000 ; Ward *et al.* 2007). Cependant, le chargement maximum pour un bilan neutre des gaz à effet de serre a été estimé sur des prairies tourbeuses en Ecosse jusqu'à 46% plus faible que le chargement maximum pour le maintien de la végétation (Worrall & Clay 2012).

La digestion de la matière organique par les herbivores accélère la décomposition de la matière organique et le cycle de l'azote. Dans les secteurs pâturés, la couverture végétale plus faible favorise un échauffement du sol plus rapide, ce qui accélère également la minéralisation de l'azote. Inversement, plusieurs processus liés au pâturage peuvent ralentir le cycle de l'azote ou conduire à des pertes de cet élément, notamment la sélectivité des herbivores, ou la compaction des sols qui favorise la dénitrification (Bollen 2013). Les apports d'azote sous forme de nitrate ou d'ammonium abaissent le rapport C/N et accélèrent la minéralisation de la matière organique. Il est souvent suggéré que les pâturages sont caractérisés par un cycle des nutriments rapide, dominé par des bactéries contrairement aux prairies non pâturées dont le cycle fongique de dégradation de la matière organique est plus lent (McNaughton *et al.* ; 1997 ; Bardgett *et al.* 1998 ; Ford *et al.* 2016). Cependant, selon les conditions locales, des observations contradictoires ont été faites sur l'effet du pâturage sur la vitesse de minéralisation de l'azote (Bakker *et al.* 2004 ; Middleton *et al.* 2006 ; Ford *et al.* 2016). La réponse d'un écosystème au pâturage peut être prédite sur la base du facteur qui limite la croissance des plantes, mais l'interaction entre l'herbivore et la plante joue également un rôle dans la réponse réelle du cycle de l'azote (Bollen 2013).

Le phosphore est souvent limitant de la production végétale dans les tourbières alcalines (Boeye *et al.* 1997 ; Güsewell *et al.* 2003). L'exportation de phosphore par le fauchage est une des causes considérées pour expliquer ce déficit en P même si le blocage du P sous forme d'apatite est une cause structurelle qui différencie les tourbières alcalines et pauvres en carbonates (Boeye *et al.* 1997 ; Koerselman *et al.* 1990). Le pâturage accélère le cycle du phosphore et augmente la quantité de P disponible pour les plantes, lesquelles sont ensuite consommées par les herbivores (voir les entretiens avec D.P.J Kuijper, R. Van Diggelen et J.T.A. Verhoeven en Annexe 2) Lorsque la pression de pâturage est forte, les herbivores exportent du phosphore qui peut devenir limitant (Leech 2009 ; Bollen 2013) par l'exportation dans la carcasse des animaux ou dans les urines lorsqu'elles sont lessivées hors du site.

Comme pour les cycles de l'azote et du phosphore, le pâturage affecte le cycle du carbone au travers de différents processus qui peuvent être accélérés ou ralentis (Bollen 2013). En première hypothèse, la consommation de plantes diminue la biomasse végétale aérienne et par suite souterraine (Tanentzap & Coomes 2012). Cependant, la diminution de la biomasse végétale peut s'accompagner d'une diminution de relargage de CO₂ dans l'atmosphère. De plus, les modifications de la composition spécifique de la végétation par le pâturage peuvent impacter la vitesse d'accumulation du carbone (Van Vuuren *et al.* 1992 ; Limpens & Berendse 2003 ; De Deyn *et al.* 2008 ; Gogo *et al.* 2011 ; Laggoun-Défarge 2011). La compaction des sols, en augmentant l'hydromorphie tend à réduire la vitesse de minéralisation de la matière organique et favoriser l'accumulation de carbone organique (Boeye *et al.* 2009). Peu d'études sont actuellement disponibles mais les travaux existants suggèrent néanmoins que l'arrêt du pâturage ou une réduction à faible densité permettrait d'augmenter le stockage de carbone dans les écosystèmes humides continentaux (Worrall *et al.* 2010 ; Worrall & Clay 2012 ; Tanentzap *et al.* 2012 ; Bollen 2013) probablement par l'augmentation de la matière organique végétale (arrêt ou réduction de l'exportation de matière organique).

3.5. Pratiques de gestion associées au pâturage en marais tourbeux alcalins

Dans une perspective de gestion conservatoire de la biodiversité, le pâturage est utilisé comme outil de gestion pour contrôler la dynamique de la végétation, réduire la biomasse végétale et augmenter la richesse spécifique de la végétation et/ou de la faune associée. Le

pâturage ne suffit pas toujours à atteindre les objectifs de gestion et des mesures complémentaires sont utiles ou nécessaires (Darinot & Morand 2001 ; Bokdam *et al.* 2002 ; Crassous & Karas 2007 ; van Diggelen *et al.* 2015). Les techniques les plus courantes en Europe sont le fauchage et le contrôle des ligneux par girobroyage ou dessouchage (Crassous & Karas 2007). Ces techniques peuvent être utilisées avant l'introduction des grands herbivores ou après leur passage, voire pendant leur présence. Les experts considèrent que le fauchage avec exportation des coupes est considéré plus efficace que l'herbivorie, car l'herbivorie rend les nutriments plus assimilables et peut favoriser donc l'eutrophisation (Encadré 2).

Encadré 2. « Des méthodes de gestion alternatives ou complémentaires sont utilisées parfois; dans votre expérience quand sont-elles nécessaires ? (lesquelles et pourquoi) ? »

Avis d'experts : en parenthèses le nombre d'experts sur 12 qui ont tenu chaque point de vue.

Les méthodes de gestion alternatives ou complémentaires les plus souvent citées sont la gestion des **eaux** (10) car certains régimes d'inondation freinent la colonisation de tourbières par des arbres, parfois avec le re-creusement de mares (2). L'eau est fondamentale pour **tous les aspects de la structure et de la fonction** des tourbières et un des experts rappelle qu'il est essentiel de se préoccuper des "interactions 'mammifères-sol' et 'sol-plantes', autant du point de la structure des sols que des processus de turfigenèse, car, sous la contrainte de pâturage, le sol peut conserver une certaine structure mais ne pas voir se réaliser certains processus" (Pierre Goubet. Pour aller plus loin on vous recommande de consulter le courrier de Pierre Goubet, en annexe des notes sur l'entrevue avec lui, Annexe 2.2).

Puis les autres méthodes de gestion alternatives ou complémentaires les plus souvent citées ont comme objectif de **combattre les processus de compétition** avec des plantes patrimoniales:

- la **coupe/dessouchage** de ligneux. Elle peut être fait avant l'arrivée des GH (5), pendant leur présence, ou après leur départ, et
- le **fauchage** avant (5) ou après pâturage (1); avec exportation (3), ou sans.

Réduire la disponibilité des nutriments aux plantes pour maintenir l'oligotrophie (3).

Le fauchage avec exportation des coupes est considéré plus efficace que l'herbivorie, car l'herbivorie rend les nutriments plus assimilables et peut favoriser donc l'eutrophisation. Cependant les grands herbivores peuvent aider, au moins pour le phosphore, car le fait de consommer les plantes peut accélérer son exportation :

- dans les corps des animaux (s'ils sont exportés), et
- si les fèces et urine tombent dans des eaux qui quittent le site.

Le feu est utilisé surtout sur le continent américain et peut être utilisé en combinaison avec d'autres pratiques (Middleton *et al.* 2006). La gestion de l'eau (suppression du drainage), également peut être une méthode de gestion alternative ou complémentaire au pâturage en fonction du niveau d'hydromorphie restauré. L'hydrologie est largement évoquée dans cette synthèse bibliographique comme un facteur essentiel à la fois dans ses aspects quantitatifs et qualitatifs. Elle est mise en œuvre en particulier dans les nouvelles approches de paludiculture » (Joosten *et al.* 2016). En effet, la baisse du niveau hydrologique est souvent préalable à l'introduction du pâturage. Et plus généralement pour une exploitation économique du milieu, le pâturage peut être selon les situations l'objectif de cette baisse du niveau hydrologique ou bien un moyen de contrer les conséquences négatives de l'altération hydrologique.

Le fauchage et le pâturage sont souvent présentés comme des solutions alternatives pour la gestion des zones humides tourbeuses. Le fauchage est cependant une pratique commune dans les pâturages, visant notamment à limiter le développement des espèces non consommées. Les travaux comparant les effets du pâturage de ceux du fauchage sur la végétation suggèrent que c'est la réduction de la biomasse végétale qui est importante et pas nécessairement le moyen d'arriver à cet objectif (Middleton *et al.* 2006). Chaque technique conduit cependant à des résultats distincts sur la structure et la composition spécifique de la végétation (Hald & Vinther 2000 ; Stammel 2003 ; Middleton *et al.* 2006).

Dans les tourbières alcalines, un fauchage fréquent peut limiter le développement des ligneux à un stade très précoce (plantules), notamment de l'Aulne glutineux, non consommé (Darinot & Morand 2001). Le fauchage peut de plus contribuer à améliorer la qualité du fourrage (Regnéll 1980 ; Sunberg 2011) en réduisant davantage que le pâturage seul, la biomasse de litière sur pied.

Les effets du fauchage sont différents si la fauche est pratiquée en été ou en hiver (van Diggelen *et al.* 2015), le fauchage estival promeut l'acidification et l'appauvrissement en nutriments (oligotrophisation) et par suite, une modification de la composition de la végétation vers des bryophytes. Le fauchage hivernal suivi par le feu empêche l'acidification mais augmente la disponibilité des nutriments et favorise les héliophytes.

Bokdam *et al.* 2002 considèrent que les différentes techniques de gestion (pâturage, fauchage, feu) sont complémentaires mais conditionnelles et dépendantes des objectifs de gestion. Le mélange de types d'herbivores peut éventuellement suffire à maintenir la végétation ouverte mais ne peut contrôler les refus (notamment l'Aulne glutineux). Lorsque l'objectif est d'obtenir une végétation basse et riche en espèce, les considérations pratiques sont importantes, concernant l'accès au site (portance des sols) et les aspects sociaux-économiques de la gestion.

3.6. Utilisation d'herbivores pour restaurer les habitats d'intérêt communautaire 7230 et 7210

Les habitats de tourbières alcalines sont très généralement en Europe dans un état semi-naturel, résultant de pratiques de gestion plus ou moins intensives depuis des siècles. Ces pratiques incluent généralement un drainage superficiel (mais parfois beaucoup plus important) permettant l'exploitation des ressources produites par ces tourbières alcalines et souvent une augmentation de la productivité. De nouvelles approches de « paludiculture » sont cependant développées visant à combiner le maintien des fonctions et services des tourbières en matière de stockage de carbone et d'émission de gaz à effet de serre avec un usage économique (Joosten *et al.* 2016). Les apports atmosphériques d'azote peuvent également contribuer à une augmentation significative du niveau trophique des écosystèmes. Par conséquent, lorsque les activités de pâturage et de fauchage ont été très largement arrêtées ou réduites dans la deuxième moitié du XX^e siècle, des dynamiques de succession végétale se sont mises en place conduisant à la régression des habitats de tourbière alcaline. Des gestions à vocation conservatoire sont mises en place pour conserver ce patrimoine naturel, notamment dans le cadre de projets LIFE pour les habitats d'intérêt communautaires et prioritaires relevant de la Directive Habitat Faune Flore.

La problématique (proximale) de gestion commune à la plupart des sites est la succession végétale conduisant à la dominance des grandes herbacées coloniales et/ou à l'établissement de milieux pré-forestiers ou forestiers et par suite à la réduction parfois drastique de la richesse spécifique et des espèces souvent rares caractéristiques de ces habitats.

Le pâturage est indiscutablement un moyen de réduire la biomasse végétale et de maintenir les communautés végétales caractéristiques de tourbières alcalines. Cette méthode de

gestion présente différents avantages et inconvénients discutés dans la littérature scientifique et dont ce rapport a tenté une synthèse. La littérature scientifique et les retours des expériences de gestion montrent des effets variables dans le temps et entre sites. Les connaissances sont actuellement insuffisantes pour prédire de façon fiable et dans la durée les effets des différents modes de gestion et notamment du pâturage (Middleton *et al.* 2016). Les sources de variation sont importantes et une liste précise des bonnes pratiques de pâturage dépend du site concerné (pour des exemples, voir la synthèse dans le Tableau 1 dans l'Annexe 2). La gestion pastorale doit être vue comme dynamique et les pratiques doivent être couramment réadaptées en fonction de l'évolution du milieu et des observations des gestionnaires (Gabaldon 2016).

Les incertitudes sur les effets du pâturage et sur la viabilité technique et économique d'une gestion par le pâturage nécessitent la mise en place d'une approche par la gestion adaptative (Busquet 2006) incluant une évaluation de la situation avec un « modèle conceptuel » (ou une « Théorie du changement ») intégrant une description de l'état initial, les principales causes identifiées ou supposées et une analyse des mécanismes en jeu dans une ou plusieurs hypothèses de gestion.

Les étapes ci-dessous sont largement inspirées du Cahier Technique de l'OFB « Gestion des zones humides et pastoralisme) (<http://ct33.espaces-naturels.fr/gestion-des-zones-humides-et-pastoralisme>):

- Description de l'état initial et des problèmes de gestion
- Identification précise de l'objectif et critères (indicateurs) de succès
- Justification du moyen de gestion utilisé (le pâturage a priori) par rapport à d'autres méthodes (fauchage, feu, gestion hydrologique, ...)
 - Effets attendus
 - Risques et contraintes
 - Ecologiques (espèces sensibles, refus de pâture, espèces exotiques envahissantes, ...),
 - Sanitaires (troupeau)
 - Economiques, sociaux (viabilité économique, acceptation sociale par le grand public, les agriculteurs, ...)
 - La réglementation
- Sélection de l'herbivore (ou des herbivores) : espèce, race
 - Critères (poids / portance, rusticité, régime alimentaire, rusticité, ...)
- Détermination de la pression de pâturage
 - Chargement
 - Périodes de pâturage (production végétale, risques de submersion, ...)
- Méthode de suivi de l'atteinte des objectifs
- Analyse de faisabilité

Les experts consultés soulignent que les échecs dans l'utilisation des grands herbivores pour la gestion des tourbières alcalines résultent souvent d'erreurs de gestion et notamment dans le choix entre fauchage et pâturage, la sélection des espèces et races et du chargement et plus globalement la compatibilité entre les objectifs de gestion conservatoire et les contraintes techniques et les objectifs socio-économiques de l'élevage. Sur les grands sites, il peut être judicieux de tester différentes options de gestion dans un premier temps avant de décider des actions à long terme. Les experts consultés (Annexe 2) soulignent que les éléments clés dans le succès de l'utilisation du pâturage sont les suivants :

- des objectifs clairs et réalisables dans chaque contexte, co-construction avec les parties prenantes clés, notamment s'assurer de la compatibilité des objectifs – entre parties prenantes, comme les gestionnaires de la nature et les éleveurs;
- maîtrise effective de la gestion des animaux, donc en direct avec les animaux en

régie, ou indirecte avec une très bonne intégration locale, et entente avec les éleveurs qui interviennent

- pilotage professionnel de la gestion des animaux pour avoir les bonnes espèces et races, et densités/dates de présence si leur intégration dans le système n'est pas permanente.

Sur un plan socio-économique, parmi les causes possibles d'échecs, les experts consultés soulignent les risques financiers liés à l'administration des subventions ; le changement de propriétaire ou l'hostilité des voisins, voire de la société plus largement, peuvent être des freins (par exemple Oostvaardersplassen aux Pays Bas, Theunissen 2019, van den Beemt 2019).

3.7. Changement climatique

A l'exception de l'habitat des marais calcaires à *Cladium mariscus* et des espèces du *Caricion davalliana*, la répartition géographique en France des habitats des tourbières alcalines est essentiellement dans le nord et l'ouest et les montagnes peu élevées, avec une faible représentation dans le sud (Bensettiti 2002 ; Gabaldon 2016). Les températures élevées et surtout la sécheresse estivale sont en effet des conditions défavorables à l'accumulation de la tourbe. Quel que soit le climat considéré la réduction de l'hydromorphie des sols est identifiée comme la principale cause de dégradation des tourbières alcalines. Le changement est donc une problématique importante pour les tourbières (dont les tourbières alcalines) qui concerne à la fois les conséquences sur les habitats tourbeux, la turfigénèse, la lutte contre le changement climatique avec la séquestration du carbone et les émissions de gaz à effet de serre.

3.7.1. Changement climatique et fonctionnement hydrologique

Les conséquences attendues du changement climatique en cours concernent une élévation des températures et une augmentation des sécheresses climatiques, édaphiques et hydrologique résultant de la diminution des précipitations et de l'augmentation de l'évapotranspiration. En fin du XXI^e siècle, les projections s'accordent globalement sur un niveau moyen annuel d'humidité des sols en France correspondant au niveau extrêmement sec de la période de référence 1961-1990 (source Météo-France²). Le changement climatique s'ajoute aux pressions existantes par les prélèvements sur les eaux souterraines et superficielles conduisant à l'abaissement des nappes. Ces pressions devraient augmenter du fait des besoins croissants en eau notamment pour l'agriculture mais aussi des écosystèmes du fait de l'augmentation du déficit hydrique climatique estival.

Ces pressions d'origine anthropique et climatique risquent d'accentuer les stress hydriques sur les zones humides avec une augmentation des probabilités d'assèchement, d'érosion par la combinaison de l'assèchement et d'évènements de précipitations plus intenses. L'enveloppe climatique favorable aux tourbières devrait ainsi se réduire largement. L'augmentation des températures estivales est le premier facteur responsable de cette évolution (Gallego-Sala *et al.* 2010). Le niveau de l'eau est le facteur clé de la régulation du cycle du carbone des tourbières (Figure 3) en raison de son impact important sur la végétation et les activités microbiennes. L'équilibre du carbone dans les tourbières pourrait affecter le changement climatique, qui à son tour influence le stockage du carbone dans les tourbières par le biais de la modification du niveau de l'eau (Zhong *et al.* 2020). Ces changements vont contribuer à augmenter la production de gaz à effet de serre.

² <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/impacts-du-changement-climatique-sur-les-phenomenes-hydrometeorologiques/changement-climatique-et-secheresses>

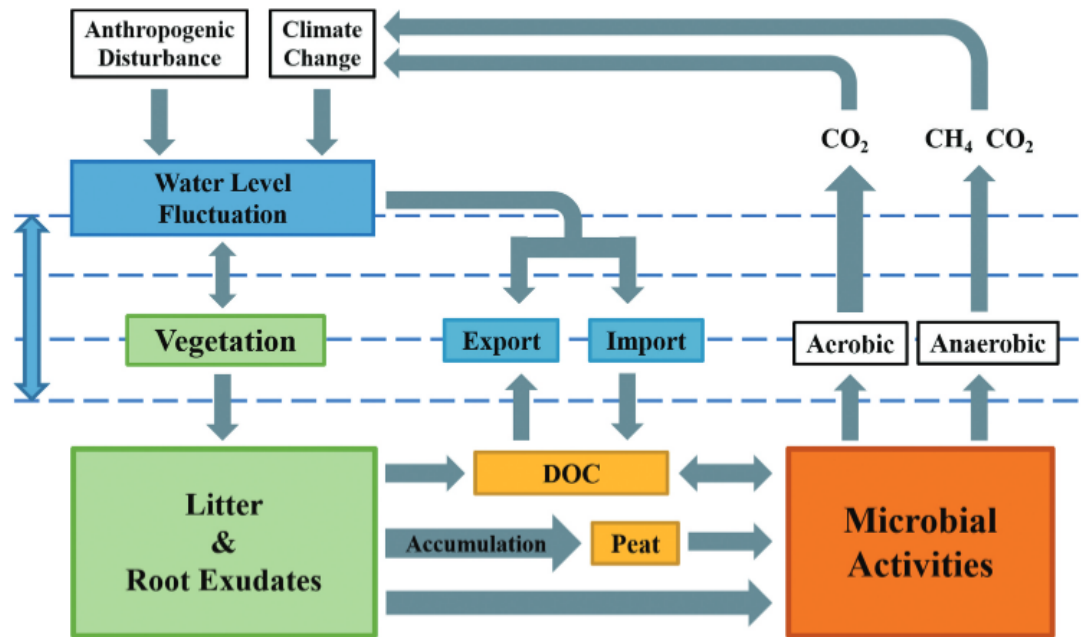


Figure 3. Modèle conceptuel montrant les réponses du cycle de la tourbière C aux fluctuations du niveau de l'eau (Zhong *et al.* 2020).

Cependant, l'impact du changement climatique sur la formation de tourbe est complexe et la compréhension des interactions entre l'hydrologie, la structure de surface et la formation de tourbe est essentielle pour prévoir les réactions potentielles sur le cycle global du Carbone. Belyea & Malmer (2004) et Zhong *et al.* (2020) suggèrent que la végétation des tourbières a tendance à être plus résistante à l'altération du niveau de l'eau que celle des marais, car les tourbières subissent régulièrement des sécheresses saisonnières, tandis que l'apport d'eau dans les marais est plus continu (Thormann, Bayley et Szumigalski 1998). Cette affirmation paraît cependant discutable ou au moins difficilement généralisable du fait d'une part de l'importance de la saturation en eau du sol pour le fonctionnement écologique des tourbières et d'autre part de la très grande diversité de fonctionnement hydrologique des zones humides.

3.7.2. Impacts du changement climatique sur le fonctionnement écologique

Le réchauffement climatique peut affecter directement la composition des communautés végétales, les cycles des nutriments et les patrons d'allocation du carbone ou la qualité de la matière organique d'origine végétale, ce qui affecte indirectement le biote du sol (Wardle *et al.*, 2004 ; Veteli *et al.*, 2007 ; De Dyn *et al.* 2008 ; Wardle *et al.* 2012 ; Jassey *et al.* 2013). En retour, le système microbien du sol, soutient un large éventail de processus clés de l'écosystème en décomposant la matière végétale, et détermine donc la nature et l'étendue de la communauté végétale et de son fonctionnement (Wardle *et al.* 2004 ; Bardgett *et al.* 2008 ; Singh *et al.* 2010 ; Song *et al.* 2021). Les liens et les rétroactions entre la surface et le sous-sol peuvent réagir fortement au changement climatique, mais ces effets intégrés restent mal quantifiés (Singh *et al.* 2010 ; Eisenhauer *et al.* 2012). Seul un nombre limité d'expériences de terrain portant sur la réponse aux changements des écosystèmes ont été menées dans les tourbières (par exemple Fenner *et al.* 2007 ; Kim *et al.* 2012 ; Malhotra *et al.* 2020 ; Weddon *et al.* 2012 ; Song *et al.* 2021) et aucune publication n'a été trouvée spécifiquement concernant les tourbières alcalines mais il est probable que des processus similaires prennent place.

Une expérience sur le terrain sur une tourbière à sphaignes (Jassey *et al.* 2013) a montré que le réchauffement affectait l'abondance totale des plantes vasculaires et des mousses ainsi que le fonctionnement des communautés microbiennes, affectant ainsi les relations entre les sous-systèmes souterrains et aériens (Allison & Martiny 2008).

Le réchauffement peut favoriser les communautés bactériennes par rapport aux méthanogènes, ce qui peut entraîner des modifications de l'équilibre entre les flux de CO₂ et de CH₄ provenant des tourbières (Kim *et al.* 2012). D'autres travaux ont montré que le réchauffement estival accélère le cycle de l'azote du fait des modifications du système souterrain (Weddon *et al.* 2012). De même, l'augmentation observée du carbone organique dissous et des nitrates dans l'eau comme conséquence du réchauffement peut être interprétée comme une indication d'une déstabilisation du fonctionnement souterrain des tourbières (Evans *et al.* 2005 ; Carrera *et al.* 2009 ; Jassey *et al.* 2013 ; Weddon *et al.* 2012). Ces modifications peuvent entraîner une augmentation des niveaux de nutriments et de la libération de C dans les tourbières, ce qui déstabiliserait la productivité des communautés végétales et le stock de carbone des tourbières (Wardle *et al.* 2004 ; Fenner & Freeman 2011 ; Jassey *et al.* 2011). L'effet de réchauffement sur les réseaux trophiques microbiens pourrait ainsi influencer la productivité en surface et la structure des communautés végétales par la stimulation de la dynamique des nutriments (Mitchell *et al.* 2003 ; Carlson *et al.* 2010 ; Kardol & Wardle 2010).

Les conditions riches en nutriments des tourbières alcalines par rapport aux tourbières acides favorisent l'invasion des espèces au fur et à mesure des changements hydrologiques (Komulainen *et al.* 1999 ; Eskelinen & Harrison 2014).

3.7.3. Séquestration du carbone et GES

Les tourbières non dégradées accumulent de la tourbe à partir de la production des plantes soustrayant ainsi du carbone de l'atmosphère. Pendant l'Holocène, cette séquestration du carbone aurait conduit à un refroidissement du climat au cours des derniers millénaires (Frolking & Roulet 2007). Cependant, elles produisent simultanément du méthane, un gaz avec un effet de serre environ 30 fois supérieure au CO₂. Le bilan à l'échelle du siècle permet de considérer le rôle des tourbières dans le stockage du carbone dans une fourchette comprise entre des puits nets modérés jusqu'à un bilan neutre de carbone (Levy & Gray 2015, Barthelmes *et al.* 2015 ; Humpenöder *et al.* 2020). Le changement climatique pourrait conduire à transformer les tourbières en source nette de carbone (Frolking *et al.* 2011). Les tourbières alcalines ont une productivité primaire importante (entre 25 et 1500 gm⁻² an⁻¹) (Bartsch & Moore 1985 ; Saarinen 1996 ; Vitt *et al.* 2009). Ces valeurs sont peut-être sous-estimées du fait de la forte contribution de la production souterraine qui reste mal connue (Lamers *et al.* 2015). La production primaire nette des tourbières alcalines est largement supérieure à celle des autres types de tourbières mais leur potentiel de séquestration du carbone y est plus faible du fait d'une vitesse de décomposition des plantes vasculaires plus grande que celle des sphaignes (Lamers *et al.* 2015). D'autres facteurs jouent un rôle important dans la vitesse de décomposition de la matière organique, notamment le niveau de la nappe, la température, la disponibilité des nutriments (Moore *et al.* 2002 ; Rejmánková & Houdková 2006 ; Sarneel *et al.* 2010).

Lorsque les tourbières sont dégradées (drainées), l'oxydation de la tourbe conduit à des productions considérables de CO₂ pendant des périodes très longues, jusqu'à la minéralisation complète de la matière organique (Hiraishi *et al.* 2014 ; Barthelmes *et al.* 2015 ; Leifeld & Menichetti 2018). La superficie des tourbières dégradées dans le monde est estimée entre 43 et 51 Mha produisant actuellement des gaz à effet de serre estimés entre 1.30 et 1.91 Gt CO₂eq.an⁻¹. (Humpenöder *et al.* 2020). Le principal mécanisme de dégradation est l'abaissement de la nappe pour différents usages, notamment le pâturage, et l'augmentation de la production primaire. Cet abaissement conduit à une minéralisation de la matière organique. Au-delà de l'abaissement de la nappe, les usages peuvent fortement accélérer la dégradation des sols tourbeux comme le travail du sol, le piétinement associé au surpâturage, les apports d'azote (modification du rapport C/N), ...

La remise en eau ou réhumidification des tourbières drainées est proposée comme une méthode d'abord pour limiter les GES produits par l'oxydation de la tourbe (Glenk & Martin-Ortega 2018 - également mentionnée par la plupart des experts consultés). Les tourbières peuvent montrer une diminution des flux de CO₂ et des taux de respiration après leur réinondation (revue *in* Ghong *et al.* 2020). Par exemple, le niveau d'émission de CO₂ a diminué de 31 % dans les tourbières alcalines agricoles après avoir augmenté le niveau de l'eau de 20 cm (Matysek *et al.* 2019). A l'échelle du siècle, après une phase d'une vingtaine d'année de production nette de GES, cette méthode peut conduire à l'échelle du siècle à un bilan neutre de carbone entre l'accumulation de tourbe et la production de méthane (Lee *et al.* 2017 ; Ojanen & Minkinen 2020 ; Günther *et al.* 2020) préservant ainsi les grandes quantités de carbones stockés parfois depuis des millénaires. Cependant, les effets de la réhumidification sur la production de CO₂ peuvent être inversés si la disponibilité des nutriments et le C labile ont été augmentés par la gestion passée, la décomposition de la matière organique peut augmenter lorsque la réhumidification élimine le stress hydrique (Fenner & Freeman 2011 ; Ye *et al.* 2012 ; Van Duren & Pegtel 2000).

La compréhension complète du rôle des tourbières dans le cycle global du carbone mérite d'être étudiée plus en profondeur en raison des incertitudes liées aux rétroactions de la végétation, aux interactions tourbe-eau, à la médiation microbienne de la végétation, aux incendies et aux réponses fonctionnelles après la restauration hydrologique (Zhong *et al.* 2020).

3.8. Lacunes de connaissances

Cette synthèse confirme que les connaissances scientifiques et techniques nécessaires pour lancer des opérations de gestion par le pâturage existent, mais il reste des lacunes importantes (voir Middleton *et al.* 2006 pour un traitement détaillé). On résume ici les avis des 12 experts consultés sur cette question, voir Annexe 2 pour le détail de leurs réponses à cette question :

« *Votre avis sur les lacunes importantes de connaissances dans ces domaines ?* »

La 'lacune' proposée le plus souvent est que les connaissances sont difficiles à retrouver – que ce soit des connaissances traditionnelles ou issues des suivis par questionnaires (6)³. Il y a donc intérêt à pousser les scientifiques et les gestionnaires dans ce domaine à travailler sur des publications et des synthèses de connaissances.

Des connaissances manquent aux gestionnaires pour des aspects biologiques et des aspects sociologiques. Parmi le manque de connaissances sociologiques, on a noté les difficultés de développer/appliquer des objectifs flexibles dans un monde climatiquement variable et dérégulé (3) ; le manque de connaissances sur les processus d'expérience/éducation des animaux, et des gestionnaires aussi (2) ; ou sur les processus de décision par des éleveurs sur les dates de mise à l'herbe, et les densités d'animaux (1).

Pour les aspects biologiques les lacunes principales concernent :

1. les **milieux** et des **processus**:

- les effets de la présence des herbivores sur la qualité des eaux potables (1)
- les effets de la présence des herbivores sur la production de tourbe (1) et le stockage de carbone dans différents types de tourbières (2). La question de l'impact de différents régimes de gestion des grands herbivores sur le stockage de carbone : les deux objectifs peuvent être compatibles (1). (Note : Cependant, la densité des grands

³ (6) = nombre d'experts ayant exprimé cet avis

herbivores semble être l'élément clé).

2. les plantes:
 - l'impact du pâturage sur les processus de colonisation, naturels & artificiels (2),
3. les animaux :
 - les races locales – sont-elles plus adaptées que des races exotiques? (2),
 - les effets du parcours libre sur l'autogestion du parasitisme par les animaux (1).
4. les processus d'interactions animaux-plantes :
 - le choix de plantes par les espèces sauvages & domestiques (1),
 - le piétinement (2),
 - les effets de différentes dates et densités d'herbivores sur les plantes et surtout sur les bryophytes, et sur l'ensemble de la biodiversité (2),
 - les effets de différentes espèces d'herbivores (1).
5. les effets de la fauche vs. pâturage sur les communautés de plantes (2).

Ces lacunes de connaissances pour les gestionnaires de la nature constituent des difficultés voire des obstacles pour l'utilisation des GH.

4. Références

- Agreil C. & Greff N. 2008. Des troupeaux et des hommes en espaces naturels – une approche dynamique de la gestion pastorale. Guide Technique Conservatoire Rhône-Alpes des espaces naturels, Vourles, 87p + annexes.
- Albon SD, Brewer MJ, O'brien S, Nolan AJ, Cope D. 2007. Quantifying the grazing impacts associated with different herbivores on rangelands. *Journal of Applied Ecology*. 44(6):1176–1187.
- Allison SD, Martiny JBH. 2008. Resistance, resilience, and redundancy in microbial communities. *PNAS*. 105(Supplement 1):11512–11519.
- Arnesen T. 1999. Vegetation dynamics following tramping in rich fen at Sølendet, Central Norway; a 15-year study of recovery. *Nordic J. Bot.* 19: 313-327.
- Ausden M., Hall M., Pearson P. & Strudwick T. 2005. The effects of cattle grazing on tall herb fen vegetation and molluscs. *Biol. Cons.* 122: 317-326.
- Bakker J.P. 1998. The impact of grazing on plant communities. In: Wallis De Vries M.F., Van Wieren S.E., Bakker J.P. (eds) *Grazing and Conservation Management*. Conservation Biology Series, vol 11. Springer, Dordrecht.
- Bardgett RD, Freeman C, Ostle NJ. 2008. Microbial contributions to climate change through carbon cycle feedbacks. *The ISME Journal*. 2(8):805–814.
- Bartsch I, Moore TR. 2011. A preliminary investigation of primary production and decomposition in four peatlands near Schefferville, Québec. *Canadian Journal of Botany*. 63(7):1241–1248.
- Bassett PA. 1978. The Vegetation of a Camargue Pasture. *Journal of Ecology*. 66(3):803–827.
- Bassett P.A. 1980. Some effects of grazing on vegetation dynamics in the Camargue, France. *Vegetatio* 43:173–184. doi: 10.1007/BF00158747
- Barthelmes A, Couwenberg J, Risager M, Tegetmeyer C, Joosten H 2015. Peatlands and Climate in a Ramsar Context: A Nordic-Baltic Perspective. 244p www.norden.org/en/publication/peatlands-and-climate-ramsar-context.
- Bakker ES, Olf H. 2003. Impact of different-sized herbivores on recruitment opportunities for subordinate herbs in grasslands. *Journal of Vegetation Science*. 14(4):465–474.

- Bakker ES, Olf H, Boekhoff M, Gleichman JM, Berendse F. 2004. Impact of herbivores on nitrogen cycling: contrasting effects of small and large species. *Oecologia*. 138(1):91–101.
- Bardgett RD, Wardle DA, Yeates GW. 1998. Linking above-ground and below-ground interactions: how plant responses to foliar herbivory influence soil organisms. *Soil Biology and Biochemistry*. 30(14):1867–1878.
- Becker J. 2015. Bilan de 25 ans sur la gestion par pâturage de la tourbière alcaline de Pagny sur Meuse (55). 1ère journée technique du pôle Gestion des milieux naturels. Orléans. Présentation PowerPoint, 25p.
- Belsky A.J., Matzke A., Uselman S. 1999. Survey of livestock influences on stream and riparian ecosystems in the western United States. *Journal of Soil and Water Conservation* 54:419–431.
- Belyea LR, Malmer N. 2004. Carbon sequestration in peatland: patterns and mechanisms of response to climate change. *Global Change Biology*. 10(7):1043–1052.
- Bensettiti F., Gaudillat V. & Haury J. (coord.) 2002. Cahiers d'habitats Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 3 - Habitats humides. MATE/MAP/MNH. Éd. La Documentation française, Paris, 457p. + cédérom.
- Bjonness I-M. 1981. Outdoor recreation and its impact upon a boreal forest area – Bymarka, Trondheim, Norway. *Norsk Geografisk Tidsskrift - Norwegian Journal of Geography*. 35(2):57–77.
- Bokdam J, Verbanck E, van Braeckel A. 2002. Diet selection by free-ranging cattle in the peat zone of the Biebrza National Park and defoliation responses of invading roughage species. In: *Grazing as a conservation management tool in peatland*. Edited and compiled by Bokdam J., van Braeckel A., Werpachowski A.C. & Znaniecka M. pp. 67–71.
- Boeye D, Verhagen B, Haesebroeck VV, Verheyen RF. 1997. Nutrient limitation in species-rich lowland fens. *Journal of Vegetation Science*. 8(3):415–424.
- Bollen A. 2013. Grazing in wetlands: aboveground and belowground responses to herbivory. PhD thesis. Utrecht University, 45p.
- Bonn A, Stoneman R. 2016. *Peatland Restoration and Ecosystem Services: Science, Policy and Practice*. Cambridge University Press. Cambridge. ISBN: 978-1-107-02518-9.
- Boyer MLH, Wheeler BD. 1989. Vegetation patterns in spring-fed calcareous fens: calcite precipitation and constraints on fertility. *Journal of Ecology*. 77(2):597–609.
- Brose U. 2003. Bottom-up control of carabid beetle communities in early successional wetlands: mediated by vegetation structure or plant diversity? *Oecologia*. 135(3):407–413.
- Busquet MB. 2006. Des stratégies intégrées durables: savoir écologique traditionnel et gestion adaptative des espaces et des ressources. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*. Volume 7 (2). <http://journals.openedition.org/vertigo/2279>
- Carlson ML, Flagstad LA, Gillet F, Mitchell EAD. 2010. Community development along a proglacial chronosequence: are above-ground and below-ground community structure controlled more by biotic than abiotic factors? *Journal of Ecology*. 98(5):1084–1095.
- Carrera N, Barreal ME, Gallego PP, Briones MJ. 2009. Soil invertebrates control peatland C fluxes in response to warming. *Functional Ecology*. 23(3):637–648.
- Cattin M.-F., Blandenier G., Banašek-Richter C., Bersier L.-F. 2003. The impact of mowing as a management strategy for wet meadows on spider (Araneae) communities. *Biological Conservation* 113:179–188. doi: [doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00297-5](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00297-5)
- Chodkiewicz A. and Stypiński P. 2017. Factors affecting grazing in protected wetlands of North-East Poland. In *Grassland resources for extensive farming systems in marginal land*, Porqueddu C., Franca A., Lombardi G., Molle G., Peratoner G. & Hopkins A. (Eds), *Grassland Science in Europe vol.22*, pp: 308-310 Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands.
- Cooper, D.J. & Wolf, E.C. 2006. Fens of the Sierra Nevada, California. Final Report to the USDA Forest Service.

- Couvreur M, Christiaen B, Verheyen K, Hermy M. 2004. Large herbivores as mobile links between isolated nature reserves through adhesive seed dispersal. *Applied Vegetation Science*. 7(2):229–236.
- 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 p.
- Cumming DHM, Cumming GS. 2003. Ungulate community structure and ecological processes: body size, hoof area and trampling in African savannas. *Oecologia*. 134(4):560–568.
- Darinot F. 2014 Évaluation des propriétés fourragères, agronomiques et calorifiques du foin de marais issu de la Réserve naturelle nationale du Marais de Lavours (Ain). *Bull. Soc. linn. Lyon, hors-série n°3*, 2014: 54 – 65
- Darinot F. & Morand A. 2001. Management of wet meadows in the Lavours marsh implementing grazing. In *Tools in preserving biodiversity in nemoral and boreonemoral biomes of Europe*. pp. 86–93. http://www.pro-natura.net/naconex/news5/E1_13.pdf .
- Darinot F. & Manneville O., 2014. Réponse d'une cariçaie eutrophe au pastoralisme et résilience post-pâturage dans la Réserve naturelle nationale du Marais de Lavours (Ain, France). *Bull. Soc. Linn. Lyon, hors-série n°3*, 2014 : 85 – 98.
- Davidson D.W. 1993. The effects of herbivory and granivory on terrestrial plant succession. *Oikos* 68:23–35. doi: 10.2307/3545305.
- Davidson KE, Fowler MS, Skov MW, Doerr SH, Beaumont N, Griffin JN. 2017. Livestock grazing alters multiple ecosystem properties and services in salt marshes: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*. 54(5):1395–1405.
- Deyn GBD, Cornelissen JHC, Bardgett RD. 2008. Plant functional traits and soil carbon sequestration in contrasting biomes. *Ecology Letters*. 11(5):516–531.
- Devriendt K. 2012. The influence of moose (*Alces alces*) on nutrient dynamics in a fen ecosystem. Master thesis University of Antwerp (UA). 114p
- Drewry JJ, Cameron KC, Buchan GD. 2008. Pasture yield and soil physical property responses to soil compaction from treading and grazing — a review. *Soil Res*. 46(3):237–256.
- Duncan P. 1983. Determinants of the use of habitat by horses in a Mediterranean wetland. *Journal of Animal Ecology*. 52(1):93–109.
- Duncan P. 1992. *Horses and Grasses: The Nutritional Ecology of Equids and Their Impact on the Camargue*. Springer Science & Business Media.
- Duncan P. and D'Herbès J.M., 1982. The use of domestic herbivores in the management of wetlands for waterbirds in the Camargue, France. *Proc. 3rd Techn. Meeting on West. Pal. Bird Manage.*, Munster: 51-67.
- Dupieux N., 1998 - La gestion conservatoire des tourbières de France: premiers éléments scientifiques et techniques. *Espaces Naturels de France*, 244 p.
- Eisenhauer N, Cesarz S, Koller R, Worm K, Reich PB. 2012. Global change belowground: impacts of elevated CO₂, nitrogen, and summer drought on soil food webs and biodiversity. *Global Change Biology*. 18(2):435–447.
- Epele LB, Miserendino ML. 2015. Environmental quality and aquatic invertebrate metrics relationships at Patagonian wetlands subjected to livestock grazing pressures. *PLOS ONE*. 10(10):e0137873.
- Eskelinen A, Harrison S. 2014. Exotic plant invasions under enhanced rainfall are constrained by soil nutrients and competition. *Ecology*. 95(3):682–692.
- Evans R. 1998. The erosional impacts of grazing animals. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*. 22(2):251–268.
- Evans CD, Monteith DT, Cooper DM. 2005. Long-term increases in surface water dissolved organic carbon: Observations, possible causes and environmental impacts. *Environmental Pollution*. 137(1):55–71.
- Faust C, Eichberg C, Storm C, Schwabe A. 2011. Post-dispersal impact on seed fate by livestock trampling – A gap of knowledge. *Basic and Applied Ecology*. 12(3):215–226.
- Fenner N, Freeman C. 2011. Drought-induced carbon loss in peatlands. *Nature Geoscience*. 4(12):895–900.

- Fenner N, Ostle NJ, McNamara N, Sparks T, Harmens H, Reynolds B, Freeman C. 2007. Elevated CO₂ effects on peatland plant community carbon dynamics and DOC production. *Ecosystems*. 10(4):635–647.
- Fischer, S.F., Poschlod, P. & Beinlich, B. 1996. Experimental studies on the dispersal of plants and animals on sheep in calcareous grasslands. *J. Appl. Ecol.* 33: 1206-1222.
- Fojt W, Harding M. 1995. Thirty years of change in the vegetation communities of three valley mires in Suffolk, England. *Journal of Applied Ecology*. 32(3):561–577.
- Ford H, Roberts A, Jones L. 2016. Nitrogen and phosphorus co-limitation and grazing moderate nitrogen impacts on plant growth and nutrient cycling in sand dune grassland. *Science of The Total Environment*. 542:203–209.
- Frolking S, Roulet NT. 2007. Holocene radiative forcing impact of northern peatland carbon accumulation and methane emissions. *Global Change Biology*. 13(5):1079–1088.
- Frolking S, Talbot J, Jones MC, Treat CC, Boone K, Tuittila E, Roulet N. 2011. Peatlands in the Earth's 21st century climate system. *Environmental Reviews* [Internet]. <https://cdnscepub.com/doi/abs/10.1139/a11-014>
- Gabalton A. 2016. Influence du pâturage comme outil de gestion de la biodiversité des tourbières de France. Maitrise en environnement. Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement et développement durable, UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE.
- Gallego-Sala AV, Clark JM, House JI, Orr HG, Prentice IC, Smith P, Farewell T, Chapman SJ. 2010. Bioclimatic envelope model of climate change impacts on blanket peatland distribution in Great Britain. *Climate Research*. 45:151–162.
- Garnett MH, Ineson P, Stevenson AC. 2000. Effects of burning and grazing on carbon sequestration in a Pennine blanket bog, UK. *The Holocene*. 10(6):729–736.
- Garrido P, Edenius L, Mikusiński G, Skarin A, Jansson A, Thulin C-G. 2020. Experimental rewilding may restore abandoned wood-pastures if policy allows. *Ambio* <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01320-0>
- Glenk K, Martin-Ortega J. 2018. The economics of peatland restoration. *Journal of Environmental Economics and Policy*. 7(4):345–362.
- Gogo S, Laggoun-Défarge F, Delarue F, Lottier N. 2011. Invasion of a *Sphagnum*-peatland by *Betula* spp and *Molinia caerulea* impacts organic matter biochemistry. Implications for carbon and nutrient cycling. *Biogeochemistry*. 106(1):53–69.
- Gordon I.J., Duncan P., Grillas P. & Lecomte T. 1990. The use of domestic herbivores in the conservation of the biological richness of European wetlands. *Bulletin d'Ecologie*, 21: 49-60.
- Grabherr G. 1982. The impact of trampling by tourists on a high altitudinal grassland in the Tyrolean Alps, Austria. *Vegetatio*. 48(3):209–217.
- Grace JB. 2001. The roles of community biomass and species pools in the regulation of plant diversity. *Oikos*. 92(2):193–207.
- Grant SA, Torvell L, Common TG, Sim EM, Small JL. 1996. Controlled grazing studies on *Molinia* grassland: effects of different seasonal patterns and levels of defoliation on *Molinia* growth and responses of swards to controlled grazing by cattle. *Journal of Applied Ecology*. 33(6):1267–1280.
- Gunnarsson U, Malmer N, Rydin H. 2002. Dynamics or constancy in *Sphagnum* dominated mire ecosystems? A 40-year study. *Ecography*. 25(6):685–704.
- Günther A, Barthelmes A, Huth V, Joosten H, Jurasinski G, Koebisch F, Couwenberg J. 2020. Prompt rewetting of drained peatlands reduces climate warming despite methane emissions. *Nature Communications*. 11(1):1644.
- Güsewell S., Edwards P. 1999. Shading by *Phragmites australis*: a threat for species-rich fen meadows? *Applied Vegetation Science* 2:61–70. doi: 10.2307/1478882
- Güsewell S, Koerselman W, Verhoeven JTA. 2003. Biomass N:P ratios as indicators of nutrient limitation for plant populations in wetlands. *Ecological Applications*. 13(2):372–384.
- Haslam S.M. 1972. Biological flora of the British Isles. No. 128 *Phragmites communis* Trin. (*Arundo phragmites* L.? *Phragmites australis* (Cav.) Trin. *Journal of Ecology* 60:585–610.
- Heggenes J, Odland A, Chevalier T, Ahlberg J, Berg A, Larsson H, Bjerketvedt DK. 2017.

- Herbivore grazing—or trampling? Trampling effects by a large ungulate in cold high-latitude ecosystems. *Ecology and Evolution*. 7(16):6423–6431.
- Hiraishi T, Krug T, Tanabe K, Srivastava N, Baasansuren J, Fukuda M and Troxler T G 2014-2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands (Switzerland: IPCC), www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/
- Hobbs NT, Searle KR. 2005. A reanalysis of the body mass scaling of trampling by large herbivores. *Oecologia*. 145(3):462–464.
- Humpenöder F, Karstens K, Lotze-Campen H, Leifeld J, Menichetti L, Barthelmes A, Popp A. 2020. Peatland protection and restoration are key for climate change mitigation. *Environmental Research Letters* 15(10):104093.
- Jassey VEJ, Chiapusio G, Gilbert D, Buttler A, Toussaint M-L, Binet P. 2011. Experimental climate effect on seasonal variability of polyphenol/phenoloxidase interplay along a narrow fen–bog ecological gradient in *Sphagnum fallax*. *Global Change Biology*. 17(9):2945–2957.
- Jassey VE, Chiapusio G, Binet P, Buttler A, Laggoun-Défarge F, Delarue F, Bernard N, Mitchell EA, Toussaint M-L, Francez A-J, Gilbert D. 2013. Above- and belowground linkages in *Sphagnum* peatland: climate warming affects plant-microbial interactions. *Global Change Biology*. 19(3):811–823.
- Jones A. 2000. Effects of cattle grazing on North American arid ecosystems: a quantitative review. *Western North American Naturalist*: Vol. 60 (2), Article 5. <https://scholarsarchive.byu.edu/wnan/vol60/iss2/5>
- Joosten H, Clarke D. 2002. Wise use of mires and peatlands - Background and principles including a framework for decision-making. International Mire Conservation Group and International Peat Society, Saarijärvi.
- Joosten H, Tapio-Biström M-L, Tol S. 2012. Peatlands - guidance for climate change mitigation through conservation, rehabilitation and sustainable use. FAO and Wetland International.
- Joosten H, Gaudig G, Tanneberger F, Wichmann S, Wichtmann W 2016. Paludiculture: sustainable productive use of wet and rewetted peatlands. In A. Bonn, T. Allott, M. Evans, H. Joosten, & R. Stoneman (Eds.), *Peatland Restoration and Ecosystem Services: Science, Policy and Practice*. Cambridge University Press, Cambridge. doi:10.1017/CBO9781139177788.018
- Kardol P, Wardle DA. 2010. How understanding aboveground–belowground linkages can assist restoration ecology. *Trends in Ecology & Evolution*. 25(11):670–679.
- Kazoglou YE, Mesléard F, Papanastasis VP. 2004. Water buffalo (*Bubalus bubalis*) grazing and summer cutting as methods of restoring wet meadows at Lake Mikri Prespa, Greece. Land use systems in grassland dominated regions Proceedings of the 20th General Meeting of the European Grassland Federation, Luzern, Switzerland, 21-24 June 2004.:225–227.
- Kim S-Y, Freeman C, Fenner N, Kang H. 2012. Functional and structural responses of bacterial and methanogen communities to 3-year warming incubation in different depths of peat mire. *Applied Soil Ecology*. 57:23–30.
- Koerselman W, Bakker SA, Blom M. 1990. Nitrogen, Phosphorus and Potassium budgets for two small fens surrounded by heavily fertilized pastures. *Journal of Ecology*. 78(2):428–442.
- Kolari THM, Kumpula T, Verdonen M, Forbes BC, Tahvanainen T. 2019. Reindeer grazing controls willows but has only minor effects on plant communities in Fennoscandian oroarctic mires. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*. 51(1):506–520.
- Komulainen V-M, Tuittila E-S, Vasander H, Laine J. 1999. Restoration of drained peatlands in southern Finland: initial effects on vegetation change and CO₂ balance. *Journal of Applied Ecology*. 36(5):634–648.
- Kooijman AM. 1993. Causes of the replacement of *Scorpidium scorpioides* by *Calliergonella cuspidata* in eutrophicated rich fens. I. Field studies. *Lindbergia*. 18:78–84.
- Kooijman AM, Cusell C, Mettrop IS, Lamers LPM. 2016. Recovery of target bryophytes in floating rich fens after 25 yr of inundation by base-rich surface water with lower nutrient contents. *Applied Vegetation Science*. 19(1):53–65.

- Kotowski W., Dzierża P., Czerwiński M., Kozub Ł. & Śnieg S 2013. Shrub removal facilitates recovery of wetland species in a rewetted fen. *Journal for Nature Conservation*, 21, 294–308.
- Kozub Ł., Goldstein K, Dembicz I, Wilk M, Wyszomirski T, Kotowski W. 2019. To mow or not to mow? Plant functional traits help to understand management impact on rich fen vegetation. *Applied Vegetation Science*. 22(1):27–38.
- Kuijper DPJ, Devriendt K, Bormans M, Diggelen RV. 2016. Do moose redistribute nutrients in low-productive fen systems? *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 234:40–47.
- Kruess A, Tschamntke T. 2002. Contrasting responses of plant and insect diversity to variation in grazing intensity. *Biological Conservation*. 106(3):293–302.
- Küchler H, Grünig A, Hangartner R, Küchler M. 2009. Vegetation change and effects of cattle grazing in the transition mire “Burgmoos.” *Bot Helv*. 119(2):95–104.
- Laggoun-Défarge F. 2011. Fonctionnement et dynamique des tourbières Impact de l’anthropisation et du changement climatique. Thèse de l’Université d’Orléans; <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00603695>.
- Loucougaray G, Bonis A, Bouzillé J-B. 2004. Effects of grazing by horses and/or cattle on the diversity of coastal grasslands in western France. *Biological Conservation*. 116(1):59–71.
- Lamers LPM, Vile MA, Grootjans AP, Acreman MC, Diggelen R van, Evans MG, Richardson CJ, Rochefort L, Kooijman AM, Roelofs JGM, Smolders AJP. 2015. Ecological restoration of rich fens in Europe and North America: from trial and error to an evidence-based approach. *Biological Reviews*. 90(1):182–203.
- Lee S-C, Christen A, Black AT, Johnson MS, Jassal RS, Ketler R, Nesic Z, Merkens M. 2017. Annual greenhouse gas budget for a bog ecosystem undergoing restoration by rewetting. *Biogeosciences*. 14(11):2799–2814.
- Leech F. 2009. Cycling of phosphorus in grazing systems. New South Wales, Australia: NSW DPI, 4p.
- Leifeld J, Menichetti L. 2018. The underappreciated potential of peatlands in global climate change mitigation strategies. *Nature Communications*. 9(1):1071.
- Le neveu C. & Lecomte T., 1990. Gestion des zones humides et pastoralisme - Ministère de l’Environnement français, L’Atelier technique des espaces naturels.
- Levy PE, Gray A. 2015. Greenhouse gas balance of a semi-natural peatbog in northern Scotland. *Environ Res Lett*. 10(9):094019.
- Liarsou A. 2013. Prise en compte de l’incidence des activités du castor (*C. fiber* L.) sur la reconstitution des dynamiques d’évolution du couvert végétal et des processus de turbification : quelques pistes de réinterprétation des diagrammes palynologiques <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00798773> .
- Limpens J, Berendse F. 2003. How litter quality affects mass loss and N loss from decomposing *Sphagnum*. *Oikos*. 103(3):537–547.
- Loucougaray G, Bonis A, Bouzillé J-B. 2004. Effects of grazing by horses and/or cattle on the diversity of coastal grasslands in western France. *Biological Conservation*. 116(1):59–71.
- Magnússon SH, Magnússon B. 1990. Studies in the grazing of a drained lowland fen in Iceland. II. Plant preferences of horses during summer. *Búvísindi*.(No. 4):109–124.
- Malhotra A, Brice DJ, Childs J, Graham JD, Hobbie EA, Stel HV, Feron SC, Hanson PJ, Iversen CM. 2020. Peatland warming strongly increases fine-root growth. *PNAS*. 117(30):17627–17634.
- Malo, J.E. & Suárez, F. 1995. Establishment of pasture species on cattle dung: the role of endozoochorous seeds. *Journal of Vegetation Science* 6: 169-174.
- Matysek M, Leake J, Banwart S, Johnson I, Page S, Kaduk J, Smalley A, Cumming A, Zona D. 2019. Impact of fertiliser, water table, and warming on celery yield and CO₂ and CH₄ emissions from fenland agricultural peat. *Science of The Total Environment*. 667:179–190.
- Mazancourt C de, Loreau M, Abbadie L. 1998. Grazing optimization and nutrient cycling: when do herbivores enhance plant production? *Ecology*. 79(7):2242–2252.

- Ménard C., Duncan P., Fleurance G., Georges J.Y., Lila M. 2002. Comparative foraging and nutrition of horses and cattle in European wetlands. *Journal of Applied Ecology* 39, 120-133.
- Merriam K.E., Markwith S.H., Coppoletta M. 2018. Livestock exclusion alters plant species composition in fen meadows. *Applied Vegetation Science* 21:3–11. doi: 10.1111/avsc.12333
- Mesléard F., J. Lepart, P. Grillas & A. Mauchamp, 1999. Effects of seasonal flooding and grazing on the vegetation of former ricefields in the Rhône delta (Southern France). *Plant Ecology* 145: 101-114.
- Middleton B. 2002. Nonequilibrium dynamics of sedge meadows grazed by cattle in southern Wisconsin. *Plant Ecology* 161:89–110. doi: [10.1023/A:1020361021072](https://doi.org/10.1023/A:1020361021072)
- Middleton BA, Holsten B, Diggelen R van. 2006. Biodiversity management of fens and fen meadows by grazing, cutting and burning. *Applied Vegetation Science*. 9(2):307–316.
- Millett J, Edmondson S. 2013. The impact of 36 years of grazing management on vegetation dynamics in dune slacks. *Journal of Applied Ecology*. 50(6):1367–1376.
- Mitchell EAD, Gilbert D, Buttler A, Amblard C, Grosvernier P, Gobat J-M. 2003. Structure of microbial communities in *Sphagnum* peatlands and effect of atmospheric carbon dioxide enrichment. *Microb Ecol.* 46(2):187–199.
- Moore TR, Bubier JL, Froking SE, Lafleur PM, Roulet NT. 2002. Plant biomass and production and CO₂ exchange in an ombrotrophic bog. *Journal of Ecology*. 90(1):25–36.
- Mouissie, A.M, Vos, P., Verhagen, H.M.C. & Bakker, J.P. 2005. Endozoochory by free-ranging, large herbivores: ecological correlates and perspectives for restoration. *Basic Appl. Ecol.* 6: 547-558.
- Mouissie, A.M., Lengkeek, W. & van Diggelen, R. 2005. Estimating adhesive seed-dispersal distances: field experiments and correlated random walks. *Funct. Ecol.* 19: 478-486.
- Muller F, Gabaldon A. 2017. Pâturage et biodiversité des tourbières de Franche-Comté. Entre tradition et perspectives. Fédération des Conservatoires d'espaces naturels, 40p.
- Ojanen P, Minkinen K. 2020. Rewetting offers rapid climate benefits for tropical and agricultural peatlands but not for forestry-drained peatlands. *Global Biogeochemical Cycles*. 34(7):e2019GB006503.
- Pakeman, R.J., Digneffe, G. & Small, J.L. 2002. Ecological correlates of endozoochory by herbivores. *Funct. Ecol.* 16: 296-304.
- Packer J.G., Meyerson L.A., Skálová H., Pyšek P., Kueffer C. 2017. Biological Flora of the British Isles: *Phragmites australis*. *J Ecol* 105:1123–1162. doi: 10.1111/1365-2745.12797
- Pasquier, G. 2010. Pâturage en zones humides: 15 ans de Gestion conservatoire. CREN Isère. 44 pp.
- Pellerin S, Huot J, Côté SD. 2006. Long-term effects of deer browsing and trampling on the vegetation of peatlands. *Biological Conservation*. 128(3):316–326.
- Ratliff, R.D. 1985. Meadows in the Sierra Nevada of California: state of knowledge. General Technical Report PSW-84. USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Berkeley, CA, US.
- Rawes M, Hobbs R. 1979. Management of semi-natural blanket bog in the northern Pennines. *Journal of Ecology*. 67(3):789–807.
- Regnéll G. 1980. A Numerical Study of Successions in an Abandoned, Damp Calcareous Meadow in S Sweden. In: van der Maarel E, editor. Succession: Symposium on advances in vegetation sciences, Nijmegen, The Netherlands, May 1979 [Internet]. Dordrecht: Springer Netherlands; ; p. 123–130. https://doi.org/10.1007/978-94-009-9200-9_13
- Rejmánková E, Houdková K. 2006. Wetland plant decomposition under different nutrient conditions: what is more important, litter quality or site quality? *Biogeochemistry*. 80(3):245–262.
- Renou-Wilson F., Moser G., Fallon D., Farrell C.A., Müller C., Wilson D. 2019. Rewetting degraded peatlands for climate and biodiversity benefits: Results from two raised bogs. *Ecological Engineering* 127:547–560. doi: 10.1016/j.ecoleng.2018.02.014.

- Roberts J. 2000. Changes in *Phragmites australis* in south-eastern Australia: a habitat assessment. *Folia Geobot* 35:353–362. doi: 10.1007/BF02803548
- Rosenthal G. 2010. Reforestation of grazed mires in the foreland of the Alps. *Tuexenia*.(No.30):83–104.
- Rotz CA, Taube F, Russelle MP, Oenema J, Sanderson MA, Wachendorf M. 2005. Whole-farm perspectives of nutrient flows in grassland agriculture. *Crop Science*. 45(6):2139–2159.
- Rydin H, Jeglum JK, Bennett KD. 2013. *The Biology of Peatlands*, 2e Ed.. Oxford University Press, Oxford.
- Sarneel JM, Geurts JJM, Beltman B, Lamers LPM, Nijzink MM, Soons MB, Verhoeven JTA. 2010. The effect of nutrient enrichment of either the bank or the surface water on shoreline vegetation and decomposition. *Ecosystems*. 13(8):1275–1286.
- Singh BK, Bardgett RD, Smith P, Reay DS. 2010. Microorganisms and climate change: terrestrial feedbacks and mitigation options. *Nature Reviews Microbiology*. 8(11):779–790.
- Sjögren P, Van der Knaap WO, Van Leeuwen JFN, Andrič M, Grünig A. 2007. The occurrence of an upper decomposed peat layer, or “kultureller Trockenhorizont”, in the Alps and Jura Mountains. *Mires and Peat*. 2(5):1–14.
- Song L, Chang L, Zhang S, Dou Y, Wu D. 2021. Warming threatens the microbial communities in middle-high latitude peatland: evidence from testate amoebae. *Soil Biology and Biochemistry*. 153:108105.
- Stammel B, Kiehl K, Pfadenhauer J. 2003. Alternative management on fens: response of vegetation to grazing and mowing. *Applied Vegetation Science*. 6(2):245–254.
- Stammel B, Kiehl K. 2004. Do hoof prints actually serve as a regeneration niche for plant species in fens? *Phytocoenologia*. 34(2):271–286.
- Sun D, Liddle MJ. 1993. A survey of trampling effects on vegetation and soil in eight tropical and subtropical sites. *Environmental Management*. 17(4):497–510.
- Sundberg S. 2012. Quick target vegetation recovery after restorative shrub removal and mowing in a calcareous fen. *Restoration Ecology*. 20(3):331–338.
- Sweers W., Horn S., Grenzdörffer G. & Müller J. 2013-2014. Regulation of reed (*Phragmites australis*) by water buffalo grazing: use in coastal conservation. *Mires and Peat*, Volume 13 (2013/14), Article 03, 1–10. <http://www.mires-and-peat.net/>, ISSN 1819-754X.
- Tanentzap AJ, Coomes DA. 2012. Carbon storage in terrestrial ecosystems: do browsing and grazing herbivores matter? *Biological Reviews*. 87(1):72–94.
- Taylor N.G., Grillas P. & Sutherland W.J. 2018. *Peatland Conservation: Global Evidence for the Effects of Interventions to Conserve Peatland Vegetation*. Synopses of Conservation Evidence Series. University of Cambridge, Cambridge, UK.
- Taylor N.G., Grillas P. & al. 2019. A synthesis of evidence for the effects of interventions to conserve peatland vegetation: overview and critical discussion. *Mires and Peat*, Volume 24: 1–21, <http://www.mires-and-peat.net/>, ISSN 1819-754X
- Tesauro J., Ehrenfeld D. 2007. The effects of livestock grazing on the bog turtle [*Glyptemys* (= *Clemmys*) *muhlenbergii*]. *Herpetologica* 63:293–300. doi: 10.1655/0018-0831(2007)63[293:TEOLGO]2.0.CO;2
- Theunissen B. 2019. The Oostvaardersplassen Fiasco. *Isis*, 110 (2). 341-5.
- Van den Beemt EPA.. 2019. The Oostvaardersplassen debate: a content analysis of the framing of the management of the Oostvaardersplassen by stakeholders in newspapers. <http://localhost/handle/1874/382647>.
- van Diggelen JMH, Bense IHM, Brouwer E, Limpens J, van Schie JMM, Smolders AJP, Lamers LPM. 2015. Restoration of acidified and eutrophied rich fens: long-term effects of traditional management and experimental liming. *Ecological Engineering*. 75:208–216.
- Van Duren IC, Pegtel DM. 2000. Nutrient limitations in wet, drained and rewetted fen meadows: evaluation of methods and results. *Plant and Soil*. 220(1):35–47.
- Van Vuuren MM, Aerts E, Berendse F, De Visser W. 1992. Nitrogen mineralization in heathland ecosystems dominated by different plant species. *Biogeochemistry*. 16(3):151–166.

- Verhoeven JTA, Beltman B, De Caluwe H. 1996. Changes in plant biomass in fens in the vechtplassen area, as related to nutrient enrichment. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*. 30(2):227–237.
- Veteli TO, Mattson WJ, Niemela P, Julkunen-Tiitto R, Kellomaki S, Kuokkanen K, Lavola A (2007) Do elevated temperature and CO₂ generally have counteracting effects on phenolic phytochemistry of boreal trees? *Journal of Chemical Ecology* 33(2): 287-296.
- Villepoux O, Miquet A, Oger P. 2020. *Tibellus utotchkini* Ponomarev, 2008 (Araneae, Philodromidae), nouvelle espèce pour la France et l'Europe occidentale. *Revue arachnologique*. 2(7):20–22.
- Vitt DH, Wieder RK, Scott KD, Faller S. 2009. Decomposition and peat accumulation in rich fens of boreal Alberta, Canada. *Ecosystems*. 12(3):360–373.
- Vulink J.T. 2001. Hungry herds – Management of temperate lowland wetlands by grazing. PhD thesis, University Groningen, ISBN 90-369-1258-x.
- Vulink J.T., Eerden M.R. van, Drent R.H. 2010. Abundance of migratory and wintering geese in relation to vegetation succession in man-made wetlands: the effects of grazing regimes. *Ardea* 98(3):319–327. doi: 10.5253/078.098.0306
- WallisDeVries MF, Vries MFW, Bakker JP, van, Wieren SE. 1998. *Grazing and Conservation Management*. Springer Science & Business Media.
- Ward SE, Bardgett RD, McNamara NP, Adamson JK, Ostle NJ. 2007. Long-term consequences of grazing and burning on northern peatland carbon dynamics. *Ecosystems*. 10(7):1069–1083.
- Wardle DA, Bardgett RD, Klironomos JN, Setälä H, Putten WH van der, Wall DH. 2004. Ecological linkages between aboveground and belowground biota. *Science*. 304(5677):1629–1633.
- Wardle DA, Jonsson M, Bansal S, Bardgett RD, Gundale MJ, Metcalfe DB. 2012. Linking vegetation change, carbon sequestration and biodiversity: insights from island ecosystems in a long-term natural experiment. *Journal of Ecology*. 100(1):16–30.
- Weddon JT, Kowalchuck GA, Aerts R, van Hal J, van Logtestijn R, Tas N, Röling WFM, van Bodegom PM (2012) Summer warming accelerates sub-arctic peatland nitrogen cycling without changing enzyme pools or microbial community structure. *Global Change Biology*, 18, 138-150.
- Wiegand G, Krawczynski R. 2010. Biodiversity management by water buffalos in restored wetlands. *Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz*. 10:17–22.
- Worrall F., Bell M.J., Bhogal A. 2010. Assessing the probability of carbon and greenhouse gas benefit from the management of peat soils. *Science of The Total Environment* 408:2657–2666. doi: 10.1016/j.scitotenv.2010.01.033.
- Worrall F, Clay GD. 2012. The impact of sheep grazing on the carbon balance of a peatland. *Science of The Total Environment*. 438:426–434.
- Ye R, Jin Q, Bohannan B, Keller JK, McAllister SA, Bridgham SD. 2012. pH controls over anaerobic carbon mineralization, the efficiency of methane production, and methanogenic pathways in peatlands across an ombrotrophic–minerotrophic gradient. *Soil Biology and Biochemistry*. 54:36–47.
- Zhong Y, Jiang M, Middleton BA. 2020. Effects of water level alteration on carbon cycling in peatlands. *Ecosystem Health and Sustainability*. 6(1):1806113.
- Žmihorski M, Pärt T, Gustafson T, Berg Å. 2016. Effects of water level and grassland management on alpha and beta diversity of birds in restored wetlands. *Journal of Applied Ecology*. 53(2):587–595.

Annexes

Annexe 1. Sensibilité des espèces de flore des marais tourbeux alcalins au pâturage

| Taxon | Piétinement | Pâturage | Fauchage | Source(s) |
|-------------------------------------|-------------|-------------|-------------------------|---|
| <i>Agrostis capillaris</i> | | Défavorable | | Magnusson & Magnusson 1990 |
| <i>Alnus glutinosa</i> | | Favorable | | Darinot & Morand 2001; Darinot & Manneville 2014 |
| <i>Astrantia major</i> | | | Favorable / pâturage | Stammel et al. 2003 |
| <i>Blyum pseudotriquetrum</i> | Tolérant | | | Arnesen 1999 |
| <i>Calystegia sepium</i> | | Défavorable | | Darinot & Manneville 2014 |
| <i>Campylium stellatum</i> | Tolérant | | | Arnesen 1999 |
| <i>Carex capillaris</i> | | Défavorable | | Magnusson & Magnusson 1990 |
| <i>Carex dioica</i> | Tolérant | | | Arnesen 1999 |
| <i>Carex elata</i> | | Favorable | | Darinot & Manneville 2014 |
| <i>Carex flava</i> | Tolérant | Favorable | | Arnesen 1999, Crassous et Karas 2007 |
| <i>Carex lasiocarpa</i> | Tolérant | Défavorable | | Arnesen 1999, Crassous et Karas 2007 |
| <i>Carex lepidocarpa</i> | | Défavorable | | Arnesen 1999, Crassous et Karas 2007 |
| <i>Carex nigra</i> | | Défavorable | | Magnusson & Magnusson 1990 |
| <i>Carex panicea</i> | | Favorable | | Magnusson & Magnusson 1990 |
| <i>Carex riparia</i> | | Défavorable | | Ausden M., et al. 2005 |
| <i>Carex rostrata</i> | Tolérant | | | Arnesen 1999 |
| <i>Carex vaginata</i> | Intolérant | | | Arnesen 1999 |
| <i>Cladonia chlorophaea</i> | | Favorable | | Magnusson & Magnusson 1990 |
| <i>Drosera rotundifolia</i> | | Favorable | | Gabaldon 2017 |
| <i>Eleocharis sp</i> | | Favorable | | Darinot & Manneville 2014 |
| <i>Epilobium sp</i> | | Favorable | | Crassous & Karas 2007 |
| <i>Epipactis palustris</i> | | Favorable | | Crassous & Karas 2008 |
| <i>Equisetum palustre</i> | Tolérant | Défavorable | Favorable | Arnesen 1999; Darinot & Manneville 2014 |
| <i>Eriophorum angustifolium</i> | Tolérant | Favorable | Favorable | Arnesen 1999; Magnusson & Magnusson 1990 |
| <i>Euphrasia frigida</i> | Intolérant | | | Arnesen 1999 |
| <i>Euphrasia rotskoviana</i> | | | Favorable / pâturage | Stammel et al. 2003 |
| <i>Festuca ovina</i> | | | Favorable / pâturage | Stammel et al. 2003 |
| <i>Galium palustre</i> | | Favorable | | Darinot & Manneville 2014 |

| Taxon | Piétinement | Pâturage | Fauchage | Source(s) |
|---|--------------------|----------------------------|-------------------------|---|
| <i>Gentiana asclepiadea</i> | | | Favorable / pâturage | Stammel et al. 2003 |
| <i>Gentiana pneumonanthe</i> | | Défavorable | | Crassous & Karas 2008 |
| <i>Glyceria maxima</i> | | Favorable | | Ausden et al. 2005 |
| <i>Hydrocotyle vulgaris</i> | | Favorable | | Darinot & Morand 2001 |
| <i>Hydrocotyle vulgaris</i> | | Favorable | | Darinot & Manneville 2014 |
| <i>Juncus articulatus</i> | | Favorable / fauchage | | Stammel et al. 2003 |
| <i>Juncus articulatus</i> | | Favorable | | Darinot & Manneville 2014 |
| <i>Juncus subnodulosus</i> | | Défavorable | | Crassous & Karas 2007 |
| <i>Lemna minor</i> | | Favorable | | Ausden et al. 2005 |
| <i>Liparis loeselii</i> | | Favorable | | Gabaldon 2017 |
| <i>liverworts</i> | Intolérant | | | Arnesen T. 1999 |
| <i>Lotus uliginosus</i> | | Défavorable | | Darinot & Morand 2001 |
| <i>Luzula multiflora</i> | | | Favorable / pâturage | Stammel et al. 2003 |
| <i>Lycopodellia inundata</i> | | Favorable | | Gabaldon 2017 |
| <i>Lycopus europaeus</i> | | Favorable | | Ausden et al. 2005 |
| <i>Lycopus europaeus</i> | | Favorable | | Darinot & Manneville 2014 |
| <i>Lysimachia vulgaris</i> | | Défavorable | | Darinot & Manneville 2014 |
| <i>Lythrum salicaria</i> | | favorable à Défavorable | | Ausden et al. 2005 ; Darinot & Manneville 2014 |
| <i>Mentha aquatica</i> | | Favorable / fauchage | | Stammel et al. 2003 ; Darinot & Morand 2001 |
| <i>Mentha aquatica</i> | | Favorable | | Darinot & Manneville 2014 |
| <i>Mentha arvensis</i> | | Favorable / fauchage | | Stammel et al. 2003 |
| <i>Molina caerulea</i> | Intolérant | Défavorable | | Arnesen 1999 ; Darinot & Morand 2001 |
| <i>Molinia caerulea</i> | | Défavorable | | Darinot & Manneville 2014 |
| <i>Myosotis laxa subsp caespitosa</i> | | Favorable | | Ausden et al. 2005 |
| <i>Peucedalum palustre</i> | | Défavorable | | Darinot & Manneville 2014 |
| <i>Phragmites australis</i> | | Défavorable | | Darinot & Morand 2001 |
| <i>Phragmites australis</i> | | Défavorable | | Darinot & Manneville 2014 |
| <i>Phyteuma orbiculare</i> | | | Favorable / pâturage | Stammel et al. 2003 |
| <i>Pimpinella major</i> | | | Favorable / paturage | Stammel et al. 2003 |
| <i>Pinguicula vulgaris</i> | Intolérant | Favorable | | Magnusson & Magnusson 1990 |
| <i>Polytrichum swartzii</i> | | Favorable | | Magnusson & Magnusson 1990 |
| <i>Potentilla erecta</i> | Intolérant | | | Arnesen 1999 |
| <i>Primula elatior</i> | | | Favorable / paturage | Stammel et al. 2003 |

| Taxon | Piétinement | Pâturage | Fauchage | Source(s) |
|--|--------------------|----------------------|----------------------|---|
| <i>Racomiytrium ericoides</i> | | Favorable | | Magnusson & Magnusson 1990 |
| <i>Ranunculus flammula</i> | | Favorable | | Darinot & Morand 2001 |
| <i>Ranunculus sceleratus</i> | | Favorable | | Ausden et al. 2005 |
| <i>Rhynchospora alba</i> | | Favorable | | Darinot & Manneville 2014 |
| <i>Salix aurita</i> | | Défavorable | | Crassous & Karas 2007 ; Gabaldon 2017 |
| <i>Salix cinerea</i> | | Défavorable | | Darinot & Manneville 2014 |
| <i>Sanguisorba officinalis</i> | | Défavorable | Favorable / pâturage | Darinot & Morand 2001 ; Stammel et al. 2003 |
| <i>Sanguisorba officinalis</i> | | Défavorable | | Darinot & Manneville 2014 |
| <i>Sausurea alpina</i> | Intolérant | | | Arnesen 1999 |
| <i>Schoenus nigricans</i> | | Défavorable | Favorable / pâturage | Crassous & Karas 2007 |
| <i>Scirpus palustris</i> | | Favorable | | Darinot & Morand 2001 |
| <i>Scorpidium cossonii</i> | Tolérant | | | Arnesen 1999 |
| <i>Selaginela selagineloïdes</i> | Intolérant | | | Arnesen 1999 |
| <i>Senecio paludosus</i> | | Défavorable | | Darinot & Manneville 2014 |
| <i>Solidago gigantea</i> | | Défavorable | | Darinot & Manneville 2014 |
| <i>Sphagnum warnstor</i> | Intolérant | | | Arnesen 1999 |
| <i>Succisa pratensis</i> | Intolérant | | | Arnesen 1999 |
| <i>Succisa pratensis</i> | | Défavorable | | Darinot & Manneville 2014 |
| <i>Thalictrum flavum</i> | | Défavorable | | Darinot & Manneville 2014 |
| <i>Trichophorum caespitosum</i> | | Favorable | | Ausden et al. 2005 |
| <i>Trifolium repens</i> | | Favorable / fauchage | | Stammel et al. 2003 |
| <i>Trollius europaeus</i> | | | Favorable / pâturage | Stammel et al. 2003 |
| <i>Utricularia</i> | | Favorable | | Gabaldon 2017 |
| <i>Valerana dioica</i> | | Défavorable | | Darinot & Manneville 2014 |
| <i>Valeriana dioica</i> | | Favorable / fauchage | | Stammel et al. 2003 |
| <i>Veroniva anagallis-aquatica/ catenata</i> | | Favorable | | Ausden et al. 2005 |

Annexe 2. Recueil / synthèse d'avis d'experts

Introduction

L'objectif de ce volet de l'étude 'pâturage' était de replacer le sujet dans un cadre opérationnel en mobilisant l'expertise des acteurs (scientifiques, gestionnaires) les plus à jour sur les connaissances relatives aux thématiques abordées. De l'importance a été accordée à la faisabilité opérationnelle des différentes pratiques de gestion potentielles pour les milieux tourbeux.

Son intérêt est aussi d'intégrer à l'étude des informations non valorisées dans la littérature ou d'identifier des ressources (bibliographiques, humaines) méconnues, en dehors des réseaux habituels nationaux auxquels participent déjà le maître d'ouvrage et les partenaires du projet LIFE Anthropofens.

Les documents préparatoires et la liste des personnes à solliciter ont bénéficié de suggestions de la part de l'équipe LIFE Anthropofens.

Vingt-quatre experts sollicité.e.s

Douze expert.e.s expérimenté.e.s avec des expériences de 8 pays (USA, Canada, Ecosse, Pologne, Allemagne, Pays-Bas, Belgique et France) ont été entendu.e.s entre juillet et octobre 2020 : Roxane ANDERSEN, Margret BUNZEL-DRÜCKE, Pierre GOUBET, Rene KRAWCZINSKI, Wiktor KOTOWSKI, Dries KUIJPER, Sébastien LECUYER, Holger RÖSSLING, Barbara STAMMEL, Franziska TANNEBERGER, Rudi VAN DIGGELEN, J.T.A. (Jos) VERHOEVEN.

Ils couvrent le continuum recherche-action : leurs connaissances viennent ...

- surtout de la recherche RvD, WK, BS
- surtout de la recherche, mais depuis longtemps avec gestionnaires et décideurs politiques JTAV
- des actions de gestion sur le terrain SL
- des deux, recherche et action HR, MBD, RK, DK, FT, RA
- de l'interface entre l'enseignement et la recherche/action sur le terrain : un travail de 'médiation' PG.

Neuf personnes n'ont pas répondu.e.s à deux sollicitations, ou n'ont pas donné de rendez-vous : M. BORKOWSKI, Emmanuelle BOUILLON, Hauke DREWS, S. FENNESSEY, A. KLIMKOWSKA, Jérémy LEBRUN, Philippe MESTELAN, E. REISINGER, S. TISCHEW.

J.P. BAKKER, R.S. CLYMO et M. MICHELOT ont répondu qu'ils ne souhaitaient pas échanger, pour des raisons personnelles.

Les avis reçus

La méthode utilisée est semi-directive : en préparation, chaque personne avait reçu comme documents préparatoires (cf Annexe 2.1) un courrier d'invitation avec la note 'Entrevue semi-directive' qui inclut une description détaillée de l'approche utilisée dans le Volet 'Synthèse bibliographique' et un résumé bref des objectifs et l'approche du projet LIFE Anthropofens et son étude pâturage (l'ensemble en français ou en anglais). L'entrevue a commencé avec une introduction au projet LIFE Anthropofens et son étude pâturage par Patrick DUNCAN, et les chapitres de son Volet "Synthèse bibliographique". Par la suite il y avait un maximum de 8 questions, et à la fin une discussion libre. Les entrevues ont duré entre 1-2 heures en français ou en anglais pour la plupart par vidéoconférence, certains par téléphone si la connexion internet était faible. La plupart a relu les notes pour apporter d'éventuelles corrections. Les notes individuelles sont disponibles en Annexe 2.2. Les points principaux qui en sont ressortis sont résumés dans le Tableau 1.

Annexe 2 - Tableau 1.

Experts - avis sur utilisation de grands herbivores pour la conservation de la biodiversité, inclus la fonctionnalité, de tourbières alcalines

| (1) Objectifs principaux | Objectifs secondaires | Méthodes associées à l'herbivorie | Etat des connaissances nécessaires | | |
|---|--------------------------------------|---|------------------------------------|------------|---------------|
| | | | Adéquat | Empiriques | Scientifiques |
| Maintenir/restaurer biodiversité plantes, + cascades, insectes, oiseaux... (12) | Stockage carbone (2) | Coupes d'arbres / dessouchage initiaux (5) | oui (12) | oui (11) | peu (9) |
| | Impliquer les voisins (2) | Fauchage avant (5) / après (1) pâturage | | | |
| | Minimiser inondation d'une ville (1) | Fauchage avec (3) / sans exportation (?) | | | |
| | Contrôle exotiques (1) | Réduire la disponibilité des nutriments (3) | | | |
| | | Hydrologie et pédologie (12) | | | |
| | | Re-creuser des mares (2) | | | |

Tableau 2.**Lacunes de connaissances, autres**

- Connaissances difficiles à retrouver – que ce soit des traditionnelles ou issues des suivis par gestionnaires (6)
- Piétinement (2)
- Processus d'expérience/éducation des animaux et des gestionnaires (2)
- Stockage de Carbone: effets de différents types de tourbières (1) et régimes de gestion des GH (1)
- Objectifs flexibles dans un monde climatiquement variable et dérégulé (3)
- Choix de plantes, et effets, des espèces sauvages & domestiques (2)
- Processus de colonisation, naturels & artificiels (2)
- Races locales – plus adaptées que les exotiques ?
- Enjeu de conservation (2)
- Effet de parcours libre sur auto-gestion du parasitisme (1)
- Effet de présence des herbivores sur la qualité des eaux (municipales) (1)
- Processus de décision (dates, densités) par éleveur (1)
- Effets de différentes dates, densités herbivores sur les plantes & les bryophytes (2)
- Rôle du feu dans la gestion des tourbières (1)
- Effets de la fauche vs. pâturage sur les communautés de plantes (2)

Opérations réussites - causes

Il y en a beaucoup qui réussissent car bon pilotage (animaux en régie)

- clôtures, densités, dates
- bonne intégration locale,...
- préparation de plantes/mousses en pépinière pour colonisation de sites en restauration

Opérations difficiles - causes

- [Nord de la France] Niveaux d'eau baissés de plusieurs mètres depuis années 1950 (PG)
- [Quelques sites] Gestion herbivorie –
 - pression excessive, prélèvement/piétinement (SL, WK, RK, RA, PG, BS)
 - pression inadéquate (SL, RvD, DK, RA)
 - action des herbivores augmente productivité et colonisation des ligneux (Bierbza, Salix DK)
 - mauvais choix de type de gestion (SL, RK)
- Sélectivité – communautés d'herbivores tronquée (RK, DK)
 - Trop de choix habitats (RA), pas assez pour année (MBD)
 - Interaction gestion eau/herbivores, inaccessibilité de plantes cibles (SL, RvD)
 - Refus de plantes dominantes (ex Typha BS)
- Colonisation / dispersion inadéquat (RvD)
- Enrichissement en nutriments (JTVA)
- Administration trop complexe pour éleveurs (subventions), vente de propriété (HR)
- Incompatibilité d'objectifs – gestion des animaux par éleveurs (SL, DK, RK, PG, MBD)
 - Difficultés pour les éleveurs à maintenir leurs élevages, changements de propriétaires (HR)
 - Difficulté de gérer pour toutes les espèces de plantes/insectes/oiseaux à enjeu (JTAV, BS, HR)
 - Gestion pour espèces vs. Fonctionnalité (par ex. réduction de production / conservation de la tourbe) (DK, WK, BS)
- **Hostilité de voisins** – à l'introduction de grands herbivores sauvages (MBD)
- Inattention aux **traitements anti-parasites** (MBD)

Dans le texte ci-dessous les **points principaux qui ressortent sont résumés**, avec des chiffres qui donnent le nombre d'experts/12 qui ont exprimé le point de vue en question. Cette information ne peut être qu'indicative, car en une entrevue on ne peut tout dire. Quelques experts ont souhaité suivre le projet LIFE Anthropofens, échanger, voire participer à la restitution publique si les circonstances s'y prêtent. Leurs noms ont été signalés à l'équipe LIFE Anthropofens du CEN Hauts-de-France.

- *La gestion active des tourbières alcaline est souvent pratiquée – dans votre expérience quand est-elle nécessaire ? et pourquoi ?*

La gestion avec des grands herbivores (GH) est considérée **nécessaire** par ces experts quand il y a perte de biodiversité, surtout des espèces patrimoniales, due à la succession qui entraîne l'embroussaillage, ou à des espèces exotiques envahissantes. L'**objectif** principal est généralement de maintenir et/ou restaurer la **biodiversité** des plantes, et en cascade, insectes, oiseaux et d'autres taxa patrimoniaux (12/12). Les objectifs secondaires cités sont le stockage de carbone (2), impliquer des voisins dans la gestion (2), contrôler des espèces exotiques (1), ou minimiser le risque d'inondation d'une ville (1)

- *Des méthodes de gestion alternatives ou complémentaires sont utilisées parfois ; dans votre expérience quand sont-elles nécessaires ? (lesquelles et pourquoi) ?*

La méthode de gestion alternative ou complémentaire la plus souvent citée est la gestion des **eaux** (10) car certains régimes d'inondation freinent la colonisation de tourbières par des arbres, parfois avec le recreusement de mares (2). L'eau est fondamentale pour **tous les aspects de la structure et de la fonction** des tourbières et un des experts rappelle qu'il est essentiel de se préoccuper des "interactions 'mammifères-sol' et 'sol-plantes', autant du point de la structure des sols que des processus de turfigenèse, car, sous la contrainte de pâturage, le sol peut conserver une certaine structure mais ne pas voir se réaliser certains processus" (PG, et pour aller plus loin on vous recommande de consulter le courrier de Pierre GOUBET, en annexe des notes sur l'entrevue avec lui.).

Puis les autres méthodes de gestion alternatives ou complémentaires les plus souvent citées ont comme objectif de **combattre les processus de compétition** avec des plantes patrimoniales :

- la **coupe/dessouchage** de ligneux. Elle peut être faite avant l'arrivée des GH (5), pendant leur présence, ou après leur départ, et
- le **fauchage** avant (5) ou après pâturage (1) ; avec exportation (3), ou sans.

Réduire la disponibilité des nutriments aux plantes pour maintenir l'oligotrophie (3). Le fauchage avec exportation des coupes est considéré plus efficace que l'herbivorie, car l'herbivorie rend les nutriments plus assimilables et peut favoriser donc l'eutrophisation. Cependant les GH peuvent aider, au moins pour le P, car le fait de consommer les plantes peut accélérer l'exportation du P :

- dans les corps des animaux (s'ils sont exportés), et
- si les fèces et urine tombent dans des eaux qui quittent le site.

-
- *Votre avis sur l'état des connaissances dont on dispose pour la gestion du pâturage dans les tourbières (cf. les chapitres de la Synthèse biblio) ? Disposons-nous des connaissances nécessaires ? Scientifiques, empiriques, les deux ?*

Adéquates, au moins pour démarrer (12)

Empiriques (11)

Scientifiques (9), mais trop peu.

Cependant des **synthèses manquent** pour les connaissances des deux types.

- *Votre avis sur les lacunes importantes de connaissances dans ces domaines ?*

La 'lacune' proposée le plus souvent est que les connaissances sont difficiles à retrouver – que ce soient des connaissances traditionnelles ou issues des suivis par gestionnaires (6). Il y a donc **intérêt de pousser les scientifiques et les gestionnaires dans ce domaine de travailler sur des publications et des synthèses de connaissances**.

Des connaissances manquent aux gestionnaires pour des **aspects biologiques** et des **aspects**

sociologiques. Parmi le manque de connaissances **sociologiques**, on a noté les difficultés de développer/appliquer des **objectifs flexibles dans un monde climatiquement variable** et dérégulé (3) ; le manque de connaissances sur les processus d'expérience/**éducation** des animaux, et des gestionnaires aussi (2) ; ou sur les processus de **décision** par des éleveurs sur les dates de mise à l'herbe, et les densités d'animaux (1).

Pour des **aspects biologiques** certaines lacunes concernent :

(1) les **milieux et des processus**, comme :

- * les effets de la présence des herbivores sur la **qualité des eaux potables** (1) et
- * sur la **production de tourbe** (1), avec le stockage de **carbone** dans différents types de tourbières (2). La question de l'impact de différents régimes de gestion des GH sur le stockage de carbone : les deux objectifs peuvent être compatibles (1). (Note : Cependant la densité des GH semble être l'élément clé, voir 'Lacunes de connaissances' ci-dessous, et la Synthèse bibliographique).

(2) les **plantes**, comme :

- * l'impact du pâturage sur les processus de **colonisation**, naturels & artificiels (2),

(3) les **animaux**, comme

- * les **racés locales** – sont-elles plus adaptées que des races exotiques ? (2), et
- * les effets de parcours libre sur l'auto-gestion du **parasitisme** par les animaux (1).

(4) les processus d'**interactions animaux-plantes**, comme

- * le **choix de plantes** par les espèces sauvages & domestiques (1) ;
- * le **piétinement** (2) ;

* les effets de différentes **dates** et **densités** d'herbivores sur les plantes et surtout sur les bryophytes, et sur l'ensemble de la biodiversité (2) ;

- * les effets de différentes **espèces d'herbivores** (1)

(5) les effets de la **fauche** vs. pâturage sur les communautés de plantes (2)-

Ces lacunes de connaissances pour les gestionnaires de la nature constituent des difficultés voire des obstacles pour l'utilisation des GH.

-
- *Connaissez-vous des 'success stories' ou des grands herbivores ont été utilisés avec réussite pour la gestion des tourbières alcalines ? ou plus généralement dans des tourbières ?*

Il y a beaucoup de projets qui réussissent – les experts ont cité quelques 'success stories' plus à titre d'exemple pour illustrer des conditions qui ont été nécessaires pour la réalisation de ces succès que pour les recenser. Un cas complexe est Biebrza où les élans ont un rôle, mais il est mineur, et ils peuvent stimuler l'installation des arbres (cf. entretien avec WK). Ici des tourbières ouvertes avec quelques arbres sont entretenues en relativement bon état surtout par des niveaux d'eau hauts avec le feu. Voir aussi des exemples de réussites en Ecosse, Allemagne, France (RA, MBD, RK, SL, HR, FT).

- *Quelles conditions ont été nécessaires pour la réalisation de ces succès ? Écologiques, socio-politiques... ?*

Les éléments clés qui ressortent sont :

- décider d'**objectifs clairs** et réalisables dans chaque contexte, co-construction avec les parties prenantes clés ;
- **maîtrise effective** de la gestion des animaux, donc en direct avec les animaux en régie, ou indirecte avec une très bonne intégration locale, et entente avec les éleveurs qui interviennent ;
- pilotage professionnel de la **gestion des animaux** pour avoir les bonnes espèces et races, et densités/dates de présence si leur intégration dans le système n'est pas permanente ;
- dans les cas où la colonisation par des plantes cibles est inadéquate, la préparation de plantes/mousses en pépinière pour les planter dans des sites en **restauration**.

- *Connaissez-vous des cas ou des grands herbivores ont été utilisés pour la gestion de tourbières alcalines sans réussite ? ou dans des tourbières ?*

Il y en a aussi beaucoup qui ne réussissent pas – voir les entretiens avec MBD, WK, RK, DK, HR, ou JTAV, par exemple, et la section suivante. Ces cas sont importants, car ils nous enseignent sur les processus clés, et sur des lacunes dans les connaissances utilisées.

- Quelles conditions ont caractérisés ces échecs ? Écologiques, socio-politiques...?

Les **conditions édaphiques** étant le *sine qua non* de la gestion des tourbières, un des experts a rappelé que les **nappes** dans le Nord de la France ont baissé jusqu'à 15m depuis 70 ans. Sans eau pas de tourbières. Cependant la plupart des sites arrivent à maintenir/restaurer les conditions hydrologiques adéquates.

Le problème d'enrichissement par des **nutriments est lié en partie à l'hydrologie**, qu'ils viennent avec les eaux souterraines, eaux de surface ou avec la pluie (1).

Une cause importante est **l'incompatibilité des objectifs** – entre parties prenantes, comme **gestionnaires de la nature et éleveurs** ; quand les animaux sont apportés par un éleveur des accords sur les objectifs de gestion peuvent s'avérer difficile à trouver et/ou à respecter (5) ; ou quand différentes parties prenantes souhaitent gérer pour **différents taxa** (mousses, plantes. Insectes, oiseaux par exemple, 3/12), voire pour des aspects **fonctionnels/des espèces** patrimoniales (3).

La gestion de l'herbivorie étant un processus complexe, des échecs sont souvent dus aux **erreurs de gestion**. Le mauvais choix de **type** de gestion (herbivorie ou fauche, 2/12) ; si l'herbivorie est choisie les bovins « modernes » sont peu adaptés aux tourbières car lourds (les bovins ont évolué en taille en Europe), mais les petites races passent mieux en tourbière car ils se plantent moins. Comme ces races deviennent rares (comme les 'RedPolish' *Czerwona Polska*), il conviendra de trouver des moyens d'avoir des races petites et rustiques pour des projets en tourbières.

Quand on choisit des GH de bonnes espèces & races, le mauvais ajustement de la **pression** des GH peut poser problème : elle peut être *excessive* (entraînant des prélèvements ou du piétinement excessifs 6/12), ou *insuffisante* (incapacité à contrôler les plantes dominantes 4/12). Si le pâturage est permanent, une difficulté peut venir d'un **manque d'équilibre entre les ressources ciblées** par le gestionnaire (généralement des plantes en zones humides), et les '**ressources clés**' qui déterminent la capacité d'accueil d'un site pour les animaux (généralement dans des milieux exondés ; pour plus d'informations, voir entrevue avec MBD '*Free exchange*'). Ce constat emmène l'idée que l'affouragement en hiver peut être une tactique efficace, à condition d'éviter trop de piétinement. Un mauvais **choix d'animaux** peut aussi entraîner des échecs (3/12).

L'usage de **traitements antiparasitaires** peut endommager des communautés d'insectes coprophages (1).

Une des conséquences de l'action des herbivores sauvages est d'**augmenter la productivité et la colonisation par des plantes ligneuses** (comme à Bierbza, avec les *Salix* 1/12). Ce problème est difficile à corriger par des actions de gestion.

Les problèmes de **dispersion/colonisation** d'espèces végétales et animales cibles de la gestion peuvent être des causes d'échec, surtout dans des projets de restauration (1).

Sur le plan **sociologique**, l'**administration** des subventions peut arrêter des projets à cause de **difficultés financières** ; un **changement de propriétaire** le peut aussi (1). L'**hostilité** des voisins peut être un frein (1/12, le cas extrême étant celui d'Oostvaardersplassen en Pays Bas).

- Echanges libres

Beaucoup des experts ont trouvé que l'entrevue avait couvert le terrain qu'ils considéraient utiles ; mais certains ont souhaité élargir, approfondir l'échange, voire nous donner des suggestions d'autres experts à contacter (inclus dans la liste en page 1 des personnes contactées), et/ou de la bibliographie. Un expert a plaidé pour une approche régionale, ou la gestion de sites est placée dans une politique explicite de conservation de toute la gamme de communautés de plantes de tourbières alcalines, tourbières basses alcalines (alkaline fens, H7230), tourbières de transition et tremblants (transition mires, H7140), bas-marais calcaire à *Cladium mariscus* et espèces du *Caricion davallianae* (calcareous fens with *Cladium mariscus*, H7210*), prairies à *Molinia* sur sols calcaires tourbeux (*Molinion caerulae*) (fen meadows with *Molinia caerulea*, H6410), tourbières boisées (fen woodland, H91D0*) et forêts alluviales à *Alnus glutinosa* et *Fraxinus excelsior* (*Alno-Padion*, *Alnion incanae*, *Salicion albae*) (alluvial carrs, H91E0) .

Deux experts (BS et HR) ont insisté sur l'idée que pour assurer la conservation à long terme de sites importants, les gestionnaires de la Nature doivent sortir **d'ilots de protection**. "A key to successful conservation actions is going beyond techniques, and working with the local human communities, elected (mayors...) or not (farmers...)." .

Un autre (PG) a insisté sur l'urgence d'améliorer les connaissances scientifiques sur **l'ensemble des sous-systèmes** impliqués dans la dynamique des tourbières ('sols-plantes-herbivores-humains'), et sur la nécessité de promouvoir des **aller-retours entre recherche et action**. Plus de personnes qui passent de la gestion sur le terrain à une thèse et une période en Labo, et plus d'académiques qui passeraient du temps dans des programmes de conservation sur le terrain. Ça se fait (à la Tour du Valat par exemple), et on pourrait faire plus ailleurs ; Anthropofens pourrait peut-être aider dans ce sens.

Un expert pense qu'à l'avenir les coûts importants de beaucoup d'actions de gestion (ex. le fauchage) feront que des **systèmes semi-naturels** auront le vent en poupe (WK). Curieusement aucun expert n'est allé plus loin dans ce sens. Le terme 'rewilding/re-ensauvagement' n'a pas été prononcé. Cet expert a dit "*The way ahead is to set up more semi-natural systems in fens, where processes like flooding and herbivory maintain open fens with some trees. These may die or fall over relatively young, especially if the water table is high, this can also make a useful contribution to the complexity of the habitats*". On pourrait imaginer un débat sur "Re-ensauvagement ou jardinage de la nature dans des tourbières alcalins – quand et où ?" dans un lieu approprié.

Plusieurs publications et rapports ont été conseillées par des experts ; elles ont été ajoutées à la Synthèse bibliographique, et pour ce travail avec les experts les tableaux de matières de deux ouvrages majeurs et certaines parties avaient été traduites de l'allemand en anglais. Ces traductions sont fournies dans la Synthèse bibliographique.

Annexe 2.1. Entrevue semi-directive_docs préparatoires

Les versions anglaises de ces 3 documents sont disponibles sur demande

1. Courrier d'invitation

2. LIFE Anthropofens - approche et objectifs

3. Méthode proposée pour l'entrevue

Annexe 2.1.1. Courrier d'invitation

Cher Collègue,

Vous savez peut-être que la Commission Européenne aide les collègues du nord de la France et de la Belgique (Wallonie) à améliorer la gestion de la dynamique des tourbières avec le projet Anthropofens LIFE (voir <https://www.life-anthropofens.fr/>).

Une partie de ce projet consiste à examiner l'utilisation de grands herbivores mammifères pour gérer la dynamique des plantes dans les tourbières alcalines. Je les accompagne sur cette partie, avec Patrick Grillas et Nigel Taylor (Tour du Valat) et Thierry Lecomte (Marais Vernier).

En plus d'une revue de la littérature et d'une visite de terrain dans 4 sites, nous souhaitons connaître l'avis d'experts sur ce sujet ; on aimerait bien échanger avec vous. Si vous avez la gentillesse d'y participer, je pourrais vous appeler pour un «entretien semi-directif», par téléphone ou sur un système de votre choix (comme Zoom), la structure de l'entrevue pourrait avoir la forme décrite ci-dessous.

Votre contribution serait pleinement reconnue dans les rapports d'Anthropofens à la Commission et ailleurs, et dans toutes les publications issues de ces travaux qui utiliserait les informations ou idées issues de cet entretien.

Je suis à votre disposition jusqu'à

Cordialement,

Patrick Duncan

CNRS Labo de Chizé

Directeur de recherche (retraité)

<https://scholar.google.fr/citations?user=sWNlrfwAAAAJ&hl=fr>

Annexe 2.1.2. LIFE Anthropofens - approche et objectif

TITRE: Restauration des habitats des tourbières septentrionales de la France et de la Belgique dans l'Anthropocène

LES SITES et LES ENJEUX: Globalement, le projet travaillera sur 13 sites Natura 2000 (15039 ha) dans le Nord de la France et la Belgique. Six Natura 2000 liés aux tourbières, y compris leurs communautés végétales et leurs sols, sont la cible principale du projet ANTHROPOFENS: tourbières alcalines (H7230), tourbières de transition (H7140), tourbières calcaires avec *Cladium mariscus* (H7210 *), tourbières avec *Molinia caerulea* (H6410), tourbières boisées (H91D0 *) et les cars alluviales avec *Alnus glutinosa* et *Fraxinus excelsior* (H91E0). Ce sont des éléments essentiels au bon fonctionnement des tourbières et contribuent à la résilience de ces écosystèmes.

Les communautés de tourbières alcalines qui ont survécu jusqu'à l'époque dite de l'Anthropocène sont petites et font face à deux types de problèmes:

i) l'abandon des pratiques traditionnelles qui ont façonné les habitats ouverts secondaires biodiverses et

ii) les effets néfastes des activités modernes (captage des eaux souterraines, urbanisation, foresterie, agro-industrie) et du changement climatique. L'artificialisation du fonctionnement des zones humides qui en résulte est un facteur majeur d'eutrophisation et d'assèchement des tourbières dont les espèces et les habitats peuvent difficilement être maintenus dans un état favorable sans d'importantes actions de restauration écologique. À tout cela s'ajoute le fait que les tourbières sont utilisées pour de nombreuses activités récréatives, principalement la chasse et la pêche, et du mépris du public pour ces zones humides. De manière assez isolée, les gestionnaires

des terres doivent donc mener leurs actions à travers un ensemble de marais épars et doivent faire face à des intérêts socio-économiques qui ne correspondent souvent pas aux exigences de conservation des tourbières.

OBJECTIFS: L'objectif global du projet est de mettre 480 ha de tourbières alcalines en état favorable ou en cours de régénération en favorisant les meilleures pratiques visant à diversifier les types d'habitats et les stades de succession des tourbières alcalines en France et en Belgique. Ainsi, la fonction "réservoir" assurée par les 13 sites sera renforcée. En effet, la restauration de habitats clés va donner aux espèces de tourbières une meilleure chance de se reconstituer ou de s'adapter à l'avenir (résilience).

Les objectifs spécifiques peuvent être résumés comme suit :

- 1 - Améliorer l'état de conservation des habitats des tourbières alcalines grâce à une optimisation éco-hydrologique de la gestion des complexes de tourbières
- 2 - Développer et promouvoir des pratiques de gestion intégrée qui visent l'amélioration des stades de succession dans des tourbières alcalines
- 3 - Restaurer les habitats ouverts de tourbières non boisées en s'appuyant sur des processus écologiques induits par une pression herbivore proche du naturel.

Pour le travail sur les herbivores les objectifs sont de :

- Disposer d'un état de l'art sur les interactions végétation-sols-herbivores en contexte de marais tourbeux alcalin ;
- Disposer d'un état de l'art des connaissances sur les pratiques de gestion associées au pâturage en marais tourbeux alcalins ;
- Proposer des hypothèses de travail quant à l'utilisation d'animaux herbivores pour restaurer les habitats d'intérêt communautaire-cibles ;
- Apporter une expertise sur les pistes de développement du pâturage étudiées dans le cadre du projet, ainsi que sur la méthode d'évaluation des actions de pâturage à mettre en place.

.....

Annexe 2.1.3. Méthode proposée pour l'entrevue

Anthropofens Projet LIFE (<https://www.life-anthropofens.fr/>)

EXPERTS – entrevue semi-directive par téléphone/vidéoconf avec Patrick Duncan

➤ Nom de l'expert:

Structure:

Fonction:

➤ Dates de sollicitation/de réponse/ d'entrevue:

➤ Introduction à Anthropofens Projet LIFE et Etude pâturage (Patrick Duncan).

Cf. <https://www.life-anthropofens.fr/>

L'étude pâturage a lancé une *Synthèse biblio* en cours sur les chapitres listés en bas.

➤ Les questions qui seront posées:

La gestion active des tourbières alcaline est souvent pratiquée – dans votre expérience, quand est-elle nécessaire ? et pourquoi?

Des méthodes de gestion alternatives ou complémentaires sont utilisées parfois; dans votre expérience quand sont-elles nécessaires ? (lesquelles et pourquoi) ?

Votre avis sur l'état des connaissances dont on dispose pour la gestion du pâturage dans les tourbières (cf. les chapitres de la Synthèse biblio)? Disposons-nous des connaissances nécessaires? Scientifiques, empiriques, les deux?

Votre avis sur les **lacunes** importantes de connaissances dans ces domaines?

Connaissez vous des '*success stories*' ou des grands herbivores ont été **utilisés avec réussite** pour la gestion des tourbières alcalines? ou plus généralement dans des tourbières? Quelles conditions ont été nécessaires pour la réalisation de ces succès? Écologiques, sociopolitiques...

Connaissez vous des cas ou des grands herbivores ont été utilisés pour la gestion de tourbières alcalines **sans réussite**? ou dans des tourbières? Quelles conditions ont caractérisées ces échecs? Écologiques, socio-politiques...

➤ **Echange libre.**

➤ **Vos connaissances viennent** surtout ... de la recherche des connaissances

. surtout des actions de gestion sur le terrain

. des deux, recherche et actions.

➤ Une section de notre rapport consistera en un résumé des points majeurs issus de cet échange, **voulez vous le voir pour d'éventuelles corrections ?**

.....

Méthode utilisée pour la synthèse bibliographique

La recherche a été ciblée sur "Alkaline or calcareous fens (minerotrophic peatlands, fed by groundwater; also known as "rich fens" because they are base-rich), anywhere in the world."

Les communautés végétales concernées étaient :

- 7230 (Alkaline fens/Tourbières basses alcalines) et

- 7210 (Calcareous fens with *Cladium mariscus*).

D'autres types de "fens" éventuellement ajoutés en fonction des sujets.

Les modes de gestion concernés étaient : l'ajout ou le retrait du pâturage, l'utilisation d'herbivores domestiques mais aussi les effets des herbivores sauvages en fonction de son intensité, l'utilisation du pâturage pour la conservation.

Les documents utilisés étaient des articles scientifiques primaires mais aussi des synthèses techniques, des comparaisons Avant/après exposition (grazed --> ungrazed, or ungrazed --> grazed) et/ou /avec « témoin » (grazed vs ungrazed).

Résultats recherchés : les impacts sur la composition et la structure de la végétation, le recouvrement des ligneux, la richesse spécifique, l'abondance des espèces végétales caractéristiques, rares ou menacées ou d'intérêt, la réponse d'espèces individuelles à la gestion par le pâturage. Changement climatique – quelles conséquences pour ces enjeux de gestion par le pâturage ?

Résultats

1.1 Place du pâturage dans la gestion des zones humides tourbeuses alcalines

1.2 Etat de conservation des milieux tourbeux alcalins

1.3 Quels herbivores sont utilisés dans les milieux tourbeux alcalins

Quel chargement ?

1.4 Impacts du pâturage

Principaux effets du pâturage extensif sur la végétation

Le contrôle des ligneux

Les effets sur le fonctionnement et en particulier le bilan de production de tourbe

Effets sur les communautés, sur la flore

Les bas-marais alcalins à mousses brunes et petites laïches (UE 7230 – *Caricion daviallianae*, *Hydrocotylo vulgaris*-*Schoenion nigricantis* – EUNIS D4.1)

Les bas-marais à hautes herbes (UE 7230 – *Magnocaricion elatae* – EUNIS D4.1I)

Les cladiaies (7210* – *Magnocaricion elatae*– EUNIS D5.24)

Les bas-marais alcalins des dépressions dunaires nord-atlantiques à *Carex trinervis* (7230 – *Hydrocotylo vulgaris*-*Schoenion nigricantis*, – EUNIS D4.1H).

.....

Annexe 2.2 Notes issues les entrevues individuelles

Les notes sont classées dans l'ordre suivant :

Andersen, R. Bunzel-Drücke, M. Goubet, P. Kotowski, W. Krawczinski, R. Kuijper, D. Lecuyer, S. Rossling, H. Stammel, B. Tanneberger, F. van Diggelen, R. Verhoeven, J.T.A.

Les réponses sont en italique.

.....

Anthropofens Projet LIFE (<https://www.life-anthropofens.fr/>)

EXPERTS – entrevue semi-directive par téléphone avec Patrick Duncan

➤ **Nom de l'expert: Dr. Roxane ANDERSEN**
Structure: University of the Highlands, Scotland
Fonction : Senior Research Fellow

➤ Date de l'entrevue : 16 septembre 2020

➤ Introduction à Anthropofens Projet LIFE et Etude pâturage (Patrick Duncan). Cf. <https://www.life-anthropofens.fr/>

L'étude pâturage a lancé une *Synthèse biblio* en cours sur les chapitres listés en bas du document 'Méthodes'. ➤ Les questions posées :

La gestion active des tourbières alcaline est souvent pratiquée – dans votre expérience quand est-elle nécessaire ? et pourquoi? *Dans le Flow Country les enjeux majeurs de gestion pour la conservation sont :*

- *améliorer le système comme puits de carbone*
- *conserver la biodiversité*
- * *sur certains sites augmenter la biomasse des ligneux autochtones, comme pour le Caledonian Forest*
- * *sur d'autres entretenir des conditions pour la nidification de limicoles, donc une strate herbacée courte*
- * *réduire partout les arbres exotiques (Lodgepole pines, Sitkas).*

Dans beaucoup de sites nous faisons des opérations lourdes de restauration avec de gros engins. Il existe une forte densité de cerfs élaphe, dans certains sites les cerfs doivent être réduits pour diminuer le prélèvement de ligneux autochtones et le piétinement, et nous canalisons les cerfs vers des sites où des conifères exotiques envahissent, où leur action est utile.

Votre avis sur l'état des connaissances dont on dispose pour la gestion du pâturage dans les tourbières (cf. les chapitres de la Synthèse biblio) ? Disposons-nous des connaissances nécessaires ? Scientifiques, empiriques, les deux ? *Les connaissances existantes sont adéquates, un mélange de connaissances scientifiques et empiriques.*

*Pour caler les prélèvements des cerfs (de mâles pour des trophées et de femelles pour diminuer la population), les gestionnaires des sites majeurs doivent fournir des données annuellement sur la pression sur les plantes par les cerfs, avec un protocole standard. Je vous donnerai la source du protocole, qui permet de harmoniser la gestion de cerfs, qui vivent aussi bien sur des terrains **privés que publics**. Cf. **Rapport 2018 Dayton, N. Site Condition Monitoring survey of upland notified features. Publication 2018 - SNH Research Report 1028 - Coille Dalavil***

Avez-vous des difficultés avec la nécessité de faire des compromis entre objectifs – p.ex. Puits de carbone et biodiversité ? *Peu de problèmes, car maintenir des tourbières ouvertes qui créent de la tourbe permet de réaliser ces 2 objectifs dans beaucoup de sites. Peu d'études scientifiques qui montrent ça, mais je vous enverrai une publi sur ça dans une tourbière ombro.*

Votre avis sur les **lacunes** importantes de connaissances dans ces domaines ? *Il faudrait plus de données sur l'effet puits de carbone de différents types de tourbières.*

➤ **Echange libre.** *Je vous encourage de regarder la biblio sur l'impact des cerfs sur l'île Anticosti au Québec.* Cf. Article 2017 Courchesne, Coté et al. **Anticosti impact cerfs_foret et tourbières.** Les cerfs à haute densité réduisent la richesse spp. des plantes, surtout en écotone forêt/tourbières.

Je serais intéressée d'avoir une invitation à une réunion Anthropofens, en fonction du programme pour venir ou envoyer un.e membre de l'équipe. (Remarque de Patrick Duncan – les connaissances large et profondes de Mme Andersen sur la dynamique des tourbières (bogs, fens + leurs interactions, cf. les 2 articles de presse sur ses recherches) mériteraient d'être partagées largement; de plus elle parle parfaitement le français + l'anglais. Elle connaît Franziska Tanneberger qui a aussi une approche synthétique pour les connaissances sur les tourbières.)

➤ **Vos connaissances viennent** de la recherche des connaissances et des actions de gestion sur le terrain.

➤ Une section de notre rapport consistera en un résumé des points majeurs issus de cet échange, **voulez vous le voir pour d'éventuelles corrections ? Pas nécessaire, je fais confiance !**

.....

Anthropofens Projet LIFE (<https://www.life-anthropofens.fr/>)

EXPERTS – entrevue semi-directive par téléphone avec Patrick Duncan

➤ **Name of expert:** Dr. Margret BUNZEL-DRÜCKE

Organisation: ABU (*Arbeitsgemeinschaft Biologischer Umweltschutz* or Working Group for Biological Environmental Protection); part of NABU (Nature and Biodiversity Conservation Union).
Job: Research associate

See the website... <https://www.nrw-tourism.com/lippe-floodplain-nature-experience>

➤ Interview on 20 October 2020

➤ **Introduction** to Anthropofens LIFE Project, its herbivory study and the team involved, from Patrick Duncan. The herbivory study has launched a review of publications with the headings listed below. *Not necessary, as I have seen what you are doing in the documents you sent.*

➤ *Questions that were asked:*

Active management of fens is often practiced – given the usual objectives, and tools available for management of fens in Europe, in your experience when is active management necessary, and why? *ABU manages no fens - we have 300 ha of restored wetland in the Lippe valley which is managed with Heck cattle and Konik ponies.*

Alternative or **complementary management methods** are sometimes used; in your experience when are they needed (which ones and why)? *Our main objective is to create a mosaic of habitats, so bushes (Crataegus, Prunus) are welcome for the moment (we have many Red-backed shrikes). Our area is in fields of 50 to 100ha, so we can vary the grazer species and their densities but we may have to use mechanical methods in the future. Another issue is invasion by Canadian goldenrod, the animals slow the spread by trampling and some consumption, but the plant must have some defences, so we may have to use complementary methods in the future.* [For info, this plant is preferred by White-tailed deer in North America, and its palatability for cattle, sheep and horses is apparently rated good to fair (Dittberner and Olson, 1983, quoted in Coladonata, 1993). However, if it forms an important part of hay, it can poison horses (Chizzola and Brandstätter, 2006, for refs see CABI Invasive Species Compendium)].

Our **secondary objective** is to reduce the risk of flooding the town, upstream, by keeping the

floodplains open. Thickets would increase the risk of flooding upstream.

Your opinion on the **state of knowledge** available for the management of herbivory by large mammals in fens (see the headings of the literature review)? Do we have the necessary knowledge? Experimental, empirical, both? *We have enough knowledge to start the project, scientific and empirical (see our book Wilde Weiden)*. Patrick – thank you very much for the link which has allowed me to add your very interesting synthesis to our library, and I will pass it to the Anthropofens people. https://www.abu-naturschutz.de/fileadmin/user_upload/Veroeffentlichungen/Weideleitfaden/WildeWeiden.pdf with the very fine paper copy of your book *Naturnahe Beweidung und NATURA 2000*.

What are your views on significant **knowledge gaps** in these areas? ecological and/or socio-political?

Important gaps in ecological knowledge are:

1. *much of the empirical knowledge is not easily available; all attempts to synthesise monitoring data and knowledge from herdsman have failed.*
2. *experimental studies of*
 - a. *the effects and costs of grazing and mowing*
 - b. *the effects of different densities and timing of grazing*
 - c. *the effects of different breeds of cattle and horses*

Do you know of **success stories** where large herbivores have been used successfully for the management of plant dynamics in fens? or more generally in peatlands? What conditions were necessary for the achievement of these successes? ecological and/or socio-political processes? *Our Lippe project is working well, though it does not include peatlands.*

Do you know of cases where large herbivores have been used without success for the management of fens? or in peatlands generally? What caused these **failures**, ecological and/or socio-political problems? The most famous operation is of course Oostvaardersplassen, which for many years was a success, *but is now considered a failure because people do not accept allowing thousands of large mammals to die from starvation in an artificial context.*

Several operations have failed, and the commonest ecological reason is the imbalance of warm-season and cold-season resources. If large herbivores are expected to survive year-round in wetlands it doesn't work. In Lower Saxony Heck cattle and Konik ponies were put in woodland, in the hopes that they would open up the landscape and lead to the appearance of grassland. After a time some of the Heck starved, so grassland was added to the site. By the way, a conservationist in Bavaria is trying to get a project going to try elephants for nature management...

ABU has our own animals so we apply our policies, but nature managers who allow neighbouring farmers to graze their animals in reserves often find that the nature objectives are not achieved, because the objectives of the farmers are to produce more animals than the reserves need. Patrick – surely appropriate financial compensation should solve this? That won't always work, it will depend on the farmer, and his/her attitude to nature: they may not follow agreed densities and/or dates and just do what suits them. In North-Rhine Westphalia the reintroduction of bison has worked for the bison, but there is social conflict because the bison disperse from the land of the person who introduced them. People of the local community do not mind, and are in favour of the project, but the neighbouring communities are hostile, for many social and historical reasons. (For info, the bison may have to be contained cf. <https://wildernesssociety.org/last-year-for-wild-bison-in-germany/>).

➤ **Free exchange.** *Year round grazing is not easy to combine with achieving precise conservation goals, and can make hard work for the managers. Managers often balk at supplementary feeding, but I feel this is a mistake. We then had an interesting exchange on the concept of 'key resources' which determine population densities of large herbivores (cf. Illius and O'Connor 1999 paper). In Nature management areas there is often a lack of key resources, so the pressure on other resources (like wetland plants) is weak.*

An issue which nature managers need to pay more attention to is treatment of parasites; many of the chemical treatments poison invertebrates which try to feed on the dung.

Will you please suggest any **other people** we could usefully talk to? *I suggest you look at the contributors to the book 'WildeWeiden' on the ABU website.*

Your knowledge comes from: *Both research and actions.*

- This exchange will be summarised in a section of the report – would you like to have the **opportunity to see it in draft form in English**, to be able to correct any mistakes? Yes.

Anthropofens Projet LIFE (<https://www.life-anthropofens.fr/>)

EXPERTS – entrevue semi-directive par téléphone avec Patrick Duncan

- **Nom de l'expert : Dr Pierre GOUBET**

Structure: Cabinet Pierre Goubet

Fonction: Directeur

- Date d'entrevue: 16 septembre 2020

Introduction à Anthropofens Projet LIFE et Etude paturage (envoyée par courriel).

Cf. <https://www.life-anthropofens.fr/> avec liste des chapitres de la Synthèse biblio en cours.

- Les questions posées :

La gestion active des tourbières alcaline est souvent pratiquée – dans votre expérience quand est-elle nécessaire ? et pourquoi ? Le plus souvent pour limiter la colonisation par des ligneux, aussi pour maintenir une flore diversifiée.

Des méthodes de gestion alternatives ou complémentaires sont utilisées parfois ; dans votre expérience quand sont-elles nécessaires ? En tourbière alcaline il est essentiel pour la gestion d'agir sur les deux axes fonctionnement et pâturage. Gérer l'eau et les nutriments, ainsi que les herbivores.

Votre avis sur l'état des connaissances dont on dispose pour la gestion du pâturage dans les tourbières (cf. les chapitres de la Synthèse biblio) ? Disposons-nous des connaissances nécessaires ? Scientifiques, empiriques, les deux ? Les approches empiriques sont courantes et pas toujours bonnes, les connaissances scientifiques bien plus rares.

On a peu de connaissances sur ce que prélèvent les herbivores sauvages en Europe (mais on a parfois des informations utiles sur les espèces/sous-espèces en Amérique du Nord, comme les élans). Pour les domestiques comme les bovins, chevaux et ovins, on connaît pas mal, mais on ne connaît pas assez sur les effets de la race, de l'expérience, et du 'leadership' pour guider les choix des animaux et leur conduite. On possède des connaissances sur leur impact sur les plantes supérieures, mais peu sur les bryophytes.

Le pâturage dans ces milieux est difficile, car la portance de la tourbe est souvent le facteur limitant, et les animaux peuvent abimer la tourbe par le piétinement. Très peu d'études ont séparé les effets du prélèvement des effets du piétinement.

Pour ce qui concerne les nutriments, il est essentiel de maintenir ces milieux en état d'oligotrophie, et les grands herbivores peuvent aider. L'azote est difficile à maîtriser, le P plus facile à maîtriser, et le fait de consommer les plantes peut accélérer l'exportation du P:

. dans les corps des animaux (s'ils sont exportés), et

. si les fèces et urine tombent dans des eaux qui quittent le site.

Votre avis sur les **lacunes** importantes de connaissances dans ces domaines ? *Voir ci-dessus.*

Connaissez-vous des cas où des grands herbivores ont été utilisés pour la gestion de tourbières alcalines **sans réussite** ? ou dans des tourbières ? *Le plus souvent les échecs sont dus aux effets du piétinement. A l'étape de choix des objectifs pour des projets de gestion, il faut faire attention au fait que dans beaucoup de sites la nappe a tombé de 15m depuis les années 1950 – viser le retour aux conditions historiques dans ces tourbières sera donc un échec, car les résurgences ont diminué en importance, et avec ça les conditions hydrologiques ont changé fondamentalement, comme la dynamique des nutriments. NB thèse qui démarre à l'Univ. D'Amiens sur la mise en place des tourbières.*

Quand les animaux appartiennent à des éleveurs, une difficulté est souvent que les cahiers de charges ne sont pas sensibles aux changements de conditions (pluviométrie...); une évolution des cahiers de charges est nécessaire pour sortir du 'fixe', et aller vers des adaptations rapides dans un monde de plus en plus variable.

➤ **Echange libre** Vous pouvez contacter Arnaud Duranel (Arnaud.Duranel@univ-stetienne.fr).

Voir aussi le courrier de M. Goubet du 23 juillet 2020 en annexe – aspects historiques, et interactions fonctionnelles hydro/pédologie/pâturage.

On a eu aussi un échange intéressant sur la nécessité de promouvoir en France des aller-retours entre recherche et action dans le domaine de l'écologie. Plus de personnes qui passent de la gestion sur le terrain à une thèse et une période en Labo, voire plus d'académiques qui passerait aux programmes de conservation sur le terrain. Ça se fait à la Tour du Valat, on pourrait faire plus ailleurs, Anthroffens pourrait peut-être aider dans ce sens.

➤ **Vos connaissances viennent d'un travail dans l'interface entre l'enseignement et la recherche/action sur le terrain à la demande de gestionnaires. Un travail de 'médiation'.**

➤ Une section de notre rapport consistera en un résumé des points majeurs issus de cet échange, **voulez-vous le voir pour d'éventuelles corrections?** *Oui, je serai heureux d'être informé de la tenue de votre restitution publique et d'y participer si les circonstances s'y prêtent.*

.....

Annexe

Courrier de M. Goubet 2 juillet 2020

Cher Collègue,

Je vous remercie de l'intérêt que vous portez à mon travail et je serais heureux de m'entretenir avec vous sur le sujet du pâturage en tourbière.

Il s'agit d'un vaste sujet encore peu étudié d'un point écosystémique, en intégrant l'incontournable perspective historique et, à travers elle, les notions d'héritages pédologiques. En effet, mon expérience me laisse penser que l'approche scientifique ou technique du pâturage en tourbière prend pleinement en compte le compartiment des plantes, mais que le compartiment pédologique, tout aussi fondamental, est rarement traité, en dehors des cas où les processus érosifs sont très marquants. Pourtant, la fragilité "discrète" de la tourbe face à la contrainte du piétinement donne aux tourbières une spécificité fonctionnelle qu'il est nécessaire de considérer dans les actions de recherche ou de gestion. Au-delà, il faudrait évoquer le sujet complexe de la production de tourbe, qui nécessite la prise en compte de processus spécifiques difficiles à caractériser du point

de vue expérimentale, mais qui prend une importance particulière dès lors qu'on s'intéresse au cycle du carbone dans les sols.

Le pâturage en tourbière est donc une affaire des rapports "mammifères-plantes", bien-sûr, mais aussi "mammifères-sol" et "sol-plantes", autant du point de la structure des sols que des processus de turfigenèse, car, sous la contrainte de pâturage, le sol peut conserver une certaine structure mais ne pas voir se réaliser certains processus.

Je suis encore bien occupé sur le terrain ces trois prochaines semaines, assez libre à partir du 10 août.

Dans l'attente de notre entretien, cordialement,

Pierre Goubet

.....
Anthropofens Projet LIFE (<https://www.life-anthropofens.fr/>)

EXPERTS – entrevue semi-directive par téléphone avec Patrick Duncan

➤ **Name of expert: Dr. Hab. Wiktor KOTOWSKI**

Organisation: University of Warsaw, Dept. Of Plant Biology and Environmental Protection Job: Professor UCZ

Your knowledge: Especially **research** for knowledge, but have also contributed to **management** actions in the field.

➤ Interview : 30/7/2020

➤ **Introduction** by Patrick Duncan - the Anthropofens LIFE Project and the three levels, of the herbivory study. The review of publications has the headings listed below.

➤ *Questions asked:*

Active management of fens is often practiced - in your experience when is it necessary, and why? *Often the main objective is to halt succession; this is commonly to maintain open fens for populations of certain plants or birds. This leads to costly attempts to maintain fens in unnatural, stable states when like many ecosystems fens are multi-state and dynamic. Fens develop into woodlands only if there is accumulation of peat. However, they can remain open naturally, for hundreds of years, but only if the conditions are right – fires and/or high waterlevels (as in parts of Biebrza), and browsing by large mammals can contribute.*

Alternative or **complementary management methods** are sometimes used; in your experience when are they needed (which ones and why)? *Mowing and herbivory traditionally maintained open fens until the 1980s; since then use of wetlands by people has declined in Poland, as in many EU countries; a combination of tree cutting, grazing with cattle and horses and natural herbivory by abundant moose have maintained open fens in some areas. The moose declined, but a moratorium on shooting was put in place, so they are now abundant and recolonising many wetlands.*

Your opinion on the **state of knowledge** available for the management of herbivory by large mammals in fens (see the headings of the literature review)? Do we have the necessary knowledge? Scientific, empirical, both? *The knowledge needed is available in part, and is a mixture of scientific and empirical knowledge. A review of such knowledge on herbivory was done at a workshop in Poland in the late 1990s; it is published in Polish, probably on paper only. (Patrick D – it would be good to find it).*

What are your views on significant **knowledge gaps** in these areas? *The main areas where more information is needed are on:*

. **trampling**. This is often perceived as a major reason for failures in the use of domestic cattle and horses for managing fens, but it is likely that in fens with healthy peat, and with animals of appropriate sizes and experience, at appropriate densities, trampling not be a problem always.

. **browsing by Konik horses**. Most equids are specialists on graminoids, but Koniks actively seek shoots of trees like alders in spring. This behaviour needs further work (description of use and selection, understanding the behavioural origin [learned?], and the physiology [are Koniks better adapted to detoxifying secondary metabolites than other horses?]). Check with marek.borkowski@wildlife.pl (Wildlife Poland) who knows these horses very well.

. **feeding ecology of moose in fens**. More data are needed on use and selection of plants in fens, and on the spatial and habitat requirements of moose in these systems. These animals are of course highly selective feeders, and they live singly or in small groups at low densities; they require forests in winter and use fens in the warmer seasons so they cannot be enclosed in small wetlands.

. the effect of large herbivores on **nutrient enrichment** of fens: cattle, horses and moose have different patterns of movement between feeding and resting areas, and it is likely that the domestic animals defecate and urinate where they feed, while moose do most of their defecation and urination out of the fen habitats, in drier resting areas.

. effects of **mowing**, with/without removal of plant matter, on peat formation.

(afterthought from Patrick D – the Biebrza wetland is a socio-ecosystem, it would be very useful to have an interdisciplinary analysis of its dynamics. Some work has been done on these questions as part of the REPEAT project.).

Do you know of **success stories** where large herbivores have been used successfully for the management of plant dynamics in fens? or more generally in peatlands? What conditions were necessary for the achievement of these successes? *The interactions of moose and fens in Biebrza are not 'management' in the usual sense, as they are semi-natural, but work well. Scientific analyses of these interactions are needed.*

Do you know of cases where large herbivores have been used without success for the management of fens? or in peatlands generally? What caused these **failures** ? *Trampling – see above.*

➤ **Free exchange.**

Are trade-offs common between functional aspects/botanical or bird richness? *Yes! Mowing to maintain plant communities with key species very likely reduces the rate of peat formation, and it is costly. I (Wiktor) reckon that in the next generation the high costs of many of the management operations will no longer be tolerated by people. The way ahead is to set up more semi-natural systems in fens, where processes like flooding and herbivory maintain open fens with some trees. These may die or fall over relatively young, especially if the water table is high, this can also make a useful contribution to the complexity of the habitats.*

Management issues? *See paper by Klimkowska et al. On mowers with large tracks.*

➤ This exchange will be summarised in a section of the report – would you like to have the **opportunity to see it in draft form**, to be able to correct any mistakes? *Not necessary, but I would be happy to read draft publications, in English, not French.*

.....

Anthropofens Projet LIFE (<https://www.life-anthropofens.fr/>)

EXPERTS – semi-directive interview with Patrick Duncan by video conference

➤ **Name of expert: Dr. René KRAWCZYNSKI**

https://www.researchgate.net/profile/Rene_Krawczynski/research

Organisation: was in DBU Naturerbe, now is with Energiequelle <https://www.energiequelle.de>

Job: Animal ecologist

His knowledge comes from **both research and actions**.

➤ Dates of interview: 11 August 2020

➤ **Introduction** to Anthropofens LIFE Project, its herbivory study and the team involved from Patrick Duncan. The herbivory study has launched a review of publications with the headings listed below.

➤ *Questions discussed :*

What differences/specificity are there in the **management of the different types of rich fens** (calcareous fens)

* Les bas-marais alcalins à mousses brunes et petites laîches (UE 7230 – Caricion daviallanae, Hydrocotylo vulgaris-Schoenion nigricantis – EUNIS D4.1)

* Les bas-marais à hautes herbes (UE 7230 – Magnocaricion elatae – EUNIS D4.11)

* Les cladiaies (7210* – Magnocaricion elatae– EUNIS D5.24)

* Les bas-marais alcalins des dépressions dunaires nord-atlantiques à Carex trinervis (7230 – Hydrocotylo vulgaris-Schoenion nigricantis, – EUNIS D4.1H).

Response of Dr. Krawczynski: The issues are fairly similar, and much of my work has been on Water buffalos - they use all types of wetland vegetation.

Alternative or **complementary management methods** are sometimes used; in your experience when are they needed (which ones and why)? And how do they differ between types of fens (list above)? *Mowing has been used to open new sites, like for grazing rushes.*

Your opinion on the **state of knowledge** available for the management of herbivory by large mammals in fens (see the headings of the literature review)? Do we have the necessary knowledge? Scientific, empirical, both? *The knowledge available is adequate, and I will send a copy of our book reviewing knowledge for Germany – Bunzel-Drücke et al. Naturnahe Beweidung und NATURA 2000.*

What are your views on significant **knowledge gaps** in these areas? ecological and/or socio-political? *I see no major gaps for the practical aspects of management.*

Do you know of **success stories** where large herbivores have been used successfully for the management of plant dynamics in fens? or more generally in peatlands? What conditions were necessary for the achievement of these successes? ecological and/or socio-political processes? *In Germany there were 1500 Water buffalos in 2005, there are now about 7500 for nature conservation, for meat production and ecotourism, in private hands, NGOs and government agencies. They provide a range of services for species conservation, in many different types of wetland, including coastal habitats like in the Elbe estuary where very rapidly they turned tall Phalaris and sedges, into a complex mosaic of habitats suitable for Lapwings and Corncrakes. The wallows are particularly good for Snipe. Buffalos can kill trees by bark stripping with their incisors. They need fences like for cattle, no more. They are tolerant of poisonous plants; cases of poisoning are rare, and involve young and inexperienced animals (eg. with Equisetum), not social groups with a range of ages. They get stuck rarely, unlike cattle (see Wiegleb & Krawczynski 2010 for more information).*

Water buffalos provide a double benefit to farms for meat production, since they can use plants unavailable to cattle.

Do you know of cases where large herbivores have been used without success for the management of fens? or in peatlands generally? What caused these **failures**, ecological and/or

socio-political problems? Yes, 1. *Eleven Moose were introduced into a 120ha enclosure to reduce dominant trees, bushes & monocots. They had a good effect on woody plant regeneration, but of course none on the monocotyledons. They produced many male calves, and these fought a lot, so they were castrated, but the antlers of many then failed to grow properly, so they had to be removed.*

📖 a 7ha site was overgrazed and undergrazed, with 5 Water buffalos, 2 Konik, and later 2 Heck cattle. Their density was too high, and they were given hay in winter so did not eat the dominant plants.

📖 in North east Germany in a site which had high waterlevels and not enough dry land 4 tame Water buffalo females with a bull were used for plant management, but the manager decided not to keep them habituated to people. As a result, they became impossible to herd, the females became wild and the bull dangerous, even creeping up on people and trying to hurt them.

More generally, most of the animals used for nature management are privately owned, and the difficulty is getting the owners to manage them for nature, avoiding anti-parasite treatments, and under- and over-grazing, ie. with no inputs like supplementary food.

➤ **Free exchange.**

Noordwaard Polder is 400ha isand in the Rhine with a grazing community of water buffalos, koniks and

Highland cattle, for flood management, nature conservation and tourism work together, see <https://www.freenature.nl/kom-kijken/noordwaard>

Will you please suggest any **other people** we could usefully talk to? **Edgar Reisinger** (edgar.reisinger@gmail.com) is an expert with much experience and success with projects in Thuringia.

➤ This exchange will be summarised in a section of the report – would you like to have the **opportunity to see it in draft form in French**, to be able to correct any mistakes? Yes.

We hope to produce one/more **scientific publications** in English from the herbivory part of Anthropofens; if they contain material from our discussions would you be kind enough to have a look at a draft, please? Yes.

.....
Anthropofens Projet LIFE (<https://www.life-anthropofens.fr/>)

EXPERTS – semi-directive interview with Patrick Duncan by video conference

➤ **Name of expert:** Dr. D.P.J. KUIJPER

Organisation: Mammal Research Institute, Polish Academy of Sciences, Białowieża Job: Associate professor

➤ **Date of interview:** 8 octobre 2020

➤ **Introduction** to Anthropofens LIFE Project, its herbivory study and the team involved from Patrick Duncan. The herbivory study has launched a review of publications with the headings listed below.

➤ **Questions discussed:**

Active management of fens is often practiced – given the usual objectives, and tools available for management of fens in Europe, in your experience when is active management necessary, and why?

D.J.P.K. The commonest objective is reducing bush encroachment. A difficulty is that if herbivores are used to reduce bushes, they do not always live up to their expectations. Naturally occurring, wild large herbivores (red deer, moose) are typical browsers which often are not able to control bush encroachment because of their low densities in combination with often high tolerance

towards browsing by the woody plants. Domesticated typical grazers (f.e. cattle, horses, sheep) are better in maintaining short vegetations and prevent bush encroachment, but often are not effective in doing this in the wettest habitats or on large spatial scales. So, the conservation of highly specialised species associated with fen systems and the maintenance of some habitats needed for such species (like extensive sedge meadows for Aquatic warblers), requires other management tools (mowing). So, depending on the objectives, management sometimes needs to be spatially variable.

Alternative or **complementary management methods** are sometimes used; in your experience when are they needed (which ones and why)? *In Europe mechanical cutting is generally necessary to complement herbivory. However, the key to fen conservation is maintaining suitable **abiotic conditions**, high water levels, and low levels of nutrients (N, P). Modern farming in many regions in Europe makes this difficult, since there is input from rain and sometimes from sub-soil water.*

Your opinion on the **state of knowledge** available for the management of herbivory by large mammals in fens (see the headings of the literature review)? Do we have the necessary knowledge? Yes, for many aspects. Experimental, empirical, both? *Both.*

What are your views on significant **knowledge gaps** in these areas? ecological and/or socio-political? *Both. The choice of food is influenced by the **experience** of the individual animals, but the extent of this effect is not known. Also studies on wild large herbivores have shown that knowledge is culturally transmitted (Jesmer et al. 2018). Translocated individuals needed several years to adapt to new areas and effectively exploit it. That suggests that also local livestock breeds might be better adapted and more suitable to be used in nature management projects. Interestingly almost each region or large fen systems have such local breeds.*

*A much bigger problem is that many sites managed for nature are isolated in landscapes which are hostile to maintain the values in the, small, fens. This means that to maintain suitable abiotic conditions is difficult, and managers sometimes even surround sites by dykes or even plastic walls, turning the fens into 'bathtubs'. Ideally the bathtubs should even have umbrellas to keep nitrogen-rich rain out... knowledge of how to maintain **connectivity** is not always adequate.*

*Perhaps more important are the gaps in **socio-political knowledge**; in most countries about half the animals used for nature management belong to farmers, whose objectives differ from the objectives of nature managers. Understanding the processes of decision-making by farmers - as to how their animals are managed - has been little studied. Also, how can farmers in more remote places in Europe (f.e. East Poland) make a living and at the same time be integrated in nature management in fen systems. Clearly subsidies are central; more attention to these questions is needed to provide a firm basis for changing the subsidies given to farmers working with nature managers.*

Do you know of **success stories** where large herbivores have been used successfully for the management of plant dynamics in fens? or more generally in peatlands? What conditions were necessary for the achievement of these successes? ecological and/or socio-political processes? (Patrick - There are many such cases, which other experts spoke about, may we focus on failures?).

Do you know of cases where large herbivores have been used without success for the management of fens? or in peatlands generally? What caused these **failures**, ecological and/or socio-political problems? *An important example from the Bierbza marshes (east Poland), where in the large protected area in the east farming has been stopped, and bush encroachment is a problem in spite of the large moose population as we show in our paper (Kuijper et al. 2016) moose browsing can even accelerate bush encroachment. In the west of Bierbza many of the key species of plants and birds survive in farmed areas (hay fields, extensive cattle grazing), however a difficulty is that modernising farming means the breeds of cattle are changing, with the small local breed Red Polish cattle (Czerwona Polska), ideal for grazing in wetlands, being replaced by*

large breeds like Holsteins with higher production of milk.

➤ **Free exchange.**

Will you please suggest any **other people** we could usefully talk to? *For the question of the effect of experience on food choice by herbivores, and on their body condition (which improves with experience in these difficult grazing systems) you could look at the publications on reintroduction actions – the work of Van Vuuren, Wallis de Vries; and Matthew Kauffman in North America may be useful. I will send you some of these.*

Your knowledge comes from: **both**, research and actions.

➤ This exchange will be summarised in a section of the report – would you like to have the **opportunity to see it in draft form**, to be able to correct any mistakes? Yes.

.....
Anthropofens Projet LIFE (<https://www.life-anthropofens.fr/>)

EXPERTS – entrevue semi-directive par téléphone avec Patrick Duncan

➤ **Nom de l'expert: Sébastien LECUYER**

Structure : La Roselière, RNN du Marais de Vesles et Caumont Fonction: Garde animateur

➤ Dates de d'entrevue: 25 septembre 2020

➤ Introduction à Anthropofens Projet LIFE et Etude pâturage (Patrick Duncan). Cf. <https://www.life-anthropofens.fr/>

L'étude pâturage a lancé une *Synthèse biblio* en cours sur les chapitres listés en bas.

➤ Les questions posées :

La gestion active des tourbières alcaline est souvent pratiquée – dans votre expérience quand est-elle nécessaire ? et pourquoi ? *Réduire la compétition des ligneux et mégaphorbiaies sur des plantes d'intérêt pour la conservation, et en cascade sur les réseaux trophiques.*

Des méthodes de gestion alternatives ou complémentaires sont utilisées parfois ; dans votre expérience quand sont-elles nécessaires? (lesquelles et pourquoi)? *Avec le pâturage (1) la gestion de l'eau est évidemment essentielle. Nous avons réparé un seuil clé pour garder plus d'eau dans le fossé central ; néanmoins on n'a pas assez d'eau (changement climatique, mauvaise recharge de la nappe phréatique et l'extraction d'eau pour l'irrigation en augmentation). Même dans l'année 2019-2020 ou on a eu des pluies 'normales', il a manqué de l'eau depuis août 2020. Et (2) dans avant de mettre des bovins Bretonne Pie Noir et des chevaux Camargue il a fallu déboiser mécaniquement dans le Marais de Vesles et Caumont, surtout des saules cendrés.*

Votre avis sur l'état des connaissances dont on dispose pour la gestion du pâturage dans les tourbières (cf. les chapitres de la Synthèse biblio) ? Disposons-nous des connaissances nécessaires ? Scientifiques, empiriques, les deux ? *Nous avons des connaissances théoriques, le problème pour la gestion de la nature est la variabilité de la Nature - variabilité des sites, des espèces de grands herbivores, des races. Appliquer la théorie sur le terrain est donc un vrai 'challenge'.*

Votre avis sur les **lacunes** importantes de connaissances dans ces domaines ? *Comme nous nous basons sur les connaissances empiriques, une lacune importante est le partage de ces connaissances. Je viens d'une famille d'éleveurs, et je sais que ça permet de comprendre des choses qu'on ne trouve pas dans des livres. Quand on arrive au troupeau, on voit l'animal en*

difficulté parce qu'on a l'habitude. Un agent formé en école peut passer à côté parce qu'il/elle n'aura pas reçu ces connaissances. Connaissance de terrain pour savoir adapter le pâturage (pression/nbre d'animaux) pour obtenir les résultats sur les végétations (par exemple).

Connaissez-vous des 'success stories' ou des grands herbivores ont été **utilisés avec réussite** pour la gestion des tourbières alcalines ? ou plus généralement dans des tourbières? *Notre gestion de la RNN Marais de Vesles et Caumont avec des bovins Bretonne Pie Noir (depuis 2005) et des chevaux Camargue (depuis 2002) est une réussite si on regarde les évaluations des Plans de gestion successives (bien que les évaluations des tendances à long terme soient compliquées par les changements de format des Plans de G). Un élément clé de la réussite est l'hétérogénéité de la pression de pâturage, certains secteurs sont délaissés par les animaux, d'autres utilisés fortement. Un autre élément clé est la souche de bovins – nous avons des animaux de la même souche que la réserve des Courtils en Marais Vernier; ils sont consanguins mais montre une bonne croissance et reproduction. NB Cette gestion est bien résumée dans le site web de la RNN, <http://www.reserves-naturelles.org/marais-de-vesles-et-caumont>.*

Quelles conditions ont été nécessaires pour la réalisation de ces succès ? Écologiques, sociopolitiques... *L'élément clé est de pouvoir utiliser des animaux qui appartiennent à notre association, La Roselière.*

Connaissez-vous des cas où des grands herbivores ont été utilisés pour la gestion de tourbières alcalines **sans réussite** ? ou dans des tourbières ? *Un problème dans le Marais de Vesles et Caumont a été l'envahissement des tourbières par des grands Carex et des ronces.*

Quelles conditions ont caractérisées ces échecs ? Écologiques, socio-politiques... *Une difficulté est de combiner les activités humaines avec la présence des bovins ; chez nous dans les secteurs chassés on doit sortir les bovins entre octobre-mars, donc la pression du pâturage sur les Carex et les Cladium est inadéquate.*

Une autre difficulté est le piétinement, qui peut gêner la croissance de la tourbe, au point où on est obligé de mettre en défense certains secteurs avec des clôtures.

Marais de Vesles et Caumont – suite à la coupe des arbres des grands Carex et ronces ont réussi à pousser sur des souches dans des endroits difficilement accessibles pour les bovins et les chevaux.

Enfin la gestion du Marais de Lavours par le pâturage a été considéré comme un échec en interne mais l'échec vient apparemment plus des aspects humains que zootechniques.

➤ **Echange libre.** *Un élément essentiel est l'adaptation des animaux au cours de leurs vies à ces milieux complexes. Nos bovins au départ avaient besoin de complémentation en hiver, mais les jeunes nés chez nous se débrouillent sans complémentation toute l'année. De plus même sans traitement chimique, ils n'ont pas de problème de douve du tout. On a vu cette adaptabilité des Bretonnes pie noir aussi dans la Creuse, chez M. Jean Lafaille. Enfin nous attendons des méthodes appropriées de suivis d'opérations de gestion par le pâturage.*

➤ **Vos connaissances viennent surtout des actions de gestion sur le terrain.**

➤ Une section de notre rapport consistera en un résumé des points majeurs issus de cet échange, **voulez-vous le voir pour d'éventuelles corrections** ? *Oui. Et nous viendrons à votre réunion publique de restitution.*

.....

Voir aussi une belle action de la RNN, en participant à l'honneur rendu aux soldats Calédoniens et Tahitiens qui ont fait reculer l'armée allemande en novembre 1918 en traversant la tourbière avec beaucoup de courage et de force : <https://france3-regions.francetvinfo.fr/hauts-de-france/vesles-caumont-rend-hommageau-bataillon-du-pacique-1564776.html>

.....
Anthropofens Projet LIFE (<https://www.life-anthropofens.fr/>)

EXPERTS – semi-directive interview with Patrick Duncan by telephone conference

➤ **Name of expert: Dr. Holger RÖSSLING**

Organisation: Stiftung NaturSchutzFonds Brandenburg
Job: Project Manager LIFE Trockenrasen (Continental dry grasslands)

Dr. Rößling has been involved in four LIFE projects since 2006: LIFE Inland Salt Meadows

LIFE Alkaline Fens cf. English Layman's report here <http://www.kalkmoore.de/weitere-informationen/infomaterial.html>;
http://www.kalkmoore.de/fileadmin/gemeinsam/1_EU_LIFE_Kalkmoore/Infomaterial_Infotafeln/Flyer/Laienbericht_Kalkmoore_engl..pdf

LIFE Sandrasen cf. English summary www.sandrasen.de/projekt/project-summary/

LIFE Trockenrasen ('LIFE in the sand' ongoing until 2026). <https://www.life-trockenrasen.de/www.naturschutzfonds.de>

➤ **Interview** on 23 October 2020

➤ **Introduction** to Anthropofens LIFE Project, its herbivory study and the team involved, from Patrick Duncan. The herbivory study has launched a review of publications with the headings listed at the end of this note.

➤ *Questions that were asked:*

Active management of Nature reserves is often practiced – given the usual objectives, and tools available for management in Europe, in your experience when is active management necessary, and why? *Since fens need high waterlevels, the first step is of course **ecohydrological management**. In many sites it is necessary to bring waterlevels to ground level, and to increase the high water season from 150 days/year to 300 days/year. One of our sites has stayed open over >40 years with no management other than hydrological – the site near Berlin airport. Here is an image of the unmanaged fen in the middle of the Layman's report <https://goo.gl/maps/o6RuavFMk6F1zHbUA>. For improved water management see image on page 8-9 of the LIFE Kalkmoor Layman's report in English (see page 1 above for link).*

*Some open fens, even if they have appropriate hydrology, are still colonised by dominant **woody plants** like alders. In this case, if the aim is to keep the fen open, active management is needed. Alternative or **complementary management methods** are sometimes used; in your experience when are they needed (which ones and why)? *In some sites we had to cut plants mechanically, even to mow to find ditches in order to block them. For a good machine, see 8-9 of the LIFE Kalkmoor Layman's report in English (see page 1 above for link).**

Are **trade-offs** common? How do you deal with trade-offs between management issues? eg. between functional and species aspects? Botanical, invertebrate or bird richness? *In many systems since the same conditions do not suit all species, each site needs clear objectives to be chosen. For example, on one site with many orchids we increased water levels, beavers moved in and the waterlevels went up by 60cm, cranes increased but the orchids disappeared. This was accepted since orchids occur on other sites, so we allowed these more natural processes to run.*

Your opinion on the **state of knowledge** available for the management of herbivory by large

mammals in Nature reserves and extensive grazing systems (see the headings of the literature review for fens)? eg. for choosing dates and densities? *Much knowledge is available (eg. in the two books Naturnahe Beweidung und NATURA 2000 and Wilde Weiden). For about 80% of our objectives we have enough knowledge, but for some precise management aims, the knowledge is inadequate.*

What are your views on significant **knowledge gaps** in these areas? ecological and/or socio-political? *A key gap is knowledge for grazing management – how do different **dates and densities** of animals affect the different plant communities?*

*We also lack scientific knowledge on how to adjust grazing management to **interannual variability** (rainfall etc.). We cope by monitoring is done to ensure that the trends are in the right direction, and work in the long term. Further, **climate change** will prolong the growing season; the knowledge on how we need to adapt our grazing year is not available.*

*Finally, I know of no academic research helping to provide knowledge about the social/political processes involved in **decisions by farmers** whose animals graze conservation areas.*

Year round grazing is not easy to combine with achieving precise conservation goals. What are your views on this? *True. The 'open gate' approach is one way. By working with neighbours, they can open their gate to allow their animals into Nature areas when appropriate.*

We have some projects in Germany which have succeeded in using year-round grazing, you could contact Sabine Tischew information on these. See contact details below.

Would you like to point to a 'classic' **success story** where large herbivores have been used successfully for the management of plant dynamics in Nature reserves? in peatlands? What conditions were necessary for the achievement of these successes? ecological and/or socio-political processes? *My organisation manages 7000 ha. Grazing is done with farmers, as we consider that for conservation of Nature to work in the long term it needs to be done with local people, this works, not always, but you can see this approach in the website on our 5 year Fens project www.kalkmoore.de especially pages 12... of LIFE Kalkmoor Layman's report in English (see page 1 above for link). The successes we have had are based on **building trust** between Nature managers and farmers (and beyond). A key to this is exchanging (translating) visions of fens – Nature conservationists' visions based on an understanding of Nature, and farmers' visions, many of which are based on generations for whom fens are their culture.*

*Since the limiting factor for farmers is sometimes the complexity of the administration, eg. for of subsidies, we sometimes offer help on this. An example of building trust - at one site we needed to persuade people that raising the waterlevel for a longer period of the year was wise, so we said "We will simply prolong the **period** of high waters", and we did this by blocking ditches with sand bags, saying "As soon as you have a problem of flooding in your fields or your buildings, let us know and we will take the bags out – it's easy!" A key to success in restoration is **colonisation** – Competition in Nature leads to 'First come, first served'. Many of our sites lack the seed banks and connectivity necessary for the species of fens to colonise, so we have set up places where we have gardens preparing enough individuals of brown mosses and plants to be able to put them into some sites after suitable preparation.*

➤ Do you know of cases where large herbivores have been used without success for the management of

Nature reserves? or in peatlands? What caused these **failures**, ecological and/or socio-political problems? **Nature management is complex**; to work it requires a combination of top-down and bottom-up processes. *Our organisation works mainly from the bottom-up because without support from the people, conservation projects will not often have an 'after-life'. One example, subsidies for environmentally sensitive farming - in Germany the states all have their own policies.*

Our work requires understanding of processes, ecological, political, administrative social; it also

requires humanity. This means that the organisations doing it need strong capacity to succeed, i.e. adequate numbers of well trained and involved people. We are therefore limited in the number of sites we can manage successfully, and need to be careful not to over-stretch our organisations. The sites we have are usually small, and need regular attention. We are also often faced with the unforeseen (like the death of a key farmer, the sale of a property to a buyer who is not interested in Nature conservation, etc).

➤ **Free exchange.** We have received the fine books *Wilde Weiden* and *Naturnahe Beweidung und NATURA 2000*; we can see that there are very many experts in Germany. We would be grateful if you would suggest one or two **other people** we could usefully talk to. The list of those I have approached is at the end of this note.

I suggest you contact Stiftung Naturschutz Schleswig-Holstein (www.stiftungsland.de), Eschenbrook 4, 24113 Molfsee: Hauke Drews, Team *Projektentwicklung* +49 431 210 90 402, M +49 170 532 36 76 hauke.drews@stiftungsland.de

and

Oranienbaumer Heide, Prof. Dr. Sabine Tischew, Tel.: 03471-355-1217, Mail: sabine.tischew@hs-anhalt.de, Hochschule Anhalt, FB, 06406 Bernburg, Strenzfelder Allee 28 <http://www.offenlandinfo.de/arbeitsgruppen/prof-dr-sabine-tischew/>

- Your knowledge comes from: Research, management actions, both? *Both.*
- This exchange will be summarised in a section of the report – would you like to have the **opportunity to see it in draft form in English**, to be able to correct any mistakes? *Yes, you are welcome, but it is not necessary.*

.....
Anthropofens Projet LIFE (<https://www.life-anthropofens.fr/>)

EXPERTS – semi-directive interview with Patrick Duncan by video conference

- **Name of expert:** Dr. Barbara STAMMEL
Organisation: [Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt \(KU\)](http://www.ku-eichstaett-ingolstadt.de)
Job: Senior scientist

Your source of knowledge: Mainly **research**.

- Date of interview : 12 August 2020
- **Introduction** to Anthropofens LIFE Project, its herbivory study and the team involved from Patrick Duncan. The herbivory study has launched a review of publications with the headings listed below.
- *Questions asked:*
Active management of fens is often practiced – given the usual objectives, and tools available for management of fens in Europe, in your experience when is active management necessary, and why?

- What differences / specificity in the management of the different types of rich fens (calcareous fens)

- * Les bas-marais alcalins à mousses brunes et petites laïches (UE 7230 – Caricion daviallianae, Hydrocotylo vulgaris-Schoenion nigricantis – EUNIS D4.1)
- * Les bas-marais à hautes herbes (UE 7230 – Magnocaricion elatae – EUNIS D4.11)
- * Les cladiaies (7210* – Magnocaricion elatae– EUNIS D5.24)

* Les bas-marais alcalins des dépressions dunaires nord-atlantiques à *Carex trinervis* (7230 – *Hydrocotylo vulgaris*-*Schoenion nigricantis*, – EUNIS D4.1H).

In your 2003 paper in *ApplVegSci* you conclude “Grazing can be recommended as an alternative land use to mowing in contrast to abandonment, but a reduction in species richness and changes in species composition and species traits may occur. » Do you consider this a general principle? Yes. *Grazing is a natural process which can maintain open fens when this is needed; it is cheap, and produces mosaics of patches which are usually good for plant diversity, and for diversity of some insects too. It is practical and involves local people, a key to conservation of nature in the long term.*

The choice of the right animals is relevant, but more important is the right management (densities, dates). Using local breeds can have an important benefit for conservation of adapted genotypes; and cultural advantages too, connecting people to conservation actions.

Finally, it is often not useful to use the same technique annually, for instance mowing every five years may be quite enough.

Alternative or **complementary management methods** are sometimes used; in your experience when are they needed (which ones and why)? *Mowing after grazing is sometimes useful to reduce dominance of helophytes.*

Your opinion on the **state of knowledge** available for the management of herbivory by large mammals in fens (see the headings of the literature review)? Do we have the necessary knowledge? Experimental, empirical, both? *Fens in southern Germany have been used by people for centuries, often in communal systems, and there is much empirical knowledge among farmers, and nature managers too. Not enough is in the scientific literature. A major difficulty is that variability between sites means that the same management technique may work differently in different sites; it is therefore essential that managers follow the effects and adjust their application. This is particularly important for animal densities, e.g. to minimise damage by trampling.*

What are your views on significant **knowledge gaps** in these areas? ecological and/or socio-political?

Important gaps are

- 1. the effect of grazing animals on water quality – more measurements are needed because some authorities refuse to consider having herbivores near sources of municipal water.*
- 2. trade-offs between management for species – plants versus insects.*
- 3. For trade-offs between nature conservation and carbon sinks you can contact Prof. Dr. Matthias Drösler who works on the carbon aspects <https://www.hswt.de/person/matthias-droesler.html>*

Do you know of **success stories** where large herbivores have been used successfully for the management of plant dynamics in fens? or more generally in peatlands? What conditions were necessary for the achievement of these successes? ecological and/or socio-political processes? *One example is the work in the Lippe floodplain – Margret Bunzel-Drüke can tell you about it (see below).*

Do you know of cases where large herbivores have been used without success for the management of fens? or in peatlands generally? What caused these **failures**, ecological and/or socio-political problems? *In Germany's biggest fen area, the Donaumoos, where intensive farming led to loss of soil and increased flooding. Polders were created to help reduce flooding, and cattle were used to manage the tall plants (up to 4m) which grew on the very rich soils, however the cattle were completely unable to control Typha. > **Free exchange.***

A key to successful conservation actions is going beyond techniques, and working with the local human communities, elected (mayors...) or not (farmers...).

Will you please suggest any **other people** we could usefully talk to? Margret Bunzel-Drüke: m.bunzeldrueke@abu-naturschutz.de. Working in the Lippe-floodplain for the NGO: <https://www.abu-naturschutz.de>

- This exchange will be summarised in a section of the report – would you like to have the **opportunity to see my notes** to be able to correct any mistakes? Yes.

We hope to produce one/more **scientific publications** in English from the herbivory part of Anthropofens; would you like to have a look at a draft, please? *Not necessary; I may not have the time.*

.....
Anthropofens Projet LIFE (<https://www.life-anthropofens.fr/>)

EXPERTS – semi-directive interview with Patrick Duncan by telephone / video conference

- **Name of expert: Dr. Franziska TANNEBERGER**
Organisation: University of Greifswald, Germany
Job: Postdoc, Head of Greifswald Mire Centre (GMC)
- Date of interview : 17 August 2020
- **Introduction** to Anthropofens LIFE Project, its herbivory study and the team involved from Patrick Duncan. The herbivory study has launched a review of publications with the headings listed below.

➤ **Questions asked:**

Active management of fens is often practiced – given the usual objectives, and tools available for management of fens in Europe, in your experience when is active management necessary, and why? *Dr. Tanneberger argued that we face two major challenges, nature conservation and*

mitigation/adaptation to climate change, and that it is important to address both. She gave a very useful description of the 'paludiculture' approach which allows this (see <https://www.moorwissen.de/en/paludikultur/paludikultur.php>)

and described examples of cases where degraded fens are restored, including one where a Typha community is harvested for fuel, and maintains a family. The Succow Foundation has managed 700ha on these principles for over 20 years (<https://www.succow-stiftung.de/en/>). Mammal herbivores are used in some cases, including Water buffalos (see interview with Krawczynski).

There is an important area in NE Germany (?website). So, is the work in the Lower Piné Valley where there has been another LIFE project; the NGO has obtained the 'farmer' label and this has helped to develop the actions strongly (? website)

I would like to know what actions Anthropofens will carry out on the ground – acquisition of sites and management. Patrick Duncan will ask Antoine Gazaix if he has a summary in English, if not we will give Dr. Tanneberger a link for the project document.

Your opinion on the **state of knowledge** available for the management of herbivory by large mammals in fens (see the headings of the literature review)? Do we have the necessary knowledge? Experimental, empirical, both?

There is much empirical knowledge available, but most of it is difficult to obtain as it is in the grey literature, or in the heads of managers. I will help you to get some major sources.

I am currently collating data on fen systems and would like to include information on fens in France.

I will send Francis Muller a request to cooperate on this, and will send a copy to you for the Anthropofens project.

Do you know of **success stories** where large herbivores have been used successfully for the

management of plant dynamics in fens? or more generally in peatlands? What conditions were necessary for the achievement of these successes? ecological and/or socio-political processes? See the examples above.

➤ **Free exchange.** Could you please suggest any **other people** we could usefully talk to, or publications? *Brandenburg (LIFE projects on fens), Dr. Holger Rößling*
Projektleiter
Tel: (0331) 971 64 862
[holger.roessling\(at\)naturerschuttfonds.de](mailto:holger.roessling(at)naturerschuttfonds.de)

Polish LIFE? for the publication 'Conservation of Alkaline Fens' (good work, though not much on herbivory), European Rewilding Foundation (perhaps useful knowledge on socio-economic aspects), McBride et al. 'Fen Management' . Many thanks I downloaded it.

Must get “Peatland use in Europe (Hans Joosten & Franziska Tanneberger)” To do:

Inform Antoine re initiative of F Tanneberger to assemble info on state & dynamics of fens; suggest she participates en restitution public.

Your knowledge: *It comes from **both**, research and actions.*

➤ This exchange will be summarised in a section of the report – would you like to have the **opportunity to see it in draft form in French**, to be able to correct any mistakes? **Yes**

We hope to produce one/more **scientific publications** in English from the herbivory part of Anthropofens; would you be kind enough to have a look at a draft, please? **Yes**

.....

Requested copies of

1. Jurasinski G, Ahmad S, Anadon-Rosell A, Berendt J, Beyer F, Bill R, Blume-Werry G, Couwenberg J, Günther A, Joosten H, Koebsch F, Köhn D, Koldrack N, Kreyling J, Leinweber P, Lennartz B, Liu H, Michaelis D, Mrotzek A, Negassa W, Schenk S, Schmacka F, Schwieger S, Smiljanić M, Tanneberger F, Teuber L, Urich T, Wang H, Weil M, Wilmking M, Zak D & WrageMönnig N

From understanding to sustainable use of peatlands: The WETSCAPES approach.

Soil Systems 4, 14

doi: [10.3390/soilsystems4010014](https://doi.org/10.3390/soilsystems4010014)

NB this paper is an introduction to the research project, so don't expect much new knowledge.

2. **also « Soil Carbon, Multiple Benefits »**
-

Anthropofens Projet LIFE (<https://www.life-anthropofens.fr/>)

EXPERTS – semi-directive interview with Patrick Duncan by video conference

➤ **Name of expert: R. VAN DIGGELEN**

Organisation: University of Antwerp, Dept. Of Biology

Job: Full Professor <https://www.uantwerpen.be/en/staff/ruurd-vandiggelen/research/>

He is working with Anthropofens on nutrient cycles and eco-hydrological analyses.

➤ Date of interview: 1 Sept 2020

➤ **Introduction** to Anthropofens LIFE Project, its herbivory study and the team involved from Patrick Duncan. The herbivory study has launched a review of publications with the headings listed below.

➤ *Questions asked:*

Active management of fens is often practiced - in your opinion is the **state of knowledge** available for the management of herbivory by large mammals in fens (see the headings of the literature review) adequate?

Scientific, empirical, both? *The empirical knowledge is considerable, but is **inadequately recorded**. Much more should be done to publish records of monitoring, and to conduct scientific studies of herbivory, experimental and comparative, on wild and domestic mammals in fens. Nonetheless it is clear that large mammals can help, particularly in the many fens which have been partly drained. In flooded fens, still producing peat, these animals have difficulties - of access and appetance of the plants, like Typha and Cladium. A promising animal is the moose – our work in Bierbza produced surprising results. In this nutrient poor system these herbivores browse Salix cinerea strongly, but **boost productivity and colonisation** by increasing nutrient availability by urination and defecation. The role of **fire** is also inadequately understood in Europe; it is useful to compare approaches to management between Europe & North America.*

What are your views on significant **knowledge gaps** in these areas? ecological and/or socio-political? *I have sent you our paper which gives some of the key domains where more knowledge is needed (see Appendix to this note). Privately owned animals are use in many conservation areas; there are often difficulties in reconciling the objectives of farmers and nature conservationists. I know of no socio-economic research on this issue; the solution seems straightforward, provide financial compensation over and above the CAP agri-environmental subsidies.*

Do you know of cases where large herbivores have been used without success for the management of fens? or in peatlands generally? *See Jan Bakkers' study of the use of grazing to maintain biodiversity in the valley of? Drentse Aa (25km long reserve, NL) and his chapter in 'Grazing and Conservation Management, https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-94-011-4391-2_5). With some drainage the grasslands were invaded by plants like Carex, and bushes so cattle were introduced to eat the taller plants. To give the cattle a more complete system to live in, higher, drier grasslands were added to the wetlands; the cattle then abandoned the wetlands completely and grazed flat the plants on the higher ground. Elsewhere, when sown grasslands have been added to nutrient poor grassland systems grazed extensively, the cattle focused on the sown grasslands, and also promoted colonisation of the nutrient poor grasslands by the domestic grasses. A general rule is that the effect of cattle on dispersal is a key process in their management in these systems but if sown grasslands are included in the grazing area dispersal goes the wrong way.*

➤ **Free exchange.**

Will you please suggest any **other people** we could usefully talk to? *Jan Bakker, and D. Kuijper at Bialowieza.*

➤ This exchange will be summarised in a section of the report – would you like to have the **opportunity to see it in draft form in French**, to be able to correct any mistakes? **Yes**

We hope to produce one/more **scientific publications** in English from the herbivory part of Anthropofens; would you be kind enough to have a look at a draft, please? *Yes, and I would be happy to contribute, too. I would also be interested in coming to the public restitution of this study of herbivory in fens.*

Your knowledge:

*it comes mainly from **research** for knowledge*

.....

Appendix - Priority research questions for fen management

Middleton, Beth A., Holsten, Bettina, and van Diggelen, Rudy

Source: Applied Vegetation Science, 9(2): 307-316

URL: [https://doi.org/10.1658/1402-2001\(2006\)9\[307:BMOFAF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1658/1402-2001(2006)9[307:BMOFAF]2.0.CO;2)

Several research questions emerge after a review of the literature of the maintenance of fen biodiversity in Europe versus North America. We list several research areas that have been inadequately addressed in past research, and deserve further exploration in the future.

1. **Native ungulate** research to determine the potential for native herbivores to increase the biodiversity of fen species, e.g. Moose in northern fens in North America, and Elk in Europe. Research is necessary to determine if native herbivores maintain biodiversity, and in particular, if they reduce the amount of shrubby species in fens abandoned for cattle grazing. Also, the suitability of species of herbivores needs to be examined within the landscape setting, particularly because very large ungulates, e.g. North American moose are undesirable along highways and in urban settings.
2. Research on the **re-introduction of cattle** into abandoned fen pastures with shrub proliferation to determine if cattle can reduce the amount of shrub cover, and increase the biodiversity of fen species either from the seed bank or dispersal via the animals or via restoration of species via re-seeding or re-planting.
3. **Interaction between the effects of grazing density and water table.** As stated before, there is a positive relationship between stocking rate and the amount of biomass reduction. At the same time, high animal density promotes soil degradation, especially for organic soils with high water tables.
4. **Cattle are not native in North America**, but they could play some positive role in the restoration of drained or formerly overgrazed fens. Research looking at the role of cattle in maintaining native biodiversity and in the dispersal of seeds of fen species is recommended.
5. **Mowing and shrub removal studies in North America** to determine if these procedures can increase the biodiversity of fens.
6. Research on the historical role of **fire** in fens, particularly in Europe. Research on the potential role of fire in maintaining biodiversity is necessary in fens of various hydrology (e.g. drained, undisturbed). Detailed information is required on the desirable season and return interval of fire (also useful for North America). Strategies to prevent wildfires in urban areas, as well as to avoid peat fires need to be developed.

See also

«Two studies have compared the effectiveness of grazing versus mowing in undrained calcareous fens (Stammel et al. 2003) and in an abandoned fen meadow (Hald & Vinther 2000). Both studies showed that mowing resulted in somewhat higher species richness than grazing. In a study of montane grasslands in Switzerland designed to tease apart the effects of vegetation removal vs. other aspects of cattle disturbance, herbage removal was found to be the most important element of grazing in the maintenance of vegetation (Kohler et al. 2004). These studies suggest that it is the **removal of the biomass and the consequences for the light regime** that is important in the maintenance of biodiversity, and not necessarily the presence of the cattle in the process of biomass removal.

.....

Anthropofens Projet LIFE (<https://www.life-anthropofens.fr/>)

EXPERTS – semi-directive interview with Patrick Duncan by telephone and video

➤ Name of expert: **Professor J.T.A VERHOEVEN** Organisation: Universiteit Utrecht

➤ Date of interview: 18 August 2020

➤ **Introduction** to Anthropofens LIFE Project, its herbivory study and the team involved from Patrick Duncan. The herbivory study has launched a review of publications with the headings listed below.

➤ *Questions asked:*

Active management of fens is often practiced – given the usual objectives, and tools available for management of fens in Europe, in your experience when is active management necessary, and why? *In the Netherlands fens are important for the biodiversity they contain. Most are man-made, and some of the most important are old turf ponds dug when peat was extracted, 50 meters wide and up to a kilometre long. The process of plant succession typically starts with submerged plant communities, followed by floating-leaved plants (water lilies) and ends up with a continuous floating mat and finally tree communities. Intermediate stages have species-rich fen communities which have always been mown; this maintains plant richness. To maintain high diversity managers often re-dig pools after 50 years to relaunch succession. Once it was considered that trees needed to be removed for nature conservation, now we realise that woodlands contain many red list species (mostly fungi) and we now like to have trees on about a quarter of the land, alder on the more alkaline and birch on the more acid sites.*

Large bogs and fens in the Western Netherlands have been drained from the 14th century and reclaimed for agriculture. These fen meadow areas are now mostly in intensive dairy production but some species-rich grasslands remain in some conserved areas. Mowing is one of the measures to conserve a diverse vegetation in such reserves. For ground nesting birds like lapwings and godwits, grazing is a good tool in such areas as well. Grazing is therefore a minor tool in the fens of the Netherlands (but widely practiced in floodplains). It is no longer common even in Poland.

*The major **threat** is of course drainage. As peat mineralises the resulting increases in nutrient availability favour grasses, which need to be cut to avoid losing species diversity. Peat decomposition gradually acidifies the soil, in particular where groundwater discharge has been diminished so that rain water infiltrates. In western Netherlands peat meadows never had peat extraction, but were drained for cropping. The peat levels then drop by about 1cm/year, so the land gets wetter, and is often then used for grazing. With more effective drainage the use can go back to cropping, and the process continues... Nitrogen inputs from atmospheric deposition were 10x natural level due to intensive farming in the 1980s, now about 5X.*

Mowing removes nutrients, so is better for plant diversity than grazing; this removal just about keeps up with nutrient inputs today.

*In nutrient poorer environments, the vegetation often remains short. Some herbaceous species have a nutrient-conserving growth strategy and have longer-lived leaves so that they can form high stands. The genus *Cladium* is an example. In the fens of Cambridgeshire *Cladium mariscus* is sold for roofing, but these are typically cut only once every 4 years because it grows so slowly. An extreme example is the Sawgrass in the Everglades, *Cladium jamaicense*.*

- What differences / specificity in the management of the different types of rich fens (calcareous fens)

* Les bas-marais alcalins à mousses brunes et petites laïches (UE 7230 – Caricion daviallianæ, Hydrocotylo vulgaris-Schoenion nigricantis – EUNIS D4.1)

* Les bas-marais à hautes herbes (UE 7230 – Magnocaricion elatae – EUNIS D4.1I)

* Les cladiaies (7210* – Magnocaricion elatae– EUNIS D5.24)

* Les bas-marais alcalins des dépressions dunaires nord-atlantiques à *Carex trinervis* (7230 – Hydrocotylo vulgaris-Schoenion nigricantis, – EUNIS D4.1H).

See above.

Alternative or **complementary management methods** are sometimes used; in your experience when are they needed (which ones and why)? And how do these combinations differ between types of fens (list above)? *Grazing of fens after mowing is common in some regions, young, light cattle are preferred because of the problems of portance of the peat. Grazing may lead to at least some degree of drainage.*

Your opinion on the **state of knowledge** available for the management of herbivory by large mammals in fens (see the headings of the literature review)? Do we have the necessary knowledge? Experimental, empirical, both? *Since grazing and mowing have been done for centuries there is a lot of knowledge, however mowing of fens, in particular for those with the plant*

communities mentioned, has always been far more common than grazing, because of the portance of the peat and some livestock diseases associated with very wet soils.

What are your views on significant **knowledge gaps** in these areas? *Much less is known about grazing in fens than about mowing, and there are very few comparative studies of grazing and mowing in fens. Nowadays some NGOs use both tools on their sites, but the results are not often published.*

Do you know of cases where large herbivores have been used without success for the management of fens? or in peatlands generally? What caused these **failures**, ecological and/or socio-political problems?

There are many examples, as far as the USA. Restoration is not straightforward, see Middleton 2002 (Plant Ecology 161: 89-110). For Calluna moors too there is extensive literature showing that grazing can degrade plant communities. Restoration is not straightforward here either, see Littlewood & al. (2006, Applied Vegetation Science 9: 295-306.).

➤ **Free exchange.** *I suggest that Anthropofens works explicitly to maintain the different types of plant communities in the fens, including all the ones mentioned (alkaline fens (H7230), transition mires (H7140), calcareous fens with Cladium mariscus (H7210*), fen meadows with Molinia caerulea (H6410), fen woodland (H91D0*) and alluvial carrs with Alnus glutinosa and Fraxinus excelsior (H91E0).)*

Will you please suggest any **other people** we could usefully talk to? *Jan Bakker!*

We are most grateful to Prof. Verhoeven for the very useful publications he has shared over this summer.

➤ **Your knowledge comes from:** *I am of course **primarily a researcher**, but have worked for many years with policy makers, managers and scientists.*

➤ This exchange will be summarised in a section of the report – would you like to have the **opportunity to see it in draft form**, to be able to correct any mistakes? **Yes**

We hope to produce one/more **scientific publications** in English from the herbivory part of Anthropofens. *I would be happy to have a look at a draft, and to do more if appropriate.*

Annexe 3. Expertise de terrain

Introduction

L'objectif de ce volet de l'étude 'pâturage' était de croiser les questionnements abordés par l'étude bibliographique avec les questionnements propres aux actions et suivis mis en place par le maître d'ouvrage et ses partenaires. Quatre sites qui ont déjà fait l'objet d'expérimentations ces dernières années ont été choisis pour alimenter le bilan et l'analyse décrites aux points 2.1 et 2.2 du Cahier des charges : 2 sites Natura 2000 inclus au projet Life Anthropofens :

- FR2200355 - Basse **vallée de la Somme** de Pont-Rémy à Breilly. Marais communaux de Long et de La Chaussée Tirancourt
- FR2200378 - Marais de **Sacy-le-Grand**. Marais communaux de Monceaux et propriété départementale du département de l'Oise

2 sites de référence non inclus dans le projet Life :

- BE34055 **Vallée du ruisseau de Breuvanne** Marais de Prouvy et Rawez.
- FR4100216 – **Marais de Pagny-sur-Meuse** Site d'intervention du CEN Lorraine

Les résultats attendus sont :

1. De confirmer ou d'adapter les choix de gestion en matière de pâturage : type d'animaux, période, itinéraires techniques, chargements, etc.
2. D'orienter les choix méthodologiques en matière de suivi du pâturage et de ses impacts : indicateurs de pression d'herbivorie, indicateurs d'état des habitats, protocoles, échelles spatiale/temporelle des suivis, etc.

Avant-propos

Les visites de terrain ont été réalisées les 6-7-8-9 juillet 2020 avec une journée par grand site, certains sites recouvrant en fait plusieurs « sous-sites » d'un même bassin versant.

Elles se sont faites en groupe : les 4 experts «pâturage», accompagnés de 2 membres du projet LIFE Anthropofens d'une part, et les responsables des sites d'autre part, incluant une diversité de personnes appartenant parfois à plusieurs structures pour le même site.

Il faut tout de suite poser les limites de ces visites : en une journée il n'est pas possible de cerner la totalité des enjeux d'un site ni de bien visualiser ce qui se passe sur un cycle annuel complet voire sur plusieurs années si on veut s'affranchir de la variabilité (climatique ou autre comme le caractère « à éclipse » de certaines végétations) interannuelle. Ainsi, ces visites ont été faites dans le cadre d'un été particulièrement sec, ce qui ne donne pas nécessairement une vision des plus fidèle de ces sites mais, a contrario, cela attire l'attention sur des dysfonctionnements possibles de l'hydrologie de ces marais si ce type de conditions climatiques estivales devient la norme.

En outre par rapport à des « multi-sites » comme dans les vallées de la Somme, ou du Ruisseau de Breuvanne, il n'a été possible de visiter, en une seule journée, qu'un nombre très limité des sites relevant du projet LIFE Anthropofens.

Les informations délivrées, que ce soit par des documents écrits, quand ils ont été fournis au préalable des visites, ou par les informations données par les responsables ayant leur propre vision et leurs propres compétences parfois plus accentuées sur tel ou tel groupe taxinomique, n'ont pas permis de couvrir les différents aspects de ces sites complexes de manière homogène. Enfin les expériences bénéficient d'un recul plus ou moins grand avec des suivis plus ou moins poussés et, dans certains cas les responsables directs des sites, ne pouvant être disponibles au moment de la visite, ce sont des collègues, certes proches mais parfois un peu moins bien au fait du dossier, qui ont présenté les sites.

Cette hétérogénéité « multi-paramètres » constitue une gêne certaine pour comparer point par point les divers sites, comme aussi pour en dégager une synthèse commune. Cependant et malgré ces limites qu'il convient de reconnaître en premier chef, beaucoup d'informations utiles nous ont été apportées et beaucoup de réponses à nos questions ont été données. Les fiches qui suivent rendent compte de ces visites et des échanges. Elles seront cependant inégalement documentées compte tenu de ce qui est explicité ci-dessus. En complétant les fiches propres à chaque site, une synthèse finale reprend les points généraux relevés pendant ces visites.

Enfin, il est utile d'affirmer que les 4 experts ne sont pas des censeurs et si nous proposons des pistes d'amélioration, nous avons bien conscience des contraintes humaines, techniques, surfaciques, financières, administratives, réglementaires, voire politiques que rencontrent les gestionnaires des terrains visités et que l'évolution des modes de gestion qui pourrait apporter un plus en termes de biodiversité et fonctionnalités ne pourra se faire que par la levée au moins partielle mais plus souvent totale, ou au moins quasi-totale - de ces contraintes. En conséquence nous n'apportons aucun jugement de valeur pour des actions qui ont déjà eu le mérite d'exister, parfois au prix de grandes difficultés, de ténacité, de compétences croisées pour déjà aboutir à une préservation de l'essentiel des sites visités.

Au terme de cet avant-propos, nous souhaitons remercier, les équipes belges et françaises qui ont bien voulu nous accueillir et nous présenter leurs démarches comme leurs résultats.

En ce qui concerne la partie consacrée à la **synthèse** de ces visites de terrain, nous l'avons rédigée à l'aune de notre propre expérience puisque nous agissons par voie de pâturage sur les dynamiques écosystémiques du Marais Vernier, une des plus importantes tourbière – à dominante alcaline - françaises (service des Mines, 1949) depuis 1978 et sur plusieurs « sous-sites » de ce marais. Une réflexion de fond a pu être conduite au début des années 80 afin de comprendre les mécanismes complexes de l'évolution des écosystèmes dans le contexte de déprise agricole et de proposer une thèse selon laquelle la présence des espèces végétales des milieux ouverts est liée à une co-évolution avec des consommateurs primaires, principalement des Ongulés réunis en une guilda (Lecomte T. et Le Neveu C. 1986).

L'intérêt de la remise en pâturage d'espaces délaissés afin de maintenir la biodiversité attachée à ces milieux est maintenant acquis. Sur le plan technique nous disposons d'un « laboratoire à ciel ouvert » à savoir la réserve naturelle des Courtils de Bouquelon où, sur 78ha dont plus de 70 sur du bas marais, nous intervenons avec une centaine d'animaux domestiques : chevaux, bovins, moutons en régie directe. Autant dire que la plupart des questions soulevées pendant les visites nous sont familières parce que rencontrées pour la plupart sur ce territoire : impact des gestions passées y compris sur le plan historique, problématique liée aux modifications hydrologiques en cours, questionnement sur les espèces exotiques envahissantes, et bien sûr tout ce qui touche à la conduite de cheptels en milieu humide : choix des espèces et des races, choix du chargement, choix du mode de gestion du cheptel mis en place et gestion des différentes infrastructures d'élevage, relations avec les administrations et services en charge de l'élevage. Par ailleurs et du fait du caractère novateur de nos expérimentations, nous avons accompagné au niveau national des dizaines de sites où se posaient un questionnement proche du nôtre, à savoir comment maintenir de la façon la plus naturelle possible des communautés ouvertes lorsque la déprise agricole les menace de fermeture.

Plus largement notre réflexion couvre le champ plus vaste de l'herbivorie à travers les siècles et les millénaires incluant les espèces sauvages dont les espèces disparues, le plus souvent du fait de l'espèce humaine.

En ce qui concerne les sites visités, et à l'exception des sites belges, nous étions déjà passés une fois ou plus, en général à la demande des gestionnaires afin d'apporter notre réflexion. C'est avec ce regard à la fois de gestionnaire sur un pas de temps de plusieurs décennies, de scientifique, et d'expert ayant conseillé déjà nombre de gestionnaires que nous avons rédigé les pages qui suivent.

1. Marais de la vallée de la Somme

Compte rendu de visite

La visite a été préparée par l'envoi au préalable de documents essentiels listés à la fin de cette fiche, pour le marais de La Chaussée-Tirancourt et le marais de Long.

Les quatre experts (Patrick Duncan, Patrick Grillas, Thierry Lecomte & Nigel Taylor) ont été menés sur le terrain le **Mardi 7 Juillet 2020** par Antoine Gazaix et Jérémy Hummel (Conservatoire d'espaces naturels des Hauts-de-France). Ils ont été reçus d'abord au Marais de la Chaussée-Tirancourt par David Adam qui a présenté le site et le travail de conservation.

Par la suite ils ont été reçus au Marais de Long et Marais d'Espagne-Epagnette, où Coralie Petit (Conservatoire d'espaces naturels des Hauts-de-France) a présenté ces sites et le travail de conservation.

Introduction

La vallée de la Somme, pour un fleuve relativement court, recèle d'un ensemble remarquable de zones humides tourbeuses et para tourbeuses où l'on rencontre encore divers habitats patrimoniaux et de nombreuses espèces tout aussi patrimoniales.

Comme pour la plupart des zones humides de ce type, l'histoire de la vallée de la Somme est complexe avec diverses tentatives d'assèchement, des extractions de tourbe, des implantations de peupleraies et bien souvent un abandon de pratiques agricoles traditionnelles qui font converger la quasi-totalité des espaces ouverts délaissés vers leur fermeture.

Le Conservatoire d'espaces naturels de Picardie (CEN des Hauts-de-France à présent) conduit depuis de nombreuses années et le plus souvent avec divers partenariats, des gestions exemplaires ayant pour finalité de maintenir ou de retrouver des milieux ouverts. Ces gestions nécessitent, dans un souci de rapprochement avec le fonctionnement naturel des écosystèmes, la mise en place et la conduite de troupeaux pâturant ces espaces.

Depuis quelques années et ceci est particulièrement avéré en 2020, les périodes estivales offrent un déficit hydrique qui modifie l'expression des végétations à court terme et qui peut, par la minéralisation de la tourbe, modifier plus en profondeur et de façon durable ces végétations. Il peut alors s'ensuivre une difficulté dans l'interprétation du pâturage dans un contexte pédoclimatique perturbé....

De nombreux suivis naturalistes sont réalisés sur les sites visités (cf. plans de gestion listés en bas de ce chapitre). Les informations fournies sont très synthétiques et ne permettent pas une compréhension fine de ces suivis. Cependant, il semble qu'ils seraient utilement complétés par des suivis plus fonctionnels notamment sur le fonctionnement hydrologique et sur la structure de la végétation. Dans cette perspective une approche par la gestion adaptative, avec des hypothèses initiales explicites sur la structure de la végétation et/ou les populations d'espèces patrimoniales pourraient être envisagés, s'appuyant sur des protocoles de type BACI (Before After Control Impact) ou autres. Les effets des travaux et gestions appliquées pourraient ainsi être testés expérimentalement sur une sélection de parcelles.

Options de gestion et de suivi.

1.1. Marais de la Chaussée

Il s'agit d'une propriété communale suffisamment vaste pour être subdivisée en plusieurs parcs supportant différents types d'élevage : poneys Fjords, vaches nantaises...

Comme pour la quasi-totalité des milieux humides de ce type, différentes actions humaines en ont modifié les paramètres naturels : fosses d'extraction de tourbe, digues et « chaussées barrages ».

....



La rare Pédiculaire des marais constitue avec d'autres espèces (*Vertigos*, *Liparis*, *Ache rampante*, *Dolomède*, ...) un enjeu important de conservation des marais de la Vallée de la Somme.

Différents aménagements sont réalisés : notamment pour (re)créer des habitats intéressants directement en modifiant les berges de plans d'eau afin d'y déterminer des « tremblants », en abattant des peupleraies pour y recréer de la prairie.



Les « tremblants » reconstitués en berges de plans d'eau permettent le développement d'une végétation fortement hygrophile (*Juncus subnodulosus*, *Hydrocotyle vulgare*, *Samolus Valerandii*, ...) mais la faible portance de ces « tremblants » fait que ces franges d'étang ne peuvent être guère pâturées (cliché supra) ce qui permet à la végétation arbustive (*Salix sp.*) de se développer (cliché infra) avec à terme le risque de disparition de la végétation herbacée hygrophile que l'on souhaite au contraire préserver. Les meilleures options pour éliminer ces plantes ligneuses, sans herbicide, pourraient inclure la coupe manuelle et l'arrachage des jeunes à la main.



D'autres aménagements sont réalisés pour influencer les habitats en présence via le pâturage tels que des clôtures, des points d'abreuvement sur les plans d'eau, des points d'affouragement complémentaires, des ponceaux pour la traversée de fossés avec également des opérations de broyage de refus.



Cette clôture grillagée et complétée par 4 rangs de barbelés est très utile pour contenir les animaux domestiques mais peut aussi entraver les déplacements de la grande faune sauvage qui participe aussi à la vie de l'écosystème....



La mise en place de points d'affouragement (photo ci-dessus) s'avère nécessaire dans bien des situations mais présente aussi l'inconvénient de créer une attractivité forte pour les animaux conduisant à une rudéralisation importante permettant le développement de Rumex, de Cirses, de Bardanes dont les graines peuvent alors être dispersées par le cheptel tant par endozoochorie que par ectozoochorie.

Il convient de signaler la question des fruits de bardanes, lesquels s'agglomèrent très facilement dans les crinières et queues des équidés ce qui prive alors ces animaux de l'effet « chasse-mouches » dévolu ordinairement à ces phanères.



Indispensables pour le franchissement de fossés, ces petits ponts au platelage de bois peuvent s'avérer très glissants dès que humides.

Pour des bovins ou des chevaux, des chutes peuvent alors intervenir avec le risque de lésions musculo-squelettiques, en particulier au droit de l'articulation lombo-sacrée qui constitue le « point faible » de nombre de quadrupèdes. Ce genre d'accident peut, même si l'animal s'en relève à court terme, donner le coup d'envoi d'une série de dysfonctionnements articulaires (production d'ostéophytes obturant les trous nourriciers des os) abrégeant alors fortement la carrière de l'animal.

L'expérience la plus innovante est sans aucun doute celle conduite en partenariat avec le Lycée agricole du Paraquet qui permet de poursuivre – sur un réseau de sites de la vallée de la Somme - trois objectifs distincts :

- gestion en faveur de la biodiversité
- préservation d'une race à faible effectif relativement rustique : la vache nantaise
- approche économique en vue d'une certaine forme de rentabilité de ce type de gestion.

L'une des particularités de cette gestion est effectivement raisonnée avec la mise de plusieurs espaces en réseau, ce qui est relativement peu pratiqué dans une majorité de sites où se pratique une gestion par voie pastorale.



La race Nantaise est une race à faible effectif qui fait partie d'un groupe de races proches de l'ouest de la France qui comprend aussi la Maraîchine, la Parthenaise,

Ce sont des animaux déjà d'un gabarit important 600 à 700kg pour les vaches, 800 à 1000kg pour les taureaux et donc nettement plus lourde que le bovin Highlands et a fortiori que la race Bretonne pie noire. Cette race est caractérisée par une robe froment sauf pour les taureaux toujours sablés de sombre sur l'avant main (photos ci-dessus).

Le système de gestion des sites humides représente une conduite agricole avec des animaux hivernants en stabulation, nourris cependant avec des Round-balls de foin (enrubannage) produits sur le marais. Ces bovins sont traités avec des antiparasitaires.

La rusticité de ces animaux s'exprime donc principalement par leur rusticité alimentaire dans la mesure où ils consomment une grande diversité de végétaux de marais y compris des espèces peu appétantes comme les spirées, les iris, les joncs....

La viande des vaches, biologique de haute qualité, est vendue. Cela semble être un moyen efficace de valoriser le territoire. Cependant, tout désir d'augmenter les rendements économiques (par exemple en augmentant la pression ou la durée du pâturage) doit être mis en balance avec les impacts écologiques et les objectifs de gestion. **Des expériences préalables à petite échelle pourraient éclairer des décisions à grande échelle.**

Le gestionnaire des bovins n'a pas souhaité compléter la « barre de coupe animale » par des chevaux, « à cause du bouclage des veaux que les chevaux perturbent ».

En complément de ce système de gestion existe aussi des enclos pâturés par des poneys de race Fjord ainsi que des parcelles plus petites pâturées par des chevaux de race inconnue appartenant à des privés. Nous n'avons eu que peu d'informations sur la conduite de ces chevaux que nous n'avons pas vu (Fjord) et pour lesquels nous ne savons pas si par exemple ils sont l'objet d'une vermifugation.

Cette dernière question a son importance quand il s'agit d'une gestion à finalité « biodiversité » puisqu'un seul cheval traité au Dichlorvos est responsable de la mortalité d'environ 20 000

insectes (d'après Lumaret, Acta Oecol., Oecol. Appl. 7 1986. 313-324) dont une majorité de Scarabéidés qui représentent un groupe fonctionnel important tant pour la dégradation des fèces que pour l'alimentation d'espèces d'oiseaux visés par la directive « Oiseaux » que de mammifères dont des espèces visées par la directive « Habitat » (Rhinolophes).

1.2 Marais de Long

Il s'agit d'un pâturage déjà ancien sur les biens communaux en déprise agricole de Long avec des chevaux de Camargue venus, pour les premiers dans les années 1990, du Marais Vernier.

Les 25 ha sont divisés en 7 parcs dont certains réservés de façon plus spécifique à l'hivernage des chevaux car, plus secs, ils ne risquent alors pas de s'enliser. Ce sont les employés communaux qui gèrent depuis 2014 la circulation des chevaux dans les différents parcs sur proposition du CEN (remise d'une « feuille de route » en début de saison). Il apparaît cependant qu'avec une quinzaine de chevaux :

- le pâturage « allié de l'entretien du site » peut s'avérer un peu trop intensif sur les parcs d'hivernage,
- mais il est jugé insuffisant sur les autres parcs.

Un pâturage intensif permet cependant aux espèces de structures basses qui comportent diverses espèces patrimoniales d'être présentes alors que le déficit de pâturage amplifie le boisement ; il y a nécessité de compléter le pâturage équin par du broyage de refus. Cependant la complémentation de la « barre de coupe » animale par des bovins est en cours de réflexion. Sur place une courte discussion autour de l'élan dont la consommation principale est tournée vers les ligneux (= « browser ») a été initiée.



Une des difficultés constatées sur le site est la diversité des espèces patrimoniales que l'on souhaite favoriser mais qui, vis-à-vis du pâturage, ont des exigences contrastées : une pression relativement forte défavorise la Gesse des marais ou la Véronique à écussons mais favorise le Souchet brun et la Laïche verdoyante.

Ce simple exemple, mais qui se complexifie dès lors que l'on introduit dans la réflexion les plantes hôtes de certains insectes (Pigamon pour la Phalène sagittée), mollusques, oiseaux, ..., montre la complexité des choix qui sont à faire en matière de gestion. Ces choix sont dictés parfois plus par manque de recul sur d'autres espèces patrimoniales, ou parce que certaines espèces sont inscrites sur telle ou telle liste, ou parce qu'elles sont mieux connues et « défendues » par un « lobby » naturaliste plus conséquent.

Un roulement est toutefois prévu sur plusieurs années afin que chaque parc soit pâturé à des périodes différentes de l'année, permettant à l'ensemble des espèces présentes de pouvoir se

développer à un moment ou un autre, ce qui semble être un élément intéressant de réponse qui reste à valider sur plusieurs années.

D'après le gestionnaire, mais nous validons totalement cette vision, « le pâturage équin est particulièrement efficace pour entretenir les milieux herbacés ras. Il est donc particulièrement favorable au développement des espèces telles que la Sagine noueuse ou le Mouron délicat ».

Le pâturage en « patches » est une autre caractéristique relativement admise du pâturage équin en extensif ce qui produit une mosaïque profitable à de nombreuses espèces animales et végétales, voire indispensable à des espèces animales nécessitant plusieurs faciès de végétation pour assurer leur cycle.

Une mortalité inexplicquée de chevaux pourrait être imputée à de l'érable dont certaines espèces exogènes produisent des graines toxiques pour les équidés. L'hypoglycine A, dont les graines ou les plantules possèdent une teneur élevée, est à l'origine de la myopathie atypique du cheval (paralysie des muscles locomoteurs, respiratoires, ...) qui est quasiment impossible à soigner dans la majorité des cas.

1.3 Marais d'Espagne-Epagnette

La commune d'Espagne-Epagnette se situe un peu au sud d'Abbeville et l'essentiel de ses zones humides se situent sur la rive gauche de la Somme. Il ne nous a pas été remis de documentation (Plan de gestion, compte-rendu annuel, monographie...) sur ce site.

Plusieurs « sous-sites » sont l'objet d'une gestion par des herbivores, 6 bovins Highlands sur 7 ha, 23/24 bovins blondes d'Aquitaine et Holstein sur 23 ha et 22 poneys Shetland sur un troisième secteur :

- il ne nous a pas été donné de voir les Highlands « devenus un peu sauvages » et de ce fait « difficiles à contenir » dans une parcelle relativement boisée.
- les vaches blondes d'Aquitaine appartiennent à un agriculteur « classique » et arrivent en Mai après que les fritillaires qui représentent un fort enjeu botanique soient défleuries et montées en graines. Avec 23/24 animaux de fort gabarit sur 23 ha le chargement est fort mais ne suffit pas à limiter le jonc (*Juncus inflexus*) qui constitue donc des refus. Par contre cette pression de pâturage forte permet l'expression de végétations basses à *Samolus Valerandii*, *Baldellia ranunculoïdes* et *Apium repens* caractéristiques de l'habitat de la Directive Habitat visé par le projet LIFE Anthropofens.



Pâturée de façon assez intensive et sur une courte saison par des bovins, la prairie prend un aspect uniforme de structure basse piquetée des refus que constituent les joncs.



*Ce pâturage ras permet cependant l'expression du rare *Apium repens*, de structure très basse et de ce fait très peu compétitif par rapport aux autres herbacées.*

Les poneys Shetlands sont présents à cœur d'année si bien qu'ils pâturent parfois dans l'eau au point de faire des bulles quand leurs naseaux se trouvent immergés ! Ils appartiennent à un éleveur, maraîcher « bio ». Là encore, le pâturage relativement intensif permet le maintien de l'Ache rampante, *Apium repens*, espèce visée par la Directive Habitat. Ce pâturage produit vraisemblablement une biomasse lombricienne importante car les sangliers impactent fortement la parcelle.



Sur ce cliché on remarque le pâturage très hétérogène caractéristique des Equidés ce qui génère une mosaïque de milieux herbacés tantôt très ras tantôt plus hauts.

Bibliographie/documentation fournies :

- Marais de La Chaussée-Tirancourt
MEIRE G. & CHEVALLIER G., 2016. Les marais et pelouses de la Moyenne Vallée de la Somme entre Ailly-sur-Somme et Yzeux – Plan de gestion 2016-2025. Conservatoire d'espaces naturels de Picardie. 166 pages + annexes.
- Marais de Long sur Somme :
MEIRE G., 2018 – le pâturage au fil de l'eau, exemple d'un partenariat gagnant-gagnant pour une valorisation écologique et économique de zones humides en vallée de la Somme ; Congrès national des Conservatoires d'Espaces Naturels, le Havre, Octobre 2018.
PETIT C. (coord.), ADAM D., 2017 – Evaluation intermédiaire du plan de gestion 2009-2018 du marais des communes (Long, Somme); Conservatoire d'espaces naturels de Picardie : 55 p.
HELIE C. & DE SAINT-RAT C., 2009 – Le marais des communes (commune de Long, Somme), Plan de gestion 2009-2018. Conservatoire des sites naturels de Picardie.

2. Vallée du ruisseau de Breuvanne (Wallonie)

Compte rendu de visite

Les quatre experts (Patrick Duncan, Patrick Grillas, Thierry Lecomte & Nigel Taylor) ont été menés sur le terrain le **8 Juillet 2020** par Antoine Gazaix et Matthieu James (Conservatoire d'espaces naturels des Hauts-de-France) pour visiter les réserves naturelles suivantes : un ensemble qui compose les marais de Meix-devant-Virton, le marais de Prouvy- Rawez et du marais de Fouches. Ils ont été reçus par Bernard Vandoren (Directeur DNF à la retraite), Alain Crépin (Brigadier DNF site déboisé), Patrick Verte (Département d'Etude du Milieu Naturel et Agricole, DEMNA) et Youri Martin (Chargé d'étude - Natagora) qui ont présenté les sites et le travail de conservation.

Le groupe a bénéficié aussi des contributions de Nathalie Raemaekers (Service Public Wallonie), Elisabet Codinallavina (Natagora) et la présence de Loic Coquel (CEN Lorraine) (qui était présent le matin, et nous a accueilli le lendemain à Pagny sur Meuse).

Introduction

Proches du Luxembourg et de la France, ce site Natura 2000 offre un ensemble de petites zones humides qui présentent des intérêts écologiques remarquables, voire exceptionnels, et sont l'objet de gestion et ou de suivis attentifs de la part des membres de l'association Natagora, de ses partenaires et de la Région Wallone.

Les sites visités le 8 juillet, les marais de Meix, de Prouvy, de Rawez et de Fouches sont de superficies modestes par rapport aux autres sites visités dans le cadre du projet Life Anthropofens ; par contre ils apparaissent comme étant particulièrement riches et en bon état de conservation, ceci en grande partie dû aux efforts constants de gestion écologique pratiquée sur ces sites par les différents partenaires impliqués.

Il ne nous a pas été remis de documents concernant la gestion pastorale et les résultats acquis, et la visite de 4 sites en une seule journée incluant les temps de déplacement n'a permis qu'une vision sans doute insuffisamment approfondie des gestions pastorales mises en place.

Options de gestion et de suivi

Comme pour beaucoup de bas marais européens, l'état actuel des sites est la résultante de différentes actions anthropiques qui se sont succédées au fil des siècles voire des millénaires, ce qui influe encore, malgré la gestion appliquée, sur les trajectoires écosystémiques de ces zones humides. Les usages « traditionnels » de fauche et de pâturage qui ont souvent connu un arrêt il y a quelques décennies avant d'être remis en œuvre avec une finalité principale de préservation et ou de restauration de la biodiversité et des fonctions associées à ces espaces se retrouvent ainsi dans tous ces sites. Les successions végétales qui ont suivi l'abandon des pratiques traditionnelles a toujours conduit vers un boisement d'essences hygrophiles.

« L'objectif premier de la gestion d'une aire protégée par pâturage est donc bien de permettre à ces espèces menacées de se redéployer. L'élevage des animaux (moutons, chèvres, bovins, chevaux, ânes) passe en second lieu, bien qu'il soit nécessaire de l'organiser de façon efficace et rationnelle afin de rendre la gestion par pâturage durable. » (politique de Natagora)



Le début des visites en Belgique avec les représentants des différentes structures participant à la gestion des bas marais de Wallonie

2.1. Le marais de Meix

Ce marais dépend du triage du cantonnement de Virton et est présenté par l'ancien Chef de ce cantonnement c.a.d Bernard Vandoren. C'est un site de Grand Intérêt Biologique (SGIB) lié à la vallée de la Chevratte (communes de Meix devant Virton et Tintigny) qui repose sur une tourbe d'une puissance d'environ 3 mètres. Ce site, avant la déprise agricole était fauché chaque année pour la production principale de litières pour les étables car il n'y avait pas de paille de disponible dans cette petite région.

Au moment de sa mise en gestion écologique, le site s'était boisé avec des aulnes blancs et des épicéas qui ont conduit à un atterrissement de ce marais avec, sous les aulnes, une phragmitaie relativement sèche. Des travaux importants ont précédé la mise en pâturage : déboisement et création de trois lagunes alimentées par des sources pour ré-humidifier le site. Mais le site subit aussi des influences extérieures comme la voie de chemin de fer qui en perturbe l'hydrologie.

Le pâturage est pratiqué sur 4,5 hectares depuis une quinzaine d'années avec des bovins de race Galloway qui pâturent le site du 1^{er} Avril au 30 octobre. Soit un pâturage d'environ 0,7 UGB /ha, un peu en « sous-charge » de l'avis des gestionnaires.

Le cheptel n'appartient pas aux gestionnaires mais à un éleveur. La gestion avec des éleveurs pose souvent des soucis car ils ne débroussaillent pas, ne veulent pas laisser maigrir les animaux en les contraignant à consommer des refus.... Pour ces raisons, l'association Natagora préfère la fauche qui génère moins de contraintes.

Un des problèmes de gestion soulevé est celui de sites « mixtes » offrant des secteurs très humides et des secteurs plus secs : il est observé un surpâturage sur les parties les plus sèches et au contraire les parties les plus humides, moins pâturées, vont s'embroussailler plus facilement. On pourrait envisager de tester différentes espèces et races, qui paissent et broutent mieux dans les parties plus humides. Ceux-ci pourraient remplacer, ou alterner, les races actuelles.



L'action du pâturage dans ce marais (photo ci-dessus) est bien déterminante pour s'opposer à la dynamique de végétation qui conduit dans un premier temps au développement d'espèces de structures hautes, monopolistes et rhizomateuses comme le Phragmite commun, qui à son tour, comme le montre l'exclos de la photo ci-dessus, finit par céder la place aux ligneux comme les saules.

La création de plans d'eau en milieu de bas marais est très intéressante à divers titres :

- production d'habitat de grande valeur (Natura 2000), à Characées et/ou avec des espèces phares comme le Potamot coloré, les utriculaires... sans oublier les nombreux invertébrés dont des espèces « Natura 2000 » comme la sangsue médicinale, des Odonates, ...
- point d'abreuvement pour les herbivores.



Inversement ces mares peuvent aussi être un piège pour des herbivores qui risquent de s'y enliser. Il se pose aussi la question de l'entretien des berges qui peut, par le pâturage, déterminer des ceintures de végétation du plus grand intérêt ou, au contraire, par l'absence de pâturage se trouver en situation d'enfrichement avec tôt ou tard l'émergence d'une végétation ligneuse qui fera perdre une partie de l'intérêt de ces petits plans d'eau.

2.2. Marais de Prouvy et de Rawez

La vallée de la Breuvanne, affluent de la Semois, a déterminé des marais d'une valeur écologique exceptionnelle qui constituent également un site de Grand Intérêt Biologique (SGIB) avec notamment des bas marais alcalins qui sont toujours exceptionnels en Wallonie.

Le marais de Prouvy comporte de grandes prairies de fauche qui jouxtent des grandes prairies humides soumises à un pâturage tardif avec des bovins Galloways avec une pression de pâturage relativement forte : 2 adultes /ha (soit environ 1,6 UGB/ha pour un poids moyen des femelles de 450kg). Cette pression relativement élevée est autorisée du fait du peu de temps que passent les bovins sur ce site dans un cycle annuel. Un travail préalable de broyage de saule avec des engins montés sur chenilles a cependant été rendu nécessaire avant de livrer l'espace au pâturage.

L'origine du marais de Rawez est singulière puisqu'il a été établi sur un ancien étang de forge qui a atterri dans la seconde moitié du XIX^{ème} siècle. La végétation terrestre qui en a résulté a été l'objet d'une utilisation par la fauche dont la dernière campagne remonte à 1954. L'abandon qui s'en est suivi a généré le développement important de saules « en boules » (cf. saules cendrés) et, là encore une phase de restauration des milieux ouverts avec des fauches successives s'est avérée indispensable. Les milieux restaurés ont alors été confiés à un éleveur.

Les gestionnaires ont fait part d'un manque de temps ou de financement pour le suivi. Peut-être les étudiants des universités locales seraient intéressés à effectuer un suivi ? Cela n'a pas à être complexe. Par exemple, les données sur l'abondance des espèces ligneuses ou sur quelques espèces caractéristiques des bas marais donneraient une certaine indication des effets des interventions de gestion. Pour générer des résultats robustes, considérez de bons principes de conception expérimentale (en particulier le suivi avant et après, l'utilisation de parcelles témoins, la réplication si possible).

2.3. Marais de Fouches



Situé en Lorraine belge, le marais de Fouches fait partie du complexe des marais de la Haute Semois (affluent de la Meuse), mais dont le cours a été modifié en certains endroits. Ces marais ont été longtemps l'objet d'une gestion traditionnelle avec principalement de la fauche pour le foin ou la litière.

Avec l'abandon de ces pratiques, les ligneux (aulnes, bouleaux, saules) ont vite pris le dessus des milieux herbacés au point que le marais était entièrement boisé. Une restauration est cependant en cours depuis environ 25 ans ce qui a permis de retrouver nombre d'espèces caractéristiques des milieux ouverts de ces marais. Des essais d'étrépage avec la réimplantation d'espèces patrimoniales (Linaigrettes, Troscart des marais) sont également en cours.



Avec une vallée assez large, la zone humide du marais de Fouches présente une mosaïque qui permet l'expression d'habitats très diversifiés

La gestion uniquement par la fauche limite plus difficilement le roseau (*Phragmite commun*) que le pâturage car contrairement à la muraille des sabots des ongulés qui cisailent les rhizomes et affaiblit le roseau, la fauche respecte davantage ces rhizomes et permet le maintien de cette espèce (photo ci-dessous) qui regagnera ainsi très vite du terrain dès lors que la gestion s'arrête. Cependant, la restauration du site a été très efficace et la gestion mise en œuvre appropriée. La gestion des sites en Belgique et l'option fauchage plutôt que pâturage privilégiée par Natagora pose clairement la question de l'alternative entre ces deux modes de gestion, chacun avec ses avantages et ses inconvénients. L'analyse de la littérature et les avis d'experts soulignent une rareté d'étude comparative entre ces modes de gestion (voir Stammel B. & al. 2003. *Applied Vegetation Science*, 6, 245–254). Une telle étude pourrait avantageusement bénéficier d'une planification expérimentale et de protocoles de suivis standardisés dans le cadre du projet LIFE. L'étrépage pourrait également être intégré dans une telle étude.

Plus généralement tous les sites visités en Belgique sont en bon état de conservation mais sur chacun d'entre-eux il est évident que la dynamique de la végétation est forte et que des moyens de gestion significatifs doivent être mis en œuvre pour le suivi des dynamiques et effets de la gestion et d'éventuelles mesures correctives lorsque des tendances négatives apparaissent.



Une des espèces emblématiques de ce marais est l'*Aconit napel* (photo ci-dessous). Cette Renonculacée est fortement toxique sur pied mais le plus souvent évitée par les herbivores ; elle perd heureusement de sa toxicité quand elle est fanée.



Enfin, une nouvelle espèce mammalienne phytophage fait son retour sur ce site. Ce n'est pas à proprement parler un herbivore mais un lignivore : le Castor. Il pourrait jouer à terme et tant qu'espèce « ingénieuse » un rôle important dans la gestion des ripisylves et aussi dans l'hydrologie générale du site.... (photo ci-dessous).



3. Le marais de Pagny-sur-Meuse

Compte rendu de visite

Les quatre experts (Patrick Duncan, Patrick Grillas, Thierry Lecomte & Nigel Taylor) ont été menés sur le terrain le **9 Juillet 2020** par Antoine Gazaix et Matthieu James (Conservatoire d'espaces naturels des Hauts-de-France) pour visiter le site Natura 2000 le marais de Pagny-sur-Meuse. Ils ont été reçus par PASCALE RICHARD, (mission scientifique), JESSICA BECKER, (mission zootechnique) & LOÏC COQUEL (mission scientifique), Conservatoire d'espaces naturels de Lorraine.

Introduction

Il s'agit d'un marais alcalin d'une quarantaine d'hectares. Ce site est assez bien documenté du fait de l'ancienneté de prise en main par le CEN Lorraine, seul et constant gestionnaire depuis 1984 et présence de la même personne en tant que conservatrice du site (Pascale Richard). La tourbe alcaline (sur substrat de « grouines » = sables calcaires grossiers) a une puissance pouvant atteindre 2mètres.



Présentation du site du marais de Pagny-sur-Meuse par Pascale Richard qui suit ce site depuis le début de sa gestion par le CEN Lorraine

Comme pour beaucoup de marais, il y a un passé anthropique considérable de par des usages successifs lié au maraîchage, à la populiculture, à l'élevage (lors de la sécheresse de 1976 le recours au marais va aider à la survie de l'élevage de la région).

Avec l'abandon, une litière abondante se met en place mais des escarbilles provenant de locomotives longeant le marais entraînent des incendies périodiques limitant pendant des décennies la dynamique de la végétation vers le boisement.

Options de gestion et de suivi.

Le pâturage débute en 1988 avec l'arrivée de chevaux rustiques polonais (Könik polski) face à la dominance de la Molinie et à une accumulation de litière végétale. Une certaine réticence des botanistes et phytosociologues est observée au début de la mise en œuvre de cette gestion encore expérimentale à cette époque.

Les chevaux restent sur site toute l'année car il n'y a pas d'inondation hivernale conséquente. Ils ne sont pas affouragés en hiver, consomment le Choin noirâtre assez aisément.

Un abri a cependant été réalisé pour les chevaux et un parage des sabots doit intervenir de temps à autre. Un système de contention a dû être mis en place pour sécuriser les différentes manipulations des chevaux.



Ce bâtiment est-il vraiment nécessaire ? il attire les chevaux fortement en été et concentre donc la pression de pâturage estivale dans ce secteur de la réserve.

Les chevaux ont tendance à exploiter préférentiellement certains secteurs et délaissent des secteurs moins attractifs ce qui conduit à réaliser des compartiments clôturés qui contraignent alors les chevaux à pâturer là où ils ne souhaitent guère aller par eux-mêmes. Ce n'est pas le cas lorsqu'il y a plusieurs étalons, les jeunes mâles non dominants exploitant alors les secteurs non utilisés par le groupe de juments sur lesquelles veille l'étalon dominant.

Lors de la visite les animaux présentés sont en très bon état à l'exception de très vieilles juments (photo ci-dessous) qui commencent à perdre de l'état du fait de l'âge et des difficultés qui vont avec (locomotion, usure des dents, ...).

Le gestionnaire se déclare satisfait avec de bons résultats obtenus par le pâturage équin et n'envisage pas de compléter la pression d'herbivorie avec des bovins, la zootechnicienne reconnaît par ailleurs son manque de savoir-faire, voire de savoir être, avec l'espèce bovine.

L'objectif affirmé de la gestion est la gestion globale d'un écosystème et non pas d'espèces emblématiques (même si cette gestion contribue à les préserver) avec un objectif de maintien de systèmes herbacés à hauteur de 80% de la superficie et de 20% de boisement.



Trois modes principaux de gestion sont adoptés :

1. Pâturage équin avec un chargement assez faible (110 à 130 kg/ha toute l'année) sur la superficie principale (une petite trentaine d'hectares) ; cette gestion permet l'expression d'une prairie où diverses espèces d'orchidées prospèrent dont *Liparis loeselii*. Les zones un peu moins pâturées sont piquetées de saules mais qui demeurent cependant limités dans leur expansion par l'abroustissement équin (photos ci-dessous).



2. Fauche hivernale (permise par la portance du sol suffisante en cette saison) sur une superficie de 2,5 ha sur des faciès à *Schoenus nigricans* et *Cladium mariscus*.
3. Evolution spontanée d'une cladiaie (photos ci-dessous) enclose pour rester soustraite au pâturage avec cependant contrôle des ligneux.

Si ce secteur était soumis en pâturage, ces deux espèces s'effaceraient rapidement au profit d'autres espèces plus diversifiées. Il constitue en l'état une sorte de témoin de ce qu'il pourrait advenir du reste de la parcelle en absence de gestion (= « libre évolution » avec cependant le contrôle des arbres).





Le Phragmites, autre espèce plante de structure haute se partage l'espace avec les Marisques.

La gestion du site par le pâturage est très bien maîtrisée grâce à l'expertise et l'expérience des gestionnaires mais aussi grâce à un suivi combinant les aspects biodiversités et fonctionnels (hydrologie, structure, % de végétation consommée, ...). Ces suivis pourraient servir de référence pour le projet LIFE, sous réserve de l'adaptation aux conditions particulières de chaque site.

Bibliographie/documentation fournies :

- RICHARD PASCALE et al, 2014 – Suivi écologique 2014 Tourbières alcalines, Evaluation scientifique des marais de Pagny sur Meuse, site Natura2000 FR4100216, Conservatoire des Espaces Naturels de Lorraine 32p.
- RICHARD PASCALE et al, 2016 – Suivi écologique 2016 Tourbières alcalines, Evaluation scientifique des marais de Pagny sur Meuse et d'Ipppling-Sarreguemines, site Natura2000 FR4100216, Conservatoire des Espaces Naturels de Lorraine, 17p.
- COQUEL LOÏC, RICHARD PASCALE, 2018, Plan de gestion 2018-2028 (3^{ème} renouvellement) Lay saint Rémy (54) Foug (54) Pagny sur Meuse (55) Conservatoire des Espaces Naturels de Lorraine, 169p

4. Les Marais de Sacy-le-Grand

Compte rendu de visite

La visite a été préparée par l'envoi au préalable de documents essentiels listés à la fin de cette fiche.

Les quatre experts (Patrick Duncan, Patrick Grillas, Thierry Lecomte & Nigel Taylor) ont été menés sur le terrain le Mardi **10 Juillet 2020** par Antoine Gazaix (Conservatoire d'espaces naturels des Hauts-de-France). Ils ont été reçus d'abord aux Marais de Sacy le Grand par Christophe Galet (Syndicat Mixte Oise Aronde), Didier Bacot (comité des Marais de Sacy), Tony Rulence (Département de l'Oise), Herbert Decodts, Albane Pencoats-Jones, Guillaume Gaudin et Solène Bechennec (CEN Hauts-de-France). Il s'agit d'une zone humide très vaste (1000 hectares), que se partagent 9 communes du département de l'Oise et principalement occupée par un bas marais alcalin.

Introduction

Ces marais bénéficient de divers statuts de reconnaissance et de protection (Natura 2000, Zone Spéciale de Conservation (ZSC) n°2200378 « Marais de Sacy-le-Grand », Espace Naturel Sensible du Département de l'Oise.

Ce marais est très complexe à gérer du fait de sa superficie mais aussi du fait d'un nombre important de propriétaires et de gestionnaires. Ceci conduit à avoir une double démarche :

- globale à l'échelle du site, en particulier du point de vue de l'hydrologie,
- sectorielle au niveau de chaque « sous-site » mais en cohérence, autant que faire se peut, avec la démarche globale.



Comme la plupart des zones humides métropolitaines ce marais a subi de nombreux aménagements au moins depuis le XVIIème siècle, sous Louis XIII (venue du Hollandais Humphrey Bradley qui a également mis en œuvre les premiers aménagements hydrauliques d'envergure au Marais Vernier), tendant à maîtriser l'hydraulique pour en exploiter plus aisément la production primaire. Des canaux ont été aménagés, des cressonnières également et des extractions de tourbe ont été réalisées.

Alimenté, outre les précipitations directes, par la nappe, le marais peut actuellement souffrir de la mise en place de cônes de rabattement de la nappe de par l'augmentation de l'irrigation agricole aux alentours, phénomène aggravé par les sécheresses estivales. Le caractère récent des études hydrogéologiques détermine un manque de recul préjudiciable à une vision sur un pas de temps

plus long nécessaire à une compréhension plus fine du facteur hydrique du marais.

La tendance principale est au boisement du fait de l'abandon de la plupart des pratiques agricoles anciennes. Des projets de gestion globaux visent à enrayer par diverses voies – pâturage, fauche, broyage - voire une combinaison de ces différentes techniques – cette évolution vers le boisement qui contribue à la régression des milieux ouverts et des pans de biodiversité – dont de nombreuses espèces patrimoniales – qui en dépendent.

Le temps consacré à cette visite - une journée - ne permettra que de focaliser sur les principales expérimentations de gestion et en particulier l'expérience, originale et récente de gestion par des buffles asiatiques ainsi que la gestion plus ancienne à l'aide de bovins et chevaux rustiques.

Options de gestion et de suivi.

4.1. L'expérimentation avec le Buffle asiatique, *Bubalus bubalis*

En ce qui concerne les buffles il faut reconnaître tout d'abord qu'il s'agit d'une **introduction** d'espèce et non d'une **réintroduction** comme c'est le cas pour les expérimentations utilisant des bovins ou des chevaux, ces deux dernières espèces étant des espèces ayant réellement vécu en Europe avant d'être exterminées à l'état sauvage, non sans avoir été conservées sous diverses formes domestiques. Pour tempérer ce constat qui pourrait apparaître négatif, il y aurait lieu de faire des recherches sur le buffle d'eau européen *Bubalus murrensis*. A priori, bien présent dans diverses vallées au Pléistocène cette espèce européenne de buffle n'aurait pas dépassé l'interglaciaire Riss-Wurm *Bubalus murrensis* semble avoir vécu de façon préférentielle dans les sites marécageux des grandes vallées fluviales. Vu sous cet angle, cette **introduction d'espèce** retrouverait pleinement du sens en se positionnant en fait et en premier chef comme une **réintroduction de fonctionnalités** attachées au genre *Bubalus*. Nous ferons dans la partie de synthèse une mention sur divers projets où sont introduites des espèces en vue de réintroduire des fonctionnalités qui ne peuvent plus être assurées par des espèces natives disparues, le plus souvent, de la main de l'homme.

A Sacy-le-Grand, les buffles sont peu nombreux (moins de 10) et ne fréquentent le marais que du début Juin à mi-Décembre dans le cadre d'un pâturage extensif (20 ha) avec un poids moyen pour les adultes gravitant autour de 500kg. Le reste du temps, ils évoluent sur des prairies banales et sont complémentés avec du foin.



Sur le plan alimentaire, les buffles présentent quelques spécificités dans un contexte global de rusticité alimentaire leur permettant d'ingérer la plupart des espèces végétales en présence. Ils ne semblent cependant pas consommer la Bourdaine et à l'instar des chevaux, mais au contraire des bovins, ils ne consomment pas le Lycope d'Europe. Trait de vie important en bas marais susceptible d'être rapidement et fortement colonisé par l'Aulne glutineux – espèce très peu

appétente pour les chevaux et les bovins du fait de sa richesse en tanins - les buffles semblent consommer cette essence assez facilement.

Une des spécificités des buffles repose sur leur éthologie car ils affectionnent particulièrement de se baigner dans l'eau plus ou moins boueuse. Ils déterminent ainsi avec leurs larges pattes des vasques de plusieurs mètres carrés (cf photos ci-dessous) où se développent alors des espèces aquatiques patrimoniales comme les utriculaires.



Vasque réalisée par le troupeau (Photo C. Gallet)

Autre trait de caractère du Buffle asiatique domestique : ils semblent être assez facilement docilisés (photo ci-dessous) ce qui peut aussi être un atout pour leurs gestionnaires directs !



Enfin, la rusticité des buffles fait qu'ils ne sont pas vermifugés, les seuls problèmes parasitaires rapportés par les gestionnaires sont des ecto-parasites (poux piqueurs) s'en prenant principalement à un individu semblant moins enclin à se baigner.



*Les cortèges d'espèces associées au buffle semblent être les mêmes que ceux inféodés aux bovins comme ces diptères (cf. *Musca vitripennis*) qui affectionnent le chanfrein, le mufler et les pourtours oculaires des animaux.*

4.2. La gestion mixte bovins et chevaux Camarguais

La gestion à finalité environnementale sur ce site a été initiée il y a plusieurs décennies par des « fondus » de culture Camargue - les « Picardians » – et son leader Michel Vidalain qui ont introduits des bovins de race Camargue et des chevaux de race Camargue, destinés entre autres à gérer les bovins. Des croisements ont été faits avec des bovins Highlands ce qui donne une allure moins homogène au troupeau de bovins. Des essais ont été faits aussi avec des bovins de race bretonne pie noire, race moins bien adaptée cependant aux sites très marécageux.

Il s'agit d'un ensemble foncier vaste (242ha), géré par le Département de l'Oise en partenariat avec le CEN. Le cheptel de Michel Vidalain a été repris dans les années 2005/2006. Le nombre d'animaux a considérablement fluctué pour atteindre 146 bovins et 40 chevaux.



Un aperçu du troupeau de bovin principalement de race Camargue avec au centre un animal roux issu du métissage avec la race Highland.

La contention des bovins pour la prophylaxie n'est guère aisée, pour ne pas dire particulièrement délicate, au vu de l'agilité de la race bovine Camargue. Ramené à 32 unités on constate encore un surpiétinement des points hauts qui incite à diminuer encore la pression de pâturage des bovins, ce qui se fait naturellement du fait de l'âge avancé de certains sujets ayant dépassé la vingtaine d'années. De façon comparable, les effectifs des chevaux sont abaissés à 17 comprenant quelques animaux dressés, ce qui se révèle utile quand il y a lieu de déplacer le troupeau bovin. Les deux espèces sont tantôt séparées tantôt regroupées, principalement en hiver.

Les animaux ne sont pas vermifugés, les résultats de prophylaxie indiquent des sujets positifs à l'IBR mais il s'agirait plutôt de faux positifs.

La cladiaie qui était assez fortement pâturée quand les animaux étaient très nombreux ne l'est plus car il y a un objectif de baguage d'oiseaux chaque été au mois d'Août.

Enfin, constat est fait que cette portion de marais est suffisamment vaste pour se permettre de réaliser diverses expérimentations en ce qui concerne la race, la densité et le calendrier de pâturage.

La gestion de ce site est particulièrement complexe du fait de sa superficie et de la diversité des propriétés et usagers. Le pâturage est un bon moyen d'atteindre l'objectif de réduire le couvert des ligneux mais, augmenter le niveau de la nappe paraît une option importante à mettre en œuvre compte tenu des effets drainants de divers aménagements sur ce territoire. Plusieurs espèces et races d'herbivores domestiques sont utilisées avec des résultats divers. Le buffle paraît une espèce intéressante tant par la facilité de sa gestion que de ses effets sur les ligneux et les habitats mais nous n'avons pas eu accès à des analyses détaillées des suivis floristiques et phytosociologiques évoqués dans les documents fournis.

La diversité des situations et des usages pourrait permettre la mise en place d'une étude à l'échelle du site, si possible en synergie avec d'autres sites du projet LIFE, permettant une analyse précise des effets des différents modes de gestion. Envisagez l'utilisation de la surveillance avant et après dans les parcelles de traitement et de témoin pour générer des résultats robustes. Si possible, créez plusieurs paires (ou ensembles) de parcelles avec des conditions environnementales similaires ; chaque paire (ensemble) contenant des traitement(s) et des contrôle(s). Ces résultats seraient une base très utile pour la mise en place d'une approche par la gestion adaptative au moins sur les espaces appartenant ou gérés par des structures publiques.

Bibliographie/documentation fournies :

- Conservatoire d'Espaces Naturels de Picardie, LaSalle, Conseil départemental de l'Oise, sd - Analyse et gestion du troupeau et de la biodiversité sur le marais de Sacy le Grand (Poster).
- Dhanger S. 2016, Bilan et perspectives de l'éco-pâturage dans les Marais de Sacy ; Mémoire de Licence Professionnelle Gestion et Animation des Espaces Montagnards et Pastoraux, 26p. et annexes.
- Fédération des Conservatoires d'espaces naturels, 2016 Gestion des Marais de Sacy par le Buffle domestique Année 2016, 34p.
- Pencoat Jones A., 2019 - Suivi du pâturage par les buffles sur le marais de Monceaux (60), (fiche Natura 2000),3p.
- Syndicat mixte des marais de Sacy, Conservatoire d'Espaces Naturels de Picardie 2015- Expérimentation de gestion des Marais de Sacy par le Buffle domestique Année 2015,32p.
- Syndicat mixte des marais de Sacy, Conservatoire d'Espaces Naturels de Picardie, 2018 - Gestion des Marais de Sacy par le Buffle domestique, Année 2017, 30p.
- Syndicat mixte des marais de Sacy, Conservatoire d'Espaces Naturels de Picardie, 2019 - Gestion des Marais de Sacy par le Buffle domestique, Année 2018, 26p.
- Syndicat mixte des marais de Sacy, sd, - Expérimentation de gestion des Marais de Sacy par le Buffle domestique (Année 2014),23p.
-

5. Synthèse des expertises de terrain consacrées au pâturage

Les quatre journées passées sur le terrain à la rencontre des sites et de leurs gestionnaires ont fait émerger un certain nombre de constats quant à la gestion pastorale, ses objectifs, ses applications, ses résultats. Nous ne reviendrons pas sur ce qui a été écrit dans l'introduction aux visites (peu de temps passé sur chaque site, hétérogénéité des documents fournis quand ils sont fournis, diversité des interlocuteurs, ... mais aussi convergences de nombreux constats qui seront repris dans cette synthèse) mais tous ces constats restent présents en filigrane dans ce qui suit. **Une majorité de constats relevés l'ont été en fait sur la plupart des sites ; c'est pourquoi nous les avons globalisés en une synthèse qui évite des répétitions inutiles.**

Enfin toutes les expériences présentées ont leurs limites imposées par l'histoire des sites, la disponibilité du foncier, les connaissances scientifiques encore insuffisantes en « écologie de la conservation », les contraintes budgétaires, les contraintes réglementaires, les contraintes administratives, les contraintes sociétales, etc. et de fait sont **critiquables**.....mais elles ont avant tout le mérite d'exister, portées par des personnes ayant pour valeur la préservation du patrimoine naturel commun ce qui fait que ces gestions sont aussi et peut-être avant tout, **respectables**.

Il convient de prime abord de se poser la question de la démarche de gestion d'espaces ayant pour vocation la préservation de la biodiversité et son adéquation avec le cadre « administrativo-scientifique » déterminé par les deux Directives européennes qui constituent le dispositif Natura 2000. Sans aucunement vouloir remettre en cause le bienfondé de Natura 2000, il convient cependant d'en être conscient de ses limites en matière d'interprétation et d'application :

- une application « selon la lettre » peut conduire à une dérive parfois observée dans la gestion de certains espaces protégés où on se focalise sur une espèce au point d'en arriver à une sorte de nature « jardinée ». On peut ainsi grâce aux progrès de l'autécologie pour certaines espèces définir précisément leurs conditions de vie optimale afin de les reproduire *in Natura*. Cela aura cependant pour conséquence d'augmenter le degré d'artificialisation de l'espace au détriment de nombreux organismes dont on ignore parfois jusqu'à l'existence mais qui procèdent de la complétude écosystémique comme de la fonctionnalité de l'écosystème.
- une application « selon l'esprit » en ne considérant que les espèces visées par la Directive des Habitats en particulier constituent des espèces « parapluies » (au sens de Simberloff, référence : cf infra), et qu'il convient de regarder l'ensemble de la communauté qui par exemple se structure autour d'espèces étendard (toujours au sens de Simberloff comme le *Liparis* de Lösel ou l'Ache rampante pour prendre des exemples de zones humides).

C'est cette vision que nous avons constatée comme majoritaire chez les gestionnaires rencontrés, « credo » bien affirmé par la conservatrice du marais de Pagny-sur-Meuse qui d'emblée précise que pour le CEN Lorraine il s'agit bien de la gestion d'un écosystème et pas d'espèces particulières.

Si on considère l'importance d'espèces « parapluies » on devrait prendre encore plus en considération les espèces ingénieures et davantage encore les espèces clef de voûte que constituent les grands herbivores mais qui hélas ne figurent pas dans le cadre de Natura 2000.

Un héritage, ancien et contemporain, qui pèse toujours sur les sites

Une des constantes rencontrées sur pratiquement tous les sites concerne les usages et aménagements anciens qui ont, au sens propre, dénaturé la quasi-totalité des sites visités. Ce sont parfois des aménagements anciens, comme suite à l'Edit d'Henri IV de 1499 où, comme sur les marais de Sacy-le-Grand, l'intervention sous Louis XIII du hollandais Humphrey Bradley nommé « Grand Maître des Dignes », vont donner le coup d'envoi de grands travaux de drainage. Le cours des rivières dans le lit majeur desquelles les bas marais se sont installés peuvent avoir été détournés et recalibrés comme pour le marais de Fouches.

Inversement ce sont des parfois des milieux aquatiques qui vont être créés par l'extraction de tourbe (Vallée de la Somme, Marais de Sacy-le-Grand, ...) ; ces fosses de tourbage modifiant alors l'hydraulique. Des périodes particulières ont vu aussi la transformation de nombre de marges de ces marais en terres de maraîchage ou plus récemment en mono culture d'essences exogènes de peupliers dont l'impact sur les marais est très fort : évapotranspiration, libération de phénols, assombrissement des strates herbacées....

Des actions extérieures de voisinage ou de bassin versant vont s'ajouter aux actions directes sur le milieu. Ainsi à Pagny-sur-Meuse, à l'époque où les locomotives ne sont pas électrifiées, les escarbilles qui s'échappent mettront le feu de façon répétée au marais.

De façon plus contemporaine, mais pesant fortement sur la naturalité des zones humides, les intrants agricoles ou industriels déversés dans le bassin versant des bas marais peuvent en modifier les matrices physicochimiques des eaux, induisant un risque d'eutrophisation comme d'accumulation de substances toxiques.

Enfin, les soucis plus récents, encore liés à l'occupation des sols, aux changements climatiques qui modifient les communautés biologiques par les modifications thermiques et par l'augmentation constatée un peu partout des écarts à la moyenne en ce qui concerne le grand cycle de l'eau, contribuent avec l'arrivée de nombre d'espèces faunistiques et floristiques invasives à brouiller en quelque sorte les identités de chacune des zones humides visitées.

Ces aspects sont très importants pour la gestion, quelle qu'elle soit et en particulier sous l'angle du pâturage : les gestionnaires sont aujourd'hui confrontés à gérer les conséquences d'un héritage qui a particulièrement perturbé ces marais, et ce, dans un contexte d'instabilité généré par l'environnement actuel. On conçoit alors que la restauration et la gestion à des fins écologiques constituent dans ce contexte un art particulièrement difficile d'autant plus que, au vu de l'érosion rapide de la biodiversité, le droit à l'erreur n'existe pratiquement pas. On peut donc, dans un premier temps, rendre hommage à tous ces gestionnaires qui essaient au vu de ces contraintes de base mais qui ne sont pas les seules, de préserver ainsi le bien commun.

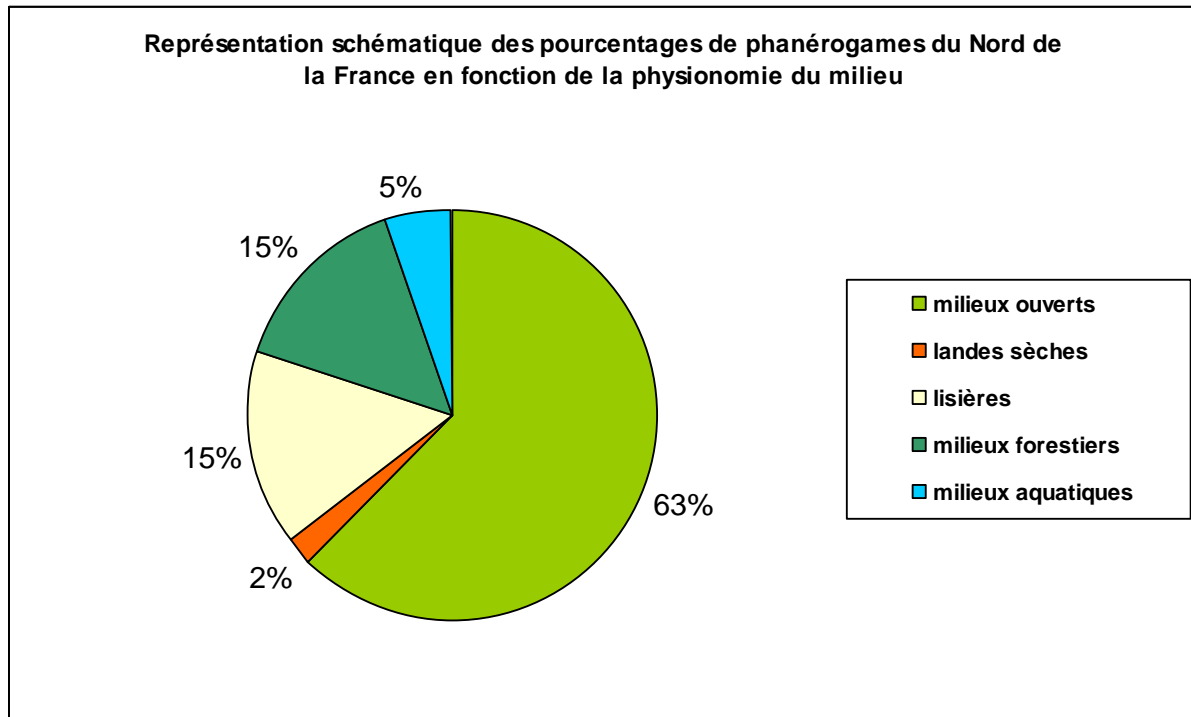
Un constat largement partagé : les bas marais nécessitent une gestion conservatoire active

Pratiquement tous les sites visités ont été, à un moment ou un autre, dans une logique d'abandon agricole, lié principalement à un contexte économique défavorable. Alors que l'activité agricole, en général extensive de type traditionnel, bloque les successions de la végétation, la déprise, a contrario, libère ces successions dans le cadre d'une évolution parfois qualifiée de naturelle mais qu'il convient plutôt de requalifier de spontanée dans la mesure où ces évolutions portent l'action de l'homme, en particulier la quasi disparition des herbivores et ce depuis le Pléistocène.

Un décompte des préférendums des espèces de Phanérogames à partir d'une flore régionale englobant les sites du projet Life Anthropofens (Nouvelle Flore de la Belgique du Luxembourg, du Nord de la France et des régions voisines – 2004) donne les résultats suivants qui montrent l'importance numérique des espèces des milieux ouverts par rapport à la diversité

phanérogamique des milieux fermés. Il est donc évident que la déprise agricole qui fait évoluer les bas marais vers des saulaies, des boulaies, des aulnaies, souvent denses après un stade dominé par des monocotylédones souvent de grandes tailles et très colonisatrices (Phragmite commun, Molinie bleue, Calamagrostis commune, Marisque) et produisant une épaisse litière qui a du mal à se recycler faute d'un contact assez étroit avec le sol constitue une perte importante de biodiversité même si chaque stade peut présenter un intérêt écologique en particulier dans le cadre d'une mosaïque permettant l'expression de ces différents faciès.

Si on considère le chiffre moyen de 20 invertébrés sténophages attachés à chaque espèce de phanérogame on mesure encore davantage l'érosion de la biodiversité induite par un passage d'un stade prairial de bas marais vers un stade boisé.



C'est sur la base d'un tel constat que tous les gestionnaires interviennent afin de contrer la dynamique de la végétation. Si les moyens mécaniques – voire le feu (mais alors dans ses limites portées par l'induction de pyrophytes si répété trop souvent) - sont le plus souvent privilégiés dans une première phase de restauration « dure » (déboisement, dessouchage), la gestion qui suit oscille entre une méthode mécanique – fauche, broyage – et une méthode plus naturelle cherchant à retrouver les termes de la coévolution pluri millénaires « herbes-herbivores ».

Cette coévolution était déjà en œuvre à l'ère secondaire : les dinosaures terrestres peuplent les écosystèmes éponymes et si les grands prédateurs ont souvent été mis en exergue il fallait bien que des consommateurs primaires encore plus nombreux leur servent de proies : l'herbivorie plonge donc ses racines il y a des millions d'années. Le tertiaire offre aussi son lot d'herbivores cette fois ci représentés par des mammifères que nous retrouverons à l'aube du quaternaire. Cependant, et des publications internationales le démontrent à présent, l'arrivée de l'Homme dès le Pléistocène va sonner le glas des espèces les plus volumineuses chaque fois qu'un nouveau continent sera investi par l'espèce humaine. L'Holocène sera le témoin de la poursuite de l'érosion de ces grandes espèces ce qui fait que la plupart des biomes actuels et singulièrement en Europe occidentale avec l'éradication des mégaherbivores (une tonne et plus) et la disparition de beaucoup d'espèces de grands herbivores (100kg à 1 tonne), présentent des assemblages d'espèces mammaliennes particulièrement appauvris.

Cette vision remet en cause la notion de climax (présentée comme l'évolution naturelle des milieux) laquelle, pendant longtemps, a été définie dans le cadre d'une trilogie « Sol-Climat-Végétation » faisant alors abstraction de la faune qui représente quand même une part importante des espèces décrites.

Rappel sur la notion de climax

C'est un concept réducteur car repose sur une trilogie climat, sol, végétation mais ne prend pas en compte la faune et en particulier l'herbivorie

Cela induit une confusion entre évolution naturelle (écosystèmes complets) et évolution spontanée (écosystèmes amputés de certaines de ses fonctionnalités dont l'herbivorie)

La pression de pâturage est en fait un facteur antagoniste naturel de la dynamique seule de la végétation dans son contexte pédo-climatique

L'intégration de la faune, en particulier de la guildes « clef de voûte » que représentent les herbivores permet de proposer une vision différente de la notion de climax, moins linéaire et donnant place aux espaces ouverts qui ont nécessairement existé bien avant l'action de l'homme et vraisemblablement dans le cadre d'une répartition spatio-temporelle fluctuante calée plus sur une échelle temporelle écologique que sur une échelle humaine.

De façon intuitive ou non, c'est ce point de vue principal qui a guidé les modes de gestion des sites visités redéfinis cependant à l'aune des diverses contraintes qui pèsent sur ce type de gestion.

La gestion par le pâturage : une vision souvent floue

Nous avons constaté lors de nos visites ou lors de la consultation des écrits qui nous ont été fournis une sorte d'imprécision ou de flou concernant le « pourquoi » de la gestion pastorale.

Cette vision semble s'étaler en fait sur un gradient dont les termes extrêmes sont les suivants :

1. la vision XIX^{ème} siècle où pratiquement tous les marais que nous avons visités étaient gérés de façon assez extensive, par une agriculture locale avec des races animales le plus souvent locales et donc éco-adaptées. C'est aussi le développement des « Sociétés Savantes » qui vont laisser dans le compte rendu de leurs excursions des inventaires d'espèces qui servent en quelque sorte de repères sur la biodiversité générée par ces pratiques. Il y aura donc dans cette vision une volonté de recréer cet état de nature qui d'une certaine façon était quand même assez dirigée par des pratiques anthropiques. Cette vision se heurte dans son application pratique à la perte de savoir-faire traditionnel, à la perte de cheptels adaptés, au manque d'insertion dans l'économie,
2. une vision plus audacieuse consiste à se rapprocher du « *rewilding* » qui laisserait, par le truchement d'une guildes d'herbivores réintroduite, une certaine forme de naturalité se remettre en place pour, au bout du compte, livrer un écosystème sans doute assez différent de la vision précédente, avec moins de régularité d'une année sur l'autre et

avec des fluctuations importantes dans le temps et dans l'espace, rappelant sans doute davantage les écosystèmes vraiment naturels avant les premières interventions substantielles de l'homme sur les grandes espèces mammaliennes.

Cette vision, utopique sans doute, se heurte à la petitesse des superficies allouées, à l'unicité des terroirs visés (uniquement marécageux, alors que les troupeaux sauvages d'Ongulés pouvaient évoluer selon les saisons sur différents types de terroirs), à la disparition des espèces sauvages d'herbivores, à un manque de connaissances scientifiques sur les grands herbivores européens, à la réglementation sur les espèces, sauvages ou domestiques, à la sociologie actuelle dominante qui, certes, accepte de voir des chevreuils dans la nature mais pas forcément des bisons,....

Du coup cette vision, si intéressante conceptuellement qu'elle soit, doit « en rabattre » dans ses ambitions au nom du principe de réalité pour être appliquée et va rejoindre pour partie seulement la vision précédente.

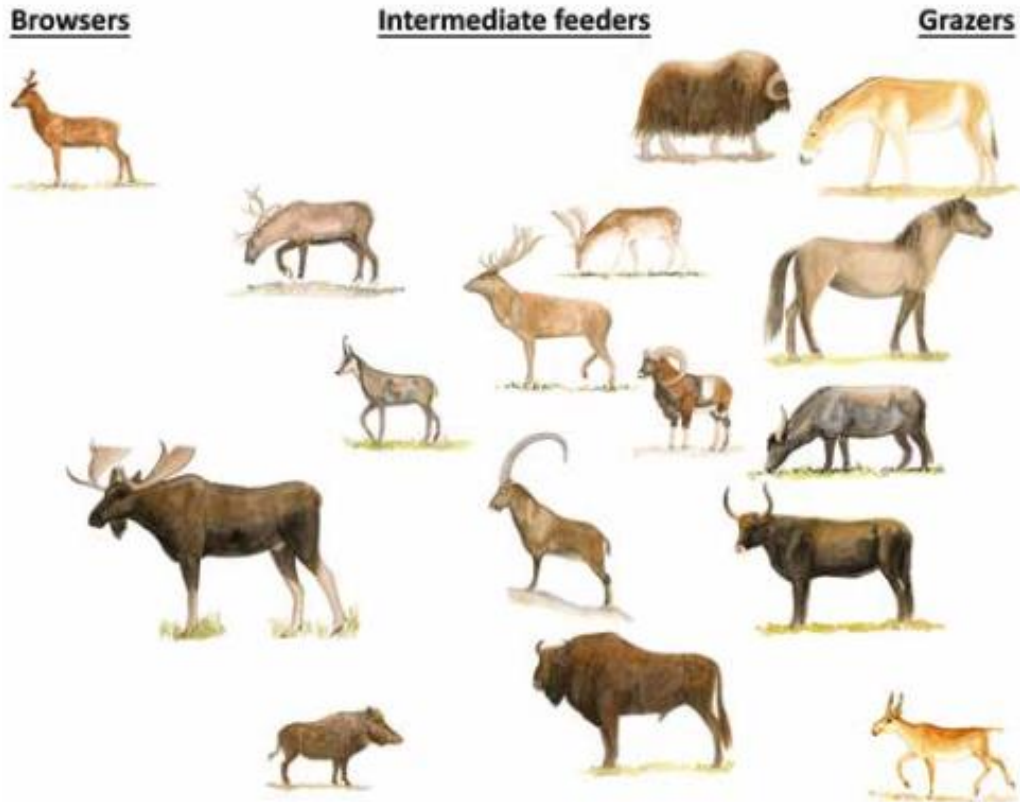
Les herbivores, espèces « clef de voûte » à part entière ?

Pour la plupart des gestionnaires l'herbivore n'est en général pas considéré pleinement comme une « **espèce clef de voûte** » (SIMBERLOF, D., 1998 – Flagships, umbrellas and keystones: is single-species management passed in the landscape area. *Biological Conservation*, 83, 2247-257.). Il est plutôt considéré comme un « outil » de maîtrise de la dynamique de végétation et la complétude comme la complexité de ses impacts dans l'écosystème ne sont en général pas suffisamment reconnues. Plus encore, la notion de « **guilde clef de voûte** », où différentes espèces d'herbivores, en se complétant, structurent de façon profonde l'écosystème dans sa biodiversité spécifique, dans sa fonctionnalité, dans sa productivité, dans sa dynamique, ... n'a jamais été réellement abordée.

Il convient ici de rappeler avec quelques schémas cette réalité attachée aux guildes d'herbivores. La représentation ci-dessous des herbivores européens petits (moins de 100kg) et grands (100kg à 1 tonne) exprime la richesse potentielle d'une guilde d'herbivores qui pourrait, en situation naturelle, comprendre plusieurs familles, ce qui n'existe plus ou pratiquement plus de nos jours et dans nos écosystèmes d'Europe occidentale. Et encore cette représentation fait l'impasse sur la catégorie plus imposante que constituent les méga-herbivores qui au Pléistocène habitaient tous les continents y compris l'Europe et dont la disparition est rattachée à la conquête de ces continents par les espèces humaines qui se sont succédées (SMITH F.A., ELLIOTT SMITH R.E., LYONS S.K., PAYNE J.L. (2018). Body size downgrading of mammals over the late Quaternary. *Science* 360: 310-313.). Pourtant ces méga-herbivores jouent un rôle en cascade sur les écosystèmes en influant les grands herbivores qui influent à leur tour sur les petits herbivores.

Europe's wildlife distinguished between feeding behavior (adjusted after Hofmann 1989). Among Europe's indigenous wildlife are species like auroch (wild cattle), European bison (Wisent), water buffalo, wild horses, Eurasian ass, elk (moose), red deer, fallow deer, roe deer, reindeer, ibex, chamois, moufflon, muskoxen, saiga and wild boar.

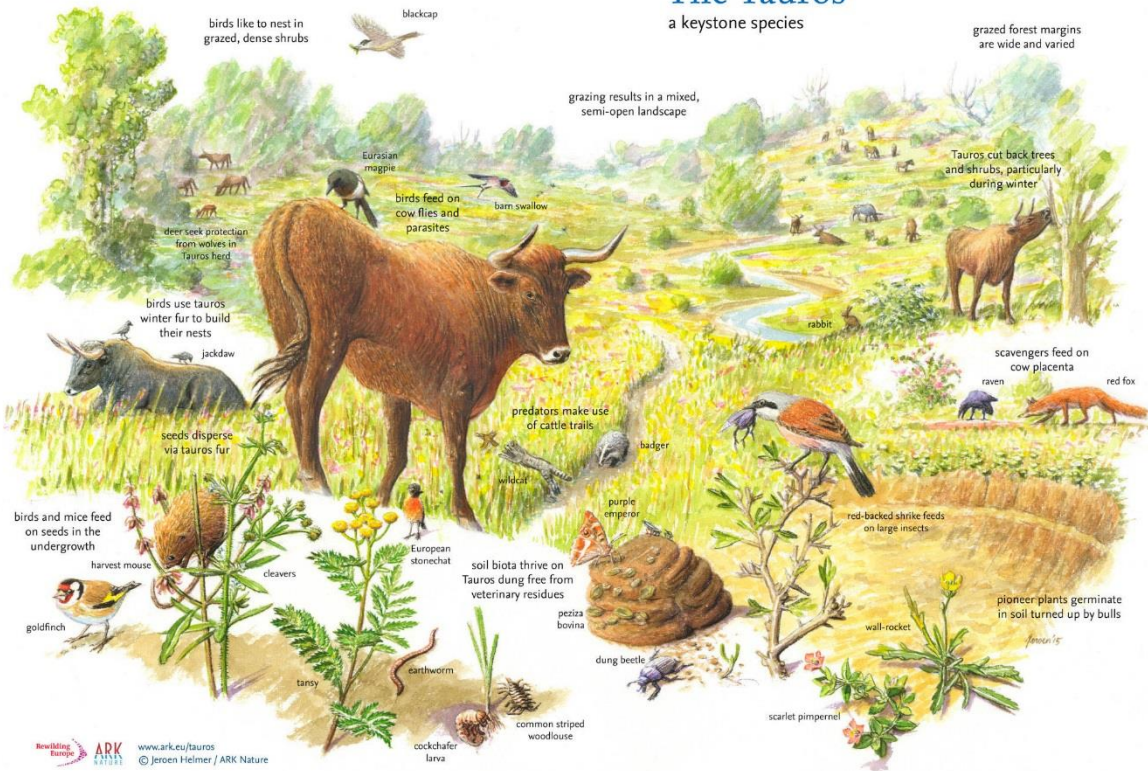
illustrations by Esther Linnertz



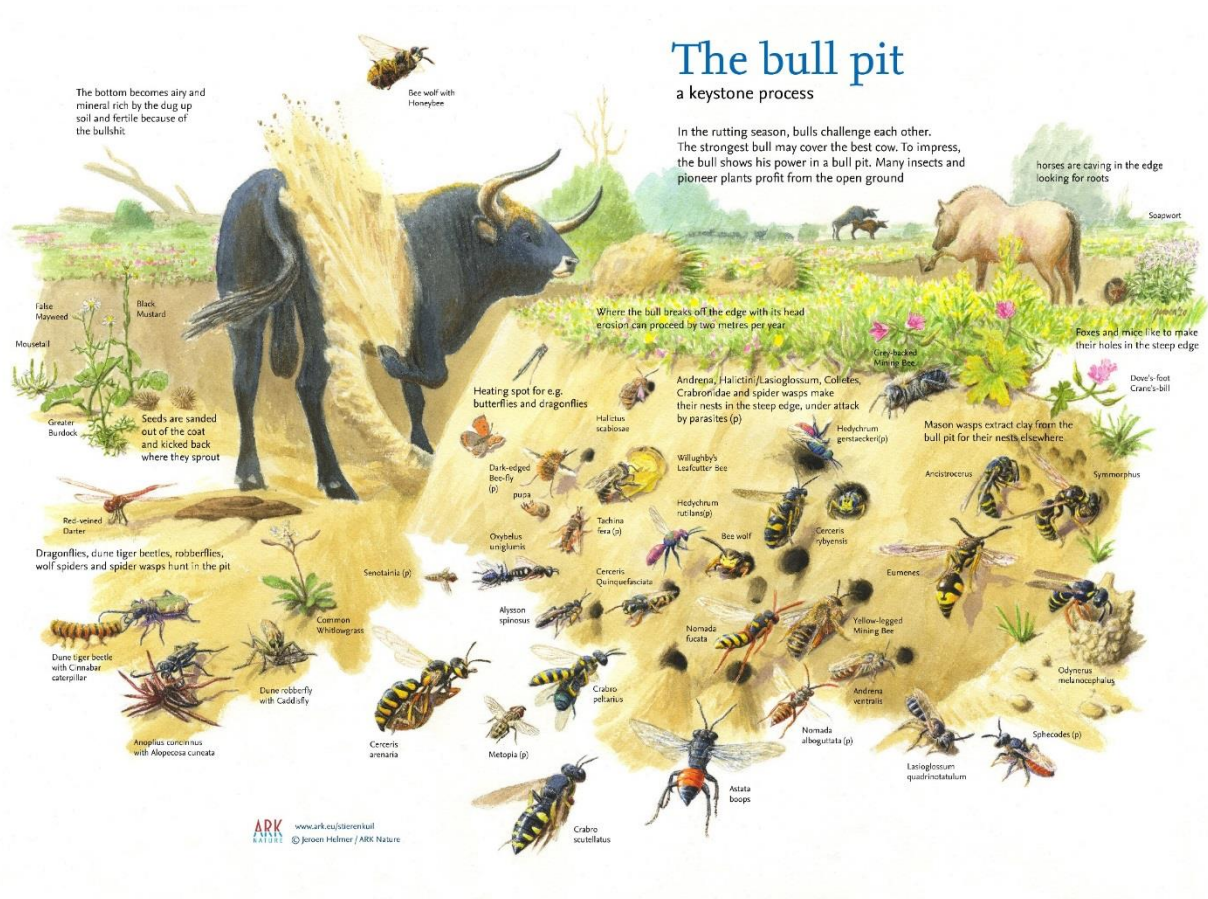
Les Hollandais (ARK Nature) ont une vision très avancée du rôle des grands herbivores comme en témoigne le poster ci-dessous, où presque (le cortège d'espèces nécrophiles liées au cadavre des herbivores n'apparaît pas, uniquement celles moins nombreuses associées aux placentas) toutes les fonctions des herbivores sont illustrées et explicitées :

The Tauros

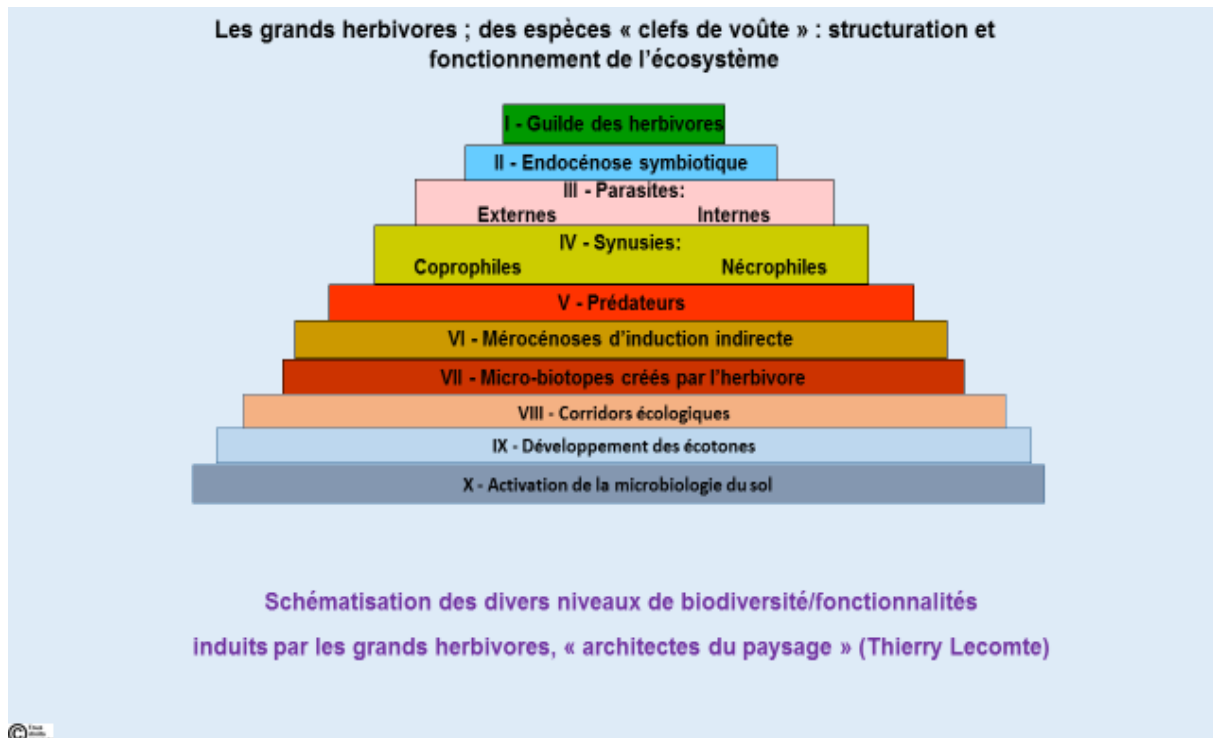
a keystone species



Que ce soit le Bison, l'Auroch ou le Tarpan – ou leurs descendants domestiques – on constate des manifestations comportementales aboutissant, soit par un grattage du sol avec les membres antérieurs soit encore avec une projection de mottes de terre avec les cornes, à un écorchage voire à de légères excavations déterminant de micro-biotopes favorables à de nombreuses espèces. Ci-dessous une représentation, toujours due à ARK Nature, en terrain sablonneux des avantages ainsi déterminées pour des dizaines d'espèces d'Hyménoptères de différentes familles. En zones humides, selon que la cuvette se remplira ou non d'eau, on assiste à l'arrivée d'espèces différentes. Ce comportement n'est pas obtenu en toute situation d'élevage. Pour les bovins nous l'avons personnellement observé à partir du moment où il y a au moins deux taureaux reproducteurs à proximité qui se défient et marquent ainsi leurs territoires.



Une autre façon de présenter les différentes facettes de l'herbivorie envers la biodiversité et les fonctionnalités est présentée ci-dessous. Dans les faits, et à l'image de ce qui a été observé quasiment partout ou analysé dans les plans de gestion, peu de compartiments de cette pyramide sont effectivement « cochées ». La série de sites expertisée dans le cadre de LIFE Anthropofens s'inscrit dans cette prise en compte encore lacunaire des effets sur les écosystèmes de l'herbivorie....



La poursuite d'objectifs variés mais parfois aux effets contradictoires

Au fil de nos visites, nous avons constaté que les objectifs de la gestion pastorale sont variés avec bien évidemment en premier chef la restauration et/ou le développement de la biodiversité, de préférence celle plus particulière des bas marais alcalins. Des objectifs secondaires se greffent assez souvent à ce premier objectif tels que limiter les moyens humains investis par le gestionnaire, ce qui le conduit à trouver un partenariat (sous-traitance, bail,...) avec des agriculteurs éleveurs. Un autre objectif rencontré est de démontrer qu'une certaine rentabilité économique peut être trouvée à défaut peut-être d'une rentabilité économique certaine. Enfin un objectif de conservation parfois *ex situ* d'une race dite locale et/ou à faible effectif est parfois recherché.

Le cas le plus démonstratif et aussi vertueux dans ses intentions est sans contexte le Marais de la Chaussée (site de la vallée de la Somme) avec le triple objectif affiché : écologique, économique avec un circuit court de distribution de la viande produite et la participation à la préservation de la vache Nantaise.

Le gestionnaire cependant nous apprend que les animaux sont vermifugés et on peut s'interroger alors sur les pertes d'espèces (parasites qui appartiennent aussi à la biodiversité, insectes coprophiles dont les coprophages, leurs prédateurs vertébrés dont des espèces relevant de la Directive Habitat comme les Rhinolophes ou de la Directive Oiseaux comme les pie grièches, les lombriciens qui assurent nombre de fonctions dans l'écosystème, impact inconnu mais potentiel sur les champignons fimicoles,...) liées à l'introduction de substances chimiques dans l'écosystème. Cette gestion interdit aussi la mixité avec des chevaux qui constituent une gêne dans la manipulation zootechnique des bovins (bouclage des veaux à la naissance). Un des intérêts de l'herbivore c'est d'appartenir à des espèces n'hibernant pas et de ce fait ils accumulent, pendant la « belle saison » des réserves corporelles qu'ils mobilisent ensuite lorsque la nourriture devient beaucoup moins abondante et riche sur le plan de la valeur fourragère. Cet amaigrissement (on parle d'animaux « faisant l'accordéon » en langage zootechnique) est parfaitement naturel mais est très mal vu des éleveurs qui y répugnent, comme c'est par exemple le cas rapporté lors de la visite du site du marais de Meix. Il s'ensuit un impact plus faible sur des végétaux sur lesquels on attendrait précisément une action plus forte des herbivores : joncs, ligneux, ... ce qui entraînera à terme la nécessité de compléter la

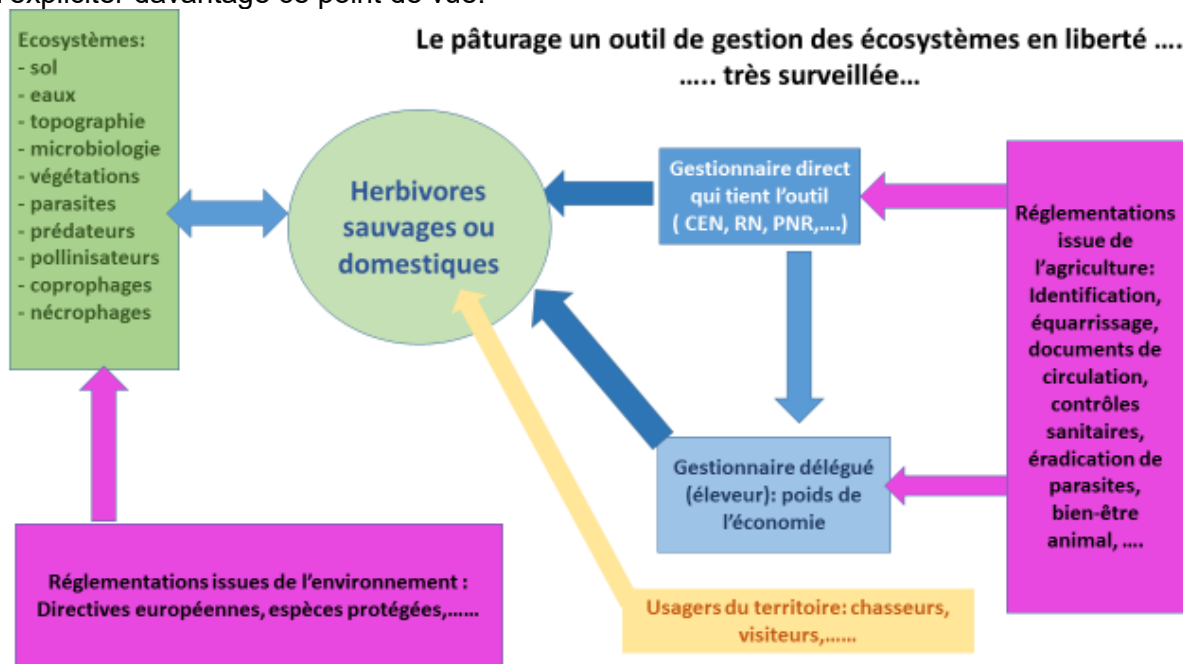
gestion par du broyage ou de l'abattage de ligneux.

Au vu de ces exemples on voit que le positionnement du curseur entre une gestion « purement «écologique » et l'intégration d'objectifs associés n'est pas facile à déterminer. Par ailleurs, il convient de ne jamais oublier que chaque cas est un cas particulier lié au particularisme du site et de son historique mais aussi du gestionnaire surtout s'il est pluri-céphale (voir le chapitre : la main qui tient l'outil) et de l'environnement socio-économique qui peut peser aussi fortement.

L'herbivorie : qui, de fait, tient l'outil ?

L'appréciation de la pertinence de l'outil « herbivore » est assez variable chez les gestionnaires. Dans nos contacts avec des gestionnaires depuis des décennies, comme dans nos propres expérimentations, nous avons eu des retours souvent contrastés allant de la déception jusqu'à l'engouement pour ce mode de gestion. S'il peut y avoir de rares cas précis où le pâturage en bas marais alcalin ne constitue pas un outil pertinent, souvent en raison d'une espèce trop sensible au pâturage et particulièrement patrimoniale, le pâturage constitue dans la très grande majorité des cas un outil tout à fait pertinent et qui se rapproche au maximum de la naturalité du fonctionnement spontané des écosystèmes ou de leurs complexes.

Une des principales difficultés relevées dans les expériences de gestion qui nous ont été présentées réside dans le fait que le gestionnaire n'est jamais complètement libre. Un ensemble de règles, de contraintes, conditionnent *in fine* sa gestion qui l'éloignent ainsi de ce que, en toute indépendance, il aurait souhaité mettre en œuvre. Le schéma ci-dessous tente d'expliquer davantage ce point de vue.



- D'un côté les écosystèmes en particulier dans le cadre des bas marais alcalins sont de plus en plus placés sous haute surveillance (réglementations dédiées) que ce soit pour nombre d'espèces ou pour divers habitats : cela conduit déjà à une sorte de forçage de la gestion (donc des outils de gestion) qui doit – et cela se comprend aisément - être conduite en faveur de la pérennité de ces espèces comme de ces habitats.
- Plus compliquée est la réglementation qui s'invite dès lors qu'il y a utilisation délibérée d'herbivores, dès lors que ces herbivores - domestiques ou sauvages – sont considérés comme étant en situation d'élevage et ayant un propriétaire (ne sont pas « *res nullius* »).

- Le poids de ces réglementations va souvent conditionner la mise en place et la gestion d'infrastructures qui interfèrent avec l'écosystème et son fonctionnement. Ainsi pour ne donner qu'un exemple les prophylaxies annuelles obligatoires ou le marquage quasiment à la naissance des veaux contraint les gestionnaires à devenir éleveurs en quelque sorte et aménager l'espace non plus en fonction de la gestion écologique du site mais en fonction de la gestion zootechnique du cheptel, ces deux modes de gestion ne se superposant pas toujours exactement, de loin s'en faut.
- C'est dans ce contexte que le gestionnaire va alors, pour en quelque sorte se « faciliter la vie », faire appel à un éleveur professionnel, lequel verra en premier chef la rentabilité économique de son troupeau. Les expériences belges ou celles de la vallée de la Somme montrent que l'éleveur apporte ses propres contingences qui peuvent aller à l'encontre du but principal qui est la recherche d'un maximum de biodiversité à travers un maximum de naturalité.
- Ainsi les éleveurs vont répugner à faire maigrir leurs animaux alors que c'est parfois à ce prix que l'on obtient un impact significatif sur des végétaux ligneux ou peu appétants (jonc épars), On peut ainsi multiplier les exemples où la prise en compte des réglementations liées à l'élevage pénalise l'optimum de biodiversité que l'on est en droit d'attendre avec des herbivores (ex. de l'équarrissage naturel).
- Des contraintes supplémentaires vont surgir aussi quand l'espace naturel est partagé avec des tiers : chasseurs, naturalistes, promeneurs qui apporteront parfois aussi leurs exigences. A Sacy-le-Grand il ne faut pas pâturer les secteurs de cladaies à certains moments car il y a le baguage des oiseaux opérés en Août. Les sites chassés posent aussi le souci des chiens de chasse et du cheptel, dans ce cas les chasseurs font parfois pression pour que le cheptel soit retiré pendant la période de chasse. Enfin les sites traversés par des promeneurs ou des randonneurs posent la question du regard de personnes certes bienveillantes mais pas nécessairement compétentes qui s'alarment pour des animaux les pieds dans l'eau ou amaigris en fin d'hiver ou morts et laissés sur place (ce qui peut être intentionnel mais contrevient alors aussi à la réglementation concernant l'équarrissage, au moins pour les animaux domestiques).

La pression de pâturage optimale : une difficulté et un risque

Un plan de gestion trop rigide constitue une sorte de piège qui enferme le conservateur du site dans une gestion relativement uniforme d'une année sur l'autre avec pour conséquence principale le fait de « figer » les mécanismes écologiques qui eux, sont par nature dynamiques. Ainsi une pression de pâturage est-elle déterminée. Par exemple le marais de Meix reçoit chaque année du 1^{er} avril au 30 octobre une pression de pâturage de 0,7 UGB ha. Ce « corsetage » relatif de la pression de pâturage pose trois types de questions :

- Le premier est relatif au mode de calcul qui dépend à la fois de l'espèce (à poids égal un équidé « pèse » davantage en termes d'UGB qu'un boviné) de la race, de l'âge, ... nous n'avons pas eu vraiment de réponse sur le fait de la prise en compte de ce paramétrage zootechnique comme le propose par exemple le tableau qui suit.
- Nous proposons donc aux gestionnaires de vérifier si leurs pressions de pâturages telles qu'elles sont définies jusqu'à présent sont bien conformes à la réalité en s'appuyant sur ces données.

Calcul du coefficient UGB d'un animal

Variation selon l'espèce et l'âge de l'animal

| Bovins | | Equins | | Ovins | | Caprins | |
|--------------|-----|--------------|------|-------------|------|-------------|------|
| 0 - 6 mois | 0 | 0 - 6 mois | 0 | 0 - 2 mois | 0 | 0 - 2 mois | 0 |
| 6 - 12 mois | 0,4 | 6 - 12 mois | 0,46 | 2 - 6 mois | 0,07 | 2 - 6 mois | 0,07 |
| 12 - 24 mois | 0,6 | 12 - 24 mois | 0,69 | 6 - 12 mois | 0,12 | 6 - 12 mois | 0,12 |
| 24 - 36 mois | 0,8 | 24 - 36 mois | 0,92 | > 12 mois | 0,15 | > 12 mois | 0,15 |
| > 36 mois | 1 | > 36 mois | 1,15 | | | | |

Variation selon la race

Pour chaque race on a évalué un coefficient de conversion qui repose sur l'équation suivante :

$$x = PV^{0,75} / 600^{0,75}$$

x = coefficient de conversion

PV = poids vif moyen de la femelle adulte

Exemple pour le Highland cattle dont le poids moyen de la femelle adulte est estimé à 400 kilos

$$x = 400^{0,75} / 600^{0,75} = 0,74$$

Les tableaux suivants reprennent les valeurs pour différentes races :

Bovins

| Race | Code | PM mètre | Coefficient RACE de conversion UGB |
|--------------------|------|----------|------------------------------------|
| Camargue | 37 | 350 | 0,67 |
| Highland | 86 | 400 | 0,74 |
| Martina | 01 | 400 | 0,74 |
| Pie noire bretonne | 29 | 330 | 0,64 |
| Charolais | 38 | 680 | 1,09 |
| Blonde d'Aquitaine | 79 | 650 | 1,06 |
| Maine Anjou | 41 | 650 | 1,06 |
| Salers | 23 | 610 | 1,01 |
| Aubrac | 14 | 560 | 0,95 |
| <u>Casta</u> | 97 | 600 | 1,00 |
| Aurochs | 02 | 520 | 0,90 |
| Bison | 03 | 475 | 0,84 |
| Nantaise | 04 | 650 | 1,06 |
| Galloway | 73 | 450 | 0,80 |

Equins

| Race | Code | PM mètre | Coefficient RACE de conversion UGB |
|-------------------|------|----------|------------------------------------|
| Camargue | 12 | 450 | 0,80 |
| Highland | 11 | 500 | 0,87 |
| New Forest | 01 | 365 | 0,69 |
| Landais | 02 | 330 | 0,64 |
| Dartmoor | 03 | 280 | 0,56 |
| COB | 22 | 600 | 1,00 |
| Mulassier | 16 | 750 | 1,18 |
| Comtois | 20 | 650 | 1,06 |
| Selle | 13 | 550 | 0,94 |
| Shetland | 04 | 173 | 0,39 |
| <u>Foxtock</u> | 05 | 250 | 0,52 |
| <u>Przewalsky</u> | 06 | 290 | 0,58 |

Ovins

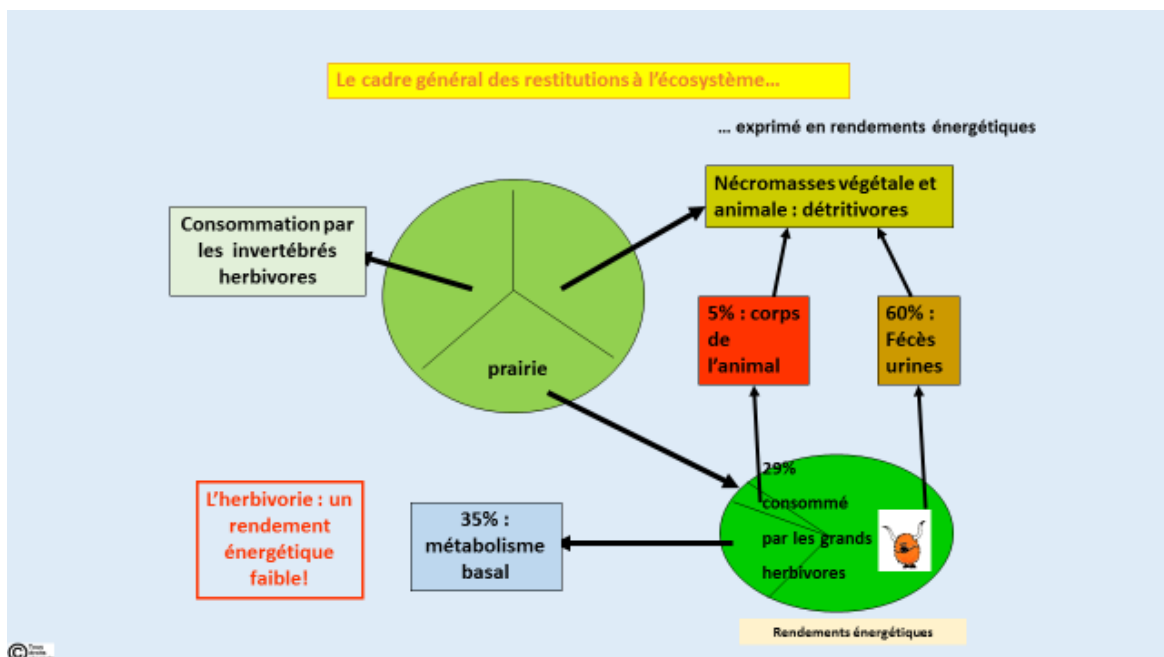
| Race | Code | PM mère | Coefficient RACE de conversion UGB |
|---------------------|------|---------|------------------------------------|
| Shetland | SH | 35 | 0,60 |
| Charmoise | 4 | 48 | 0,75 |
| Solognote | 20 | 50 | 0,78 |
| Mergelland | ME | 48 | 0,75 |
| Scottish black face | 47 | 55 | 0,83 |

Calcul de l'équivalent UGB de l'animal

Pour calculer l'équivalent UGB d'un animal, il suffit de multiplier le coefficient de variation selon l'espèce et l'âge avec le coefficient de variation selon la race.

Exemple : Equivalent UGB d'un cheval de Camargue de 2 ans
 $0,92 * 0,80 = 0,736$ UGB par animal

- En matière de production primaire, une année ne fait pas l'autre ce qui est particulièrement vrai en zone humide plus ou moins inondable ou inondée. En effet déjà sur le plan des températures les années se suivent mais ne se ressemblent pas nécessairement ; la production primaire peut ainsi fluctuer de façon significative ce qui peut conditionner le chargement animal. Par ailleurs, on estime que la production primaire d'un milieu prairial pâturé se divise en trois parties presque égales :



- un tiers ne sera pas consommé et constituera le premier apport de nécromasse sous forme de litière,
- un tiers est effectivement consommé par le cheptel dont les fèces contribuent aussi à alimenter la nécromasse totale,
- un tiers est consommé par les invertébrés phytophages. A ce sujet, la consommation par ces invertébrés peut fluctuer très fortement d'une année sur l'autre car certains groupes : Insectes Orthoptères Acridiens (= criquets), Insectes Diptères Tipulidés (= cousins), Mollusques Gastéropodes Arionidés (= limaces) peuvent connaître en matière de dynamique de population des pics très importants qui limitent d'autant la ressource alimentaire pour les autres consommateurs primaires.

Enfin l'eau constitue un facteur inhibiteur de la croissance de nombreuses espèces végétales terrestres tant et si bien qu'un écosystème soumis à une inondation ou à un engorgement

chaque hiver verra sa productivité primaire fluctuer en fonction de la durée de cet engorgement en début de printemps.

- Enfin, en situation naturelle la guilda des herbivores demeure toujours fluctuante : elle dépend du succès de reproduction, des causes de mortalité de masse (hivers très rigoureux comme le « Djout » en Asie centrale, saison sèche qui s'éternise, maladie infectieuse,...) si bien que la pression d'herbivorie n'est jamais constante en milieu naturel et peut fluctuer de façon très importante ce qui « libère » au sein des écosystèmes concernés des dynamiques parfois contraires et qui oscillent autour d'une médiane qui traverse les décennies.

Vouloir, dans une gestion se voulant proche des systèmes naturels, conserver une pression de pâturage constante est donc tout à fait « contre nature ».

En conclusion il ne faut pas hésiter à faire varier de façon substantielle la pression de pâturage dévolue à un espace en gestion à finalité écologique. Ce n'est pas forcément simple à réaliser car il faut pouvoir placer les animaux surnuméraires certaines années ou au contraire en rechercher de nouveaux d'autres années. Un travail en réseau de sites peut permettre d'organiser cette sorte de « désordre ».

Le choix – difficile – des espèces d'herbivores

Même si le gestionnaire est convaincu de l'intérêt, voire de la nécessité de pratiquer la gestion pastorale pour un site donné, il se pose la question du choix des animaux à commencer par celui de l'espèce qui – logiquement – doit intervenir avant celui de la race. Le tableau suivant présente les espèces potentiellement utilisables, soit sauvages quand elles existent encore, soit domestiques, avec leurs caractéristiques principales en termes d'indigénat, de stature (petit ou grand herbivore au sens d'Owen-Smith), d'éthologie (plutôt grégaire ou plutôt solitaire) avec quelques remarques.

La rareté de certains animaux peut constituer un écueil, alors que des opportunités locales ou régionales font que cette réflexion se trouve « shuntée » au profit de races souvent domestiques disponibles. Le recours aux espèces sauvages ou « ensauvagées », assez pratiquée au Pays Bas (Bisons, Aurochs de Heck,...), n'est pratiquement pas pratiqué en France et en tout cas non pratiqué dans les expériences belges et françaises sur lesquelles porte notre expertise.

En zone humide le recours à des Cerfs élaphe qui constituent un outil intéressant de par le côté grand herbivore (même si c'est le plus petit des grands), l'éthologie grégaire et le régime alimentaire qui incorpore environ 50% de ligneux, n'est pas pratiqué alors que des résultats intéressants pour maîtriser des roselières ont été obtenus avec succès en Suède (LARSSON Torsten., 1994 – Contrôle des roseaux et conservation des zones humides *in* restauration et gestion des zones humides. Séminaire International Marais Vernier - 2-5 novembre 1992. *Bull. mens.* Office National de la Chasse, n° 189, Mai 1994, pp. 18-21).

Au marais Vernier, sur la partie où subsiste une assez grande tourbière alcaline, il existe une petite population très relictuelle de Cerfs élaphe qui subit des périodes de longue inondation hivernale. Avec un effectif très réduit, cette petite population n'avait pas un impact reconnu sur la dynamique arborée conduisant à un taillis de bouleaux pubescents piquetés de chênes pédonculés. Sur une parcelle à vocation principale de terrain de chasse une partie de la bétulaie a été déboisée et les gestionnaires s'attendaient à un rejet de souche très dynamique des bouleaux comme cela se passe ordinairement.

Or quelques mois au préalable, nous avons sensibilisé les principaux propriétaires des terrains de chasse où évolue cette petite population, d'appliquer pendant 2/3 ans un moratoire en ne tirant plus de biches et peu de mâles. En trois années de restriction librement consentie, la population a considérablement augmenté si bien que l'impact sur les rejets se fait très

fortement sentir au point qu'une moliniaie s'est installée grâce à la luminosité retrouvée.

Cette expérimentation est encore très récente et il conviendra d'en observer le devenir dans les années qui viennent mais elle montre bien – dans un bas marais alcalin - le rôle réel d'une densité conséquente de Cerfs dans le contrôle d'une dynamique forte et uniforme de boisement.



Mai 2019 : une partie de la harde rejoint le gagnage sur les prairies humides qu'elle contribue à entretenir



*Novembre 2020 : Molinie bleue (*Molinia caerulea*) et Marisque (*Cladium mariscus*) ont profité de l'éclaircie entretenue par les Cerfs qui exercent une pression importante sur les rejets de ligneux.*

Dans le cadre du projet LIFE Anthropofens, il serait intéressant d'avoir une réflexion élargie intégrant espèces sauvages et espèces domestiques, en particulier quand les espèces sauvages d'origine ont disparu.

L'utilisation d'espèces sauvages pose cependant d'autres problèmes qui peuvent être de clôtures qui doivent être assez hautes pour des cervidés (daims, cerfs, élans) et le gestionnaire doit être titulaire d'un certificat de capacité à détenir des animaux sauvages en captivité. L'utilisation du bison européen pose aussi un autre problème dans la mesure où il s'agit d'une espèce protégée légalement.

Cependant diverses gestions aux Pays-Bas utilisent le bison et en France, la réserve des « Monts d'Azur » utilise aussi des bisons, des élans, des chevaux de Przewalski.... Ce qui montre que cela reste possible quand il y a une volonté de le faire.



Gestion d'une réserve naturelle aux Pays-Bas avec des bisons européens, remarquer la hauteur des clôtures en arrière-plan.

**Espèces utilisées – petits et grands herbivores¹ - (ou potentiellement utilisables²)
pour la gestion des zones humides en Europe Occidentale**

| Espèce sauvage | Espèce domestique | Statut/présence actuelle | Indigénat (Europe occidentale) | Statut/taille | Statut/éthologie | Remarques |
|-----------------|-------------------|---|--------------------------------|-----------------|------------------|--|
| Aurochs | bovins | Espèce éteinte | oui | Grand herbivore | grégaire | Un certain nombre de races localisées géographiquement présente des caractères morphologiques et de rusticité ancestraux |
| | | En élevage (une souche « marron » Betitzu) | oui | Grand herbivore | grégaire | |
| Tarpan | cheval | Espèce éteinte | oui | Grand herbivore | grégaire | Un certain nombre de races localisées géographiquement présente des caractères morphologiques et de rusticité ancestraux |
| | | En élevage | oui | Grand herbivore | grégaire | |
| | Buffle asiatique | | non | Grand herbivore | grégaire | Tropisme fort des espèces pour les zones humides |
| Buffle européen | | Espèce éteinte | oui | Grand herbivore | grégaire | |
| Cerf élaphe | Parfois élevé | Espèce encore bien présente | oui | Grand herbivore | grégaire | Espèce des milieux ouverts, a trouvé le plus souvent refuge en milieux boisés |
| | chèvre | En élevage, parfois des petits troupeaux « marronnés » | non | Petit herbivore | grégaire | Espèce principalement rupestre peu adaptée aux zones humides, même si certaines races résistent assez bien (chèvre « des fossés ») |
| | mouton | En élevage, parfois « marronnés » : « Moufflon de Corse » | non | Petit herbivore | grégaire | Espèce principalement rupestre peu adaptée aux zones humides, même si certaines races résistent assez bien (mouton moorit Shetland) |
| Elan | | Quasi éteint Europe occidentale | oui | Grand herbivore | solitaire | Frontal trouvé lors du creusement d'un fossé dans la tourbière des Hautes Fagnes (Belgique) Disparition en France vers le IX ^e siècle ³ |
| Bison européen | | Quasi éteint Europe occidentale | oui | Grand herbivore | grégaire | Disparu dans la Nature puis réintroduit à partir d'animaux de zoos |

| Espèce sauvage | Espèce domestique | Statut/présence actuelle | Indigénat (Europe occidentale) | Statut/taille | Statut/éthologie | Remarques |
|----------------|-------------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------|------------------|--|
| Chevreuril | | Espèce encore bien présente | oui | Petit herbivore | solitaire | |
| Sanglier | | Espèce encore bien présente | oui | omnivore | grégaire | En bas marais consomme des plantes comme <i>Cirsium dissectum</i> , <i>Scozonera humilis</i> (rhizomes) <i>Dactylorhiza sp</i> , <i>Liparis</i> (bulbes), <i>Quercus</i> (glands), réalise avec ses vermillis des « minis étrepages » ⁴ |

1 : les méga-herbivores européens (plus d'une tonne) tous disparus, ne sont pas mentionnés ici

2 : les espèces éteintes qui sont mentionnées pour mémoire dans ce tableau ne sont évidemment plus utilisables.

3 : **LECOMTE T, 2015** – La répartition actuelle des Ongulés ouest-européens : une répartition « contre nature » ; l'exemple de l'Elan, *Alces alces*. 11^{ème} rencontre Bourgogne-Nature et 37^{ème} colloque francophone de Mammalogie, les Mammifères sauvages – recolonisation et réémergence pp136-145.

4 : **LECOMTE T, 2008** - Causes, impact et gestion d'une surpopulation de sangliers à la réserve naturelle des Manneville (Marais Vernier - Eure)». In KLEIN F., GUIBERT B., BAUBET E., dir. : Modalités de gestion du sanglier. Actes du colloque de Reims, 1^{er} et 2 mars 2007. Paris: FNC-ONCFS, p.188-194.

Espèces introduites = fonctionnalités réintroduites ?

Avant-propos.

L'expérience avec des buffles asiatiques conduite sur les marais de Sacy-le-Grand interpelle par le fait qu'il s'agit d'une espèce exogène, introduite donc. Nous proposons la réflexion qui suit et qui distingue la notion d'espèce introduite de celle de fonctionnalités réintroduites avec quelques exemples en cours ou en projet.

L'histoire est riche d'espèces introduites d'un continent vers un autre pour des raisons agricoles, des raisons cynégétiques, ou comme animaux de loisirs ou encore comme espèces censées en réguler d'autres et qui s'ajoutent à toutes les espèces introduites fortuitement en raison du développement des transports (avions, bateaux, camions, trains...) qui traversent les pays et parfois passent d'un continent à un autre.

Si un certain nombre d'espèces introduites n'ont pas fait souche de façon durable ou au contraire ont réussi à trouver une niche sans trop perturber les écosystèmes d'accueil, il est clair que dans de nombreux cas bien documentés, ces introductions se sont révélées catastrophiques soit pour certaines espèces natives menées au seuil de la disparition et parfois au-delà, soit, pire encore, pour des écosystèmes entiers déstructurés avec les effets domino sur les espèces natives que l'on peut aisément imaginer.

Il est donc clair que s'abstenir d'introduire une espèce doit être la règle en matière de management et de ménagement de la biodiversité, le cas contraire devant relever de l'exception suffisamment mûrie et réfléchie avec des phases d'expérimentation en garantissant la réversibilité.

Réflexion autour de l'herbivorie outil de gestion des milieux ouverts

Les îles océaniques : les tortues terrestres

Sur la grande majorité des îles des océans Indien et Pacifique, les mammifères herbivores ongulés n'ont jamais existé de façon naturelle (beaucoup d'introductions, souvent malheureuses pour la biodiversité endémique de ces îles, de bovines, de porcs, de chèvres, ... ont une origine anthropique). Des formations végétales de structure basse originales existaient cependant sur ces îles, entretenues par des herbivores non mammaliens : les tortues terrestres.

Ces tortues de type « éléphantines » (Galapagos, Seychelles, Réunion, Maurice, ...) pouvant peser entre 150 et 300kg rentrent bien dans la catégorie des grands herbivores telle que proposée par OWEN-SMITH (1988).



Tortue géante des Seychelles. © Yotcmdr, Wikipédia, DP

Le développement de la marine à voile transcontinentale a fait disparaître ces tortues d'une grande majorité des îles car elles étaient embarquées à bord pour servir de réserve de viande fraîche. Leur disparition a entraîné la disparition de la coévolution végétations-tortues entraînant la raréfaction voire la disparition des communautés végétales et animales dont ces tortues géantes constituaient la clef de voûte.

Le constat de ce lien entre tortues terrestres et végétation endémique des îles a été fait il y a quelques années et a donné l'idée d'utiliser des tortues encore existantes pour repeupler des îles en Chéloniens même si ce ne sont pas les mêmes espèces avec l'espoir que des espèces relativement proches (régime alimentaire, éthologie, ...) développeraient les fonctionnalités perdues par l'éradication des espèces autochtones.

Une tortue terrestre géante endémique (*Cylindraspis vosmaeri*), abondait par dizaines de milliers sur l'île Rodrigues (au large de l'île Maurice) mais disparue depuis la fin du XVIIIème siècle. Une expérience a été initiée sur l'île Rodrigues avec des tortues issues de Madagascar (tortue rayonnée, ...) afin de retrouver cette fonction particulière qu'assurent les tortues sur leur environnement terrestre. Avec l'introduction d'une espèce exogène d'herbivore, il y a bien le souci de réintroduire une fonctionnalité disparue.

Un projet plus audacieux : l'utilisation d'Eléphantidés

Si on considère que les grands herbivores sont capables de jouer un rôle fondamental dans les successions de végétation, il est légitime, a fortiori, de reconnaître un rôle encore plus déterminant de la mégafaune ce qui est déjà validé pour l'Afrique et qui devait être comparable pour l'Eurasie avant la raréfaction puis la disparition de ces guildes de méga-herbivores comme imaginée sur la représentation ci-dessous.



Fig. 1. Reconstruction of a Last Interglacial temperate landscape (Germany) with typical Late Pleistocene European large herbivores such as the now extinct straight-tusked elephant (*Elephas antiquus*), an extinct rhinoceros (*Stephanorhinus kirchbergensis*; in Britain only the closely related *S. hemitoechus* appears to have been present during the Last Interglacial), as well as the still common roe deer (*Capreolus capreolus*). Illustrator: Elke Gröning.

Les Eléphantidés, avant de ne plus exister que sur les continents asiatique et africain, peuplaient en fait la quasi-totalité des continents et constituaient donc un groupe d'espèces d'herbivores jouant un rôle écologique sur la quasi-totalité des milieux terrestres non extrêmes en termes de facteurs écologiques.

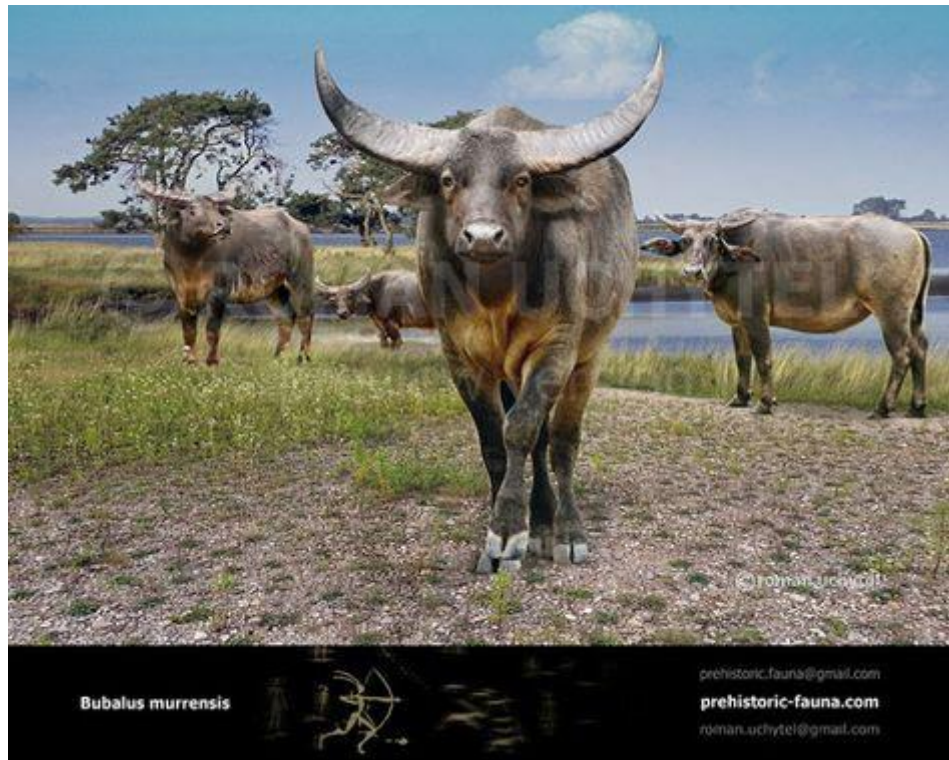
Des projets commencent à surgir (Bavière, Danemark) d'introduire des éléphants (plutôt des éléphants d'Asie) pour retrouver les fonctionnalités attachées aux méga-herbivores. Là encore la volonté d'introduction d'une espèce repose sur le désir de réintroduire des fonctionnalités.

Le risque quand on introduit, même avec de bonnes intentions sur le plan écologique, de nouvelles espèces dans un écosystème est que ces espèces changent de comportement et adoptent un comportement catastrophique pour la biodiversité (exemple de mangoustes introduites pour limiter des reptiles venimeux et qui ont reporté leur prédation sur des espèces mammaliennes endémiques). L'intérêt des grands animaux est que leur éradication est assez aisée si on observe des impacts non désirés.

Les grands herbivores européens disparus : le buffle européen *Bubalus murrensis*

L'expérience de Sacy-le-Grand avec le buffle d'eau se retrouve dans d'autres lieux de métropole mais aussi dans d'autres pays (Allemagne, Espagne, ...) où cette espèce est utilisée comme gestionnaire de zones humides. Dans le cadre de notre expertise, cette expérience n'a pas été présentée, sous l'angle de la réintroduction des fonctionnalités d'un bovin européen assez inféodé aux zones humides mais disparu à présent : le buffle européen *Bubalus murrensis*.

Cette espèce a été découverte sous formes de fossiles récents (jusqu'à la fin du Pléistocène) et le plus souvent attaché aux lits majeurs de grands fleuves. Ci-dessous une "peinture" digitale de cette espèce de buffle donne une idée de sa silhouette (Roman Uchytel) :



La cartographie (cf. infra) reprend les différentes espèces - ou réputées telles – qui constituent en quelque sorte un continuum eurasiatique de « variétés » du genre *Bubalus* érigées au rang d'espèces sans que ces distinctions soient parfaitement robustes. On peut penser qu'il en est de ce groupe d'espèces comme de l'autre espèce, l'Aurochs (*Bos primigenius*) dispersé lui aussi sur le continent eurasiatique (et même nord-africain), et qui est en fait interfécond avec d'autres « espèces » comme le Zébu ou le Yack. La différenciation en sous-espèces de mammifères ayant une grande dispersion est quelque chose qui n'est pas unique puisque, par exemple chez l'Elan (*Alces alces*) on reconnaît 7 (ou 8 selon les auteurs) sous espèces sur l'hémisphère nord.

Des découvertes récentes en Russie (région de Moscou) comme en France (Médoc) permettent de mieux comprendre la distribution européenne de ce buffle en complétant les données allemandes et italiennes déjà connues depuis plus longtemps :

KOENIGSWALD W.V., SCHWERMANN A.H., 2019 - First evidence of Pleistocene *Bubalus murrensis* in France and the stratigraphic occurrences of *Bubalus* in Europe, *Quaternary International*.

VISLOBOKOVA I.A., TARASENKO K., LOPATIN A.V., 2020 - First Discovery of the European Buffalo *Bubalus murrensis* (Artiodactyla, Bovidae) from the Pleistocene of the Russian Plain *Doklady Biological Sciences*.