

Ce chapitre rassemble 14 fiches traitant de diverses problématiques de gestion. Ces fiches font écho aux paragraphes « gestion » des fiches d'associations végétales. Elles sont inspirées du chapitre « Gestion » contenu dans les deux guides portant sur les végétations des zones humides du Nord-Pas de Calais (CATTEAU, DUHAMEL *et al.* 2009) et de Picardie (FRANÇOIS, PREY *et al.* 2012). Elles ont été complétées, mises à jour et adaptées au territoire et aux acteurs de la Normandie orientale.

Chaque thème abordé fait l'objet d'une fiche spécifique numérotée, les thèmes retenus sont les suivants :

- fiche n°1 : gestion de la qualité physico-chimique de l'eau ;
- fiche n°2 : dynamique fluviale et espace de liberté ;
- fiche n°3 : gestion des niveaux d'eau ;
- fiche n°4 : étude et restauration de la banque de semences d'un sol
- fiche n°5 : décapage et étrépage ;
- fiche n°6 : maintien, restauration, création de roselières inondées ;
- fiche n°7 : recréation de prairies humides ;
- fiche n°8 : restauration des mares ;
- fiche n°9 : fau cardage ;
- fiche n°10 : fauche avec exportation ;

- fiche n°11 : pâturage extensif ;
- fiche n°12 : contrôle de la végétation ligneuse ;
- fiche n°13 : restauration, réhabilitation écologiques et entretien des ripisylves ;
- fiche n°14 : gestion des espèces exotiques envahissantes.

La mise en place d'une gestion écologique adaptée sur un site nécessite une excellente connaissance des problématiques du site concerné qui ne peut être issue que d'une analyse au cas par cas. Elle nécessite également une technicité et des compétences spécifiques qui sont du domaine des gestionnaires de site.

Toutes les problématiques de gestion des zones humides ne sont pas traitées. Nous avons fait un choix, forcément restreint, des thèmes qui semblaient les plus importants pour les gestionnaires des zones humides quels qu'ils soient.

Ces fiches ne sont donc pas des programmes de gestion « clé en main », dans lesquels on trouverait toutes les recettes pour une bonne gestion. Elles ont surtout pour objectif d'attirer l'attention sur quelques points critiques du génie écologique, qu'ils soient particulièrement déterminants pour la qualité des végétations, méconnus ou fréquemment négligés. Ces fiches sont issues d'une synthèse bibliographique, dont il est rendu compte à la fin de chaque fiche. Nous avons complété ces données en fonction



Marais pâtré, le Trait (76) - E. Cléré

de nos connaissances et des retours d'expérience de plusieurs gestionnaires de milieux naturels de la région.

Les préconisations fournies ici sont orientées vers la problématique de la gestion de la végétation. Elles sont presque toujours compatibles avec les enjeux de préservation de la faune, et il a été fait mention de certaines interactions ou, à contrario de certains risques d'impacts sur la faune. Néanmoins, certains points spécifiques n'ont pas été traités et il serait bienvenu que ces fiches fassent écho à un équivalent pour la préservation de la faune sauvage.

Les aspects financiers des coûts de gestion très fortement dépendants des itinéraires techniques choisis, ne sont pas traités ici. Cet ouvrage constitue avant tout un guide descriptif des végétations et des orientations de gestion les concernant, et non un guide technique spécifique de gestion. Quelques éléments financiers pourront cependant être obtenus auprès des structures gestionnaires de milieux naturels sur des retours d'expériences locales.

Les fiches sont organisées en cinq paragraphes :

- **objectifs** : présentation synthétique des principaux objectifs visés par les modes de gestion présentés ;
- **contexte** : présentation du contexte et de la problématique inhérents à la gestion présentée ;
- **méthode** : présentation des différentes techniques possibles, des étapes de la gestion, des paramètres à prendre en compte, etc. ;
- **limites et précautions** : présentation des risques liés à la gestion exposée, circonscription de l'intérêt de la gestion dans un objectif écologique, difficultés spécifiques, etc. ;
- **bibliographie** : indication abrégée des sources bibliographiques utilisées ; les données bibliographiques complètes figurent au chapitre bibliographie.



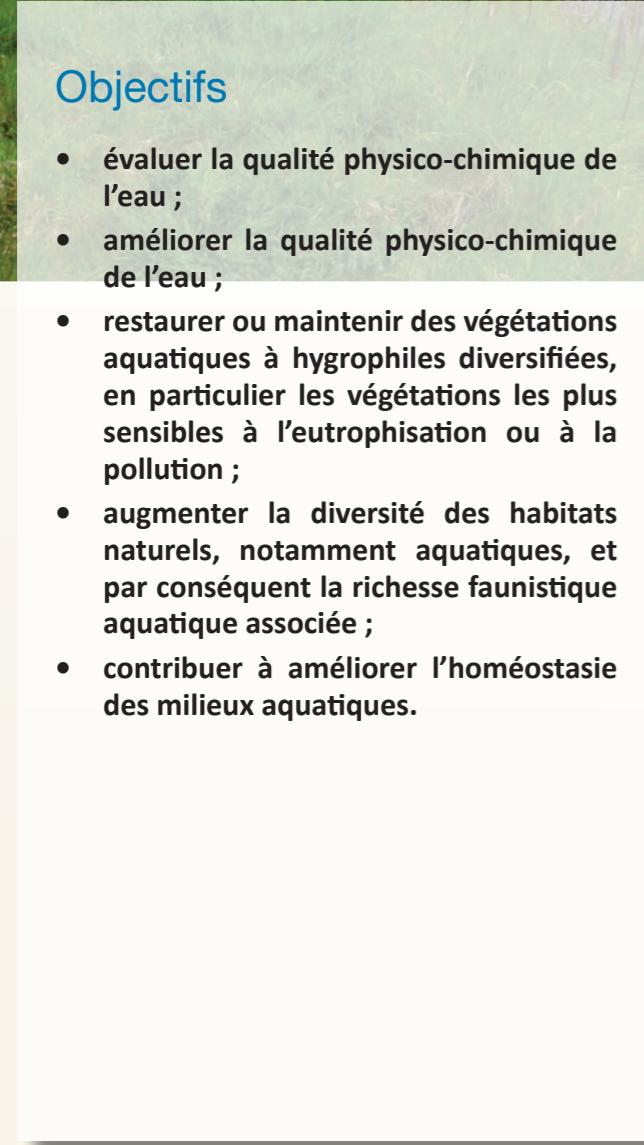
Étrépage manuel en tourbière - CenNS



Restauration d'une mare à la pelle mécanique - CenNS



Gestion de la qualité physico-chimique de l'eau



Objectifs

- évaluer la qualité physico-chimique de l'eau ;
- améliorer la qualité physico-chimique de l'eau ;
- restaurer ou maintenir des végétations aquatiques à hygrophiles diversifiées, en particulier les végétations les plus sensibles à l'eutrophisation ou à la pollution ;
- augmenter la diversité des habitats naturels, notamment aquatiques, et par conséquent la richesse faunistique aquatique associée ;
- contribuer à améliorer l'homéostasie des milieux aquatiques.

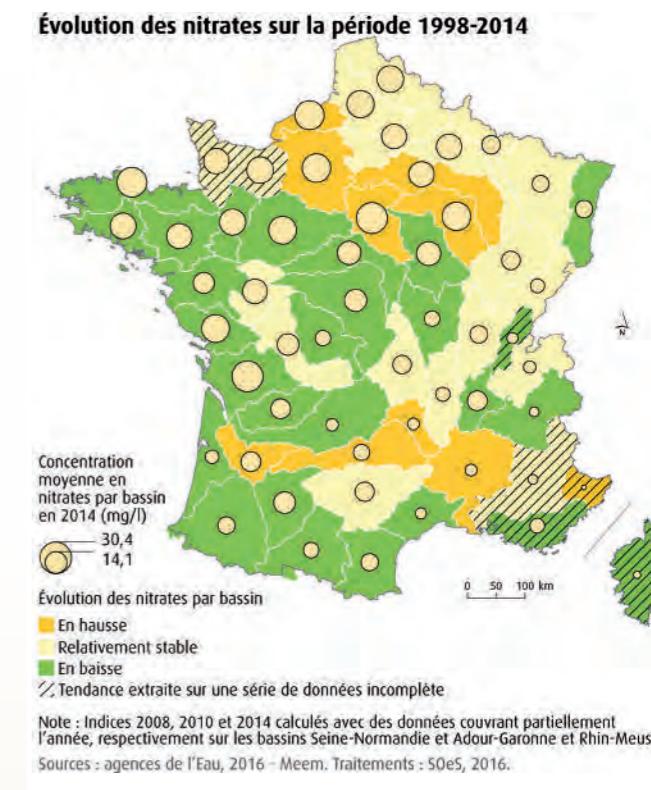
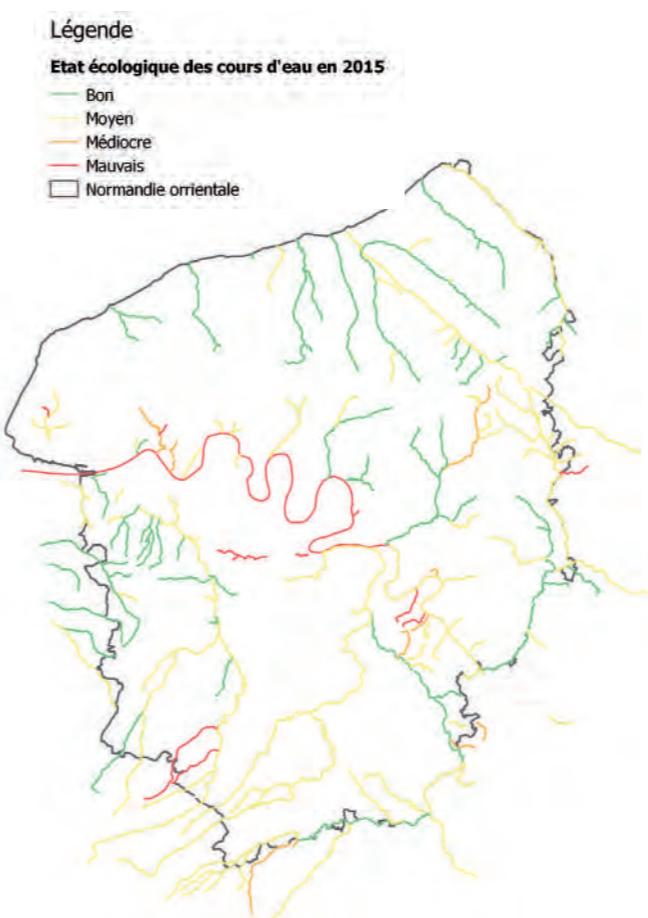


Présence d'algues filamentées dans le cours d'eau lié aux apports excessifs en phosphore et en azote, le Hennetot (76) - F. Rosanska

Contexte

La bonne qualité physico-chimique des eaux est un objectif préalable à toute autre mesure de gestion écologique. En effet, il est illusoire d'espérer restaurer un écosystème diversifié et fonctionnel qui soit baigné par des eaux polluées. En Normandie orientale la qualité écologique des masses d'eau de surfaces semble s'améliorer mais la qualité des eaux souterraines, elle reste très alarmante.

De plus la quantité de nitrates retrouvés dans les analyses d'eau augmente, alors que la tendance nationale est à la baisse. Les deux causes majeures de dégradation de la qualité physicochimique des eaux souterraines sont les nitrates et les produits phytosanitaires.



Évolution des nitrates en France sur la période 1998-2014
- agences de l'Eau, 2016

La présence de ces quantités importantes de nitrates entraîne une eutrophisation excessive¹ des eaux c'est-à-dire un enrichissement excessif des eaux en nutriments (phosphore² et azote), principalement dû aux apports des eaux usées domestiques et au lessivage des sols cultivés fertilisés par des engrains organiques ou chimiques.

L'eutrophisation excessive est la principale cause des qualités insatisfaisantes identifiées pour les masses d'eaux de Normandie orientale.

L'accroissement des apports, en particulier en phosphore, facteur limitant le plus fréquent dans les eaux douces, conduit à un emballement qui se caractérise par une forte prolifération végétale. Cette biomasse, composée en majeure partie d'éléments de grande taille peu consommables (algues coloniales ou filamentées parfois toxiques, etc.), n'est que partiellement recyclable via le réseau trophique : une grande partie sédimente,

surtout dans les plans d'eau, mais aussi dans les cours d'eau lents et les fossés à faible débit. Depuis 2007, l'interdiction des phosphates dans les lessives a permis de diminuer les entrées de phosphore, et l'extension à venir, de cette interdiction des phosphates, à l'ensemble des détergents ménagers, devrait également renforcer ces effets positifs.

L'augmentation de la matière organique sédimentée favorise la croissance des bactéries hétérotrophes qui consomment de l'oxygène en dégradant les composés organiques. Une charge excessive et une température élevée (durant l'été en région tempérée) aboutissent à une désoxygénéation des eaux profondes et à une minéralisation partielle des substances organiques. Ce phénomène est d'autant plus inquiétant qu'il sera amplifié par les changements climatiques. Une augmentation de la température moyenne annuelle de minimum 2°C

¹ On peut ici parler d' « eutrophisation artificielle » ou « anthropique, ou encore d' « eutrophication », « dystrophisation par excès » ou « hypertrophisation », ou plus simplement de pollution. L'eutrophisation (tout court) est un terme désignant un phénomène naturel, utilisé à l'origine pour qualifier les processus de vieillissement des lacs accompagnant leur comblement progressif, les faisant passer d'un stade oligotrophe (peu nourri, pauvre en nutriments) à un stade eutrophe (bien nourri, bien pourvu en nutriments). Le stade eutrophe (naturel) caractérise alors un stade optimal en termes de fonctionnement des réseaux trophiques, de productivité et de biodiversité au sein de l'écosystème aquatique.

² Le phosphore, particulièrement ses formes solubles (les orthophosphates) ou potentiellement assimilables, est le principal problème lié à la pollution des cours d'eau et des plans d'eau. En eau douce, l'excès de phosphore (facteur limitant) est la cause majeure des dérèglements trophiques des écosystèmes aquatiques. Par exemple, certains cours d'eau bretons, bien qu'assez riches en nitrates, ne connaissent pas de problèmes trophiques importants dans la mesure où les eaux sont dépourvues de phosphates (J. HAUR Y, com. pers.). En revanche, dans le milieu marin, bien pourvu en phosphore, ce sont l'azote et particulièrement les nitrates qui deviennent le facteur limitant dans la production de biomasse végétale. C'est pourquoi, beaucoup de cours d'eau, qui rejettent des quantités très importantes d'azote, sont une menace importante pour les écosystèmes côtiers.



Milieux aquatiques eutrophisés avec prolifération d'algues filamenteuses - Gravière alluviale en vallée de la Bresle - J. Buchet



Milieux aquatiques eutrophisés avec prolifération d'algues filamenteuses - Marais du Trait - E. Cléré



Fossé eutrophisé avec prolifération de lentilles d'eau - F. Rosanska

semble se profiler pour la Normandie orientale et d'ici 2100, une réduction du débit de la Seine et des cours d'eau du bassin de 30 % est prévue, ce qui entraînerait une augmentation de la concentration des polluants (état initial SDAGE 2016-2021).

La durée du phénomène et l'épaisseur de la couche d'eau anoxique dépendent de la charge organique et de la température (agissant sur le métabolisme bactérien). Si la couche anoxique est suffisamment épaisse, la désoxygénation conduit à une crise de fonctionnement, ou dystrophie, caractérisée notamment par la production de méthane et d'hydrogène sulfuré. Le milieu n'est alors plus propice à la faune et à la flore et seules prolifèrent les bactéries anoxygéniques. En outre, une forte sédimentation des particules accélère le comblement de certains plans d'eau.

L'arrêt ou la réduction des apports anthropiques arrête ou ralentit le processus d'eutrophisation. Le phénomène est cependant irréversible tant que perdure la couche de sédiments où le phosphore est susceptible d'être piégé.

D'autres facteurs de pollution existent : des matières organiques en concentrations excessives (rejets domestiques, industriels et épandages agricoles) qui provoquent une désoxygénation de l'eau, un afflux important de matières en suspension (MES) minérales (l'érosion des sols cultivés induit une forte charge minérale solide en suspension) et organiques (développement excessif du phytoplancton, de la biomasse en bactéries, en particulier hétérotrophes), des matières toxiques (métaux lourds d'origine industrielle ou liés à la corrosion de vieux réseaux de canalisation, hydrocarbures provenant des infrastructures routières, pesticides d'origine agricole, etc.).

Un tel état des eaux n'est pas sans conséquence sur les végétations aquatiques, amphibiens et hygrophiles, voire terrestres mais susceptibles d'être inondées. En effet, dans un écosystème aquatique, une eutrophisation et/ou une pollution organique ou minérale induisent une perturbation spatiotemporelle des cycles biogéochimiques, de la diversité et de la distribution des zoocénoses et des phytocénoses, et de la capacité de ces dernières à assurer la rétention et le recyclage des matières nutritives. Il peut donc s'ensuivre des dysfonctionnements (emballages) plus ou moins importants qui peuvent conduire à des accumulations excessives ou des relargages de matière organique pouvant affecter, plus ou moins gravement, des milieux récepteurs situés en aval.

Ces dysfonctionnements peuvent également conduire à des proliférations végétales (phytoplancton, algues filamenteuses, végétaux supérieurs, avec éventuellement des plantes monopolistes indigènes ou exotiques envahissantes). *In fine*, ces perturbations aboutissent à de graves dérèglements dans la structuration et la diversité des communautés vivantes, voire à des effets de toxicité chronique ou aiguë (cas souvent spectaculaires des mortalités massives de poissons).

Les communautés végétales macrophytiques sont le plus souvent le reflet du niveau trophique de l'eau.

En règle générale, le phénomène d'eutrophisation des eaux induit une augmentation de la richesse floristique jusqu'à un certain seuil où l'équilibre peut être rompu. On assiste

alors à une simplification des phytocénoses, manifestée par le développement prépondérant d'une ou plusieurs espèces qui prolifèrent. Les pollutions organiques et minérales altèrent également les végétations en favorisant les espèces les plus polluotolérantes au détriment des espèces polluosensibles. Les matières en suspension sont aussi un facteur important de régression des végétations aquatiques submergées dans les cours d'eau lentiels des régions de plaine. L'envasement se surajoute à l'eutrophisation dans la majorité des cas sur notre territoire, les deux phénomènes s'auto-entretenant.

Par exemple, les fortes concentrations en phytoplancton sont favorisées par la faiblesse des courants et l'insuffisance du couvert végétal des ripisylves. On constate une forte diminution de la transparence des eaux, donc une réduction de l'intensité lumineuse qui atteint les végétaux immergés. De plus, les matières en suspension et le biofilm composé de bactéries et d'algues microphytiques forment des gangues autour des végétaux vasculaires, limitant, voire bloquant ainsi les échanges gazeux entre les plantes et le milieu. Ce phénomène aboutit à la réduction de l'activité photosynthétique des plantes et à leur mort (en dehors de tout autre facteur toxique). En règle générale, la dégradation de la qualité physicochimique des eaux est due à des facteurs externes aux milieux naturels (pollutions d'origine agricole, industrielle ou domestique).

Néanmoins, ses possibles conséquences, telles que la prolifération de certaines végétations aquatiques, peuvent aussi entraîner une baisse de la qualité de l'eau, soit directement (modification des teneurs en oxygène dissous, élévation du pH, etc.), soit indirectement en ralentissant l'écoulement des eaux (augmentation de la température, diminution de la teneur en oxygène dissous, etc.). Il apparaît donc indispensable de procéder au suivi de la qualité physicochimique des eaux et à son éventuelle amélioration, si l'on veut comprendre et favoriser la richesse et la diversité des groupements végétaux aquatiques, amphibiens et hygrophiles. En outre, les politiques locales de gestion de l'eau et des milieux naturels qui y sont liés doivent désormais prendre en considération la directive cadre Eau³ et la loi du 21 avril 2004⁴ qui donnent la priorité à la protection de l'environnement. La directive cadre demande que les eaux superficielles, souterraines et côtières atteignent un bon état écologique général dans un délai de quinze ans. Ainsi, il est décidé de prévenir toute dégradation et d'améliorer la qualité des écosystèmes :

- en réduisant les rejets de substances prioritaires⁵;
- en supprimant dans les vingt ans au plus les rejets de substances prioritaires dangereuses ;
- en diminuant la pollution des eaux souterraines.

La directive cadre prévoit une obligation de résultats.

Méthodes

Diverses méthodes reposant sur l'analyse de paramètres biotiques ou abiotiques permettent le suivi de la qualité physicochimique des eaux de manière plus ou moins spécifique et complète :

- les analyses physico-chimiques nécessitent de définir, en fonction des objectifs recherchés et du site d'étude (zone agricole, région industrielle, etc.), les paramètres à analyser et la fréquence des analyses. À des fins de compréhension de l'état des phytocénoses présentes, la charge eutrophisante (nitrates, orthophosphates, phosphore total, ammonium), la pollution organique (appréciée notamment par la mesure de l'oxygène dissous et de son pourcentage de saturation, la demande chimique en oxygène et la demande biologique en oxygène sur cinq jours), la température et le pH doivent être absolument connus. D'autres mesures supplémentaires peuvent s'avérer utiles selon le contexte : teneur en MES ou transparence de l'eau (disque de Secchi), paramètres du degré de minéralisation de l'eau (conductivité, dureté, titre alcalimétrique et titre alcalimétrique complet, etc.), polluants divers (pesticides, hydrocarbures, métaux lourds, etc.). Le prélèvement d'une eau souterraine à des fins d'analyse nécessite le plus souvent l'utilisation de piézomètres ;
- les indicateurs biologiques peuvent être étudiés en complément des analyses physicochimiques car ils présentent l'avantage d'intégrer le facteur temps (témoins de pollutions passées) : IBGN (indice biologique global normalisé) qui est basé sur l'étude du peuplement de la macrofaune benthique, IBD (indice biologique diatomique), indice poissons, IO BS et IO GS (indice oligochète biologie des sédiments et indice oligochète des sédiments grossiers), indice mollusques, et en particulier l'indice biologique macrophytique en rivière (indicateur floristique normalisé de la qualité trophique des eaux).

Dans le cas des cours d'eau, les analyses physico chimiques de l'eau permettent de situer l'état de la rivière parmi cinq classes de qualité d'eau. Les actions qui viseront à améliorer la qualité physicochimique de l'eau devront toujours chercher à atteindre la situation de référence qui correspond à une très bonne qualité d'eau.

Les actions visant à améliorer la qualité physicochimique de l'eau, si elles se veulent efficaces par la conjugaison de leurs effets, doivent être entreprises sur la base d'un diagnostic préliminaire réalisé à l'échelle du bassin versant du cours d'eau ou de la zone humide considérée. Ce diagnostic doit permettre la localisation des sources de pollution de l'eau : rejets ponctuels (issus des stations d'épuration, des réseaux de collecte des eaux pluviales, de diverses vidanges, etc.) ou diffus (pollutions d'origine

³ Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau.

⁴ Loi n° 2004-338 du 21 avril 2004 portant transposition de la directive 2000/60/CE.

⁵ En application de la directive cadre, une première liste de 33 substances a été adoptée comprenant des métaux, des pesticides et des hydrocarbures (décision n° 2455/2001/CE du 20 novembre 2001).

agricole, lessivage des infrastructures routières, fuites issues de sites industriels). Pour des systèmes importants, on peut s'appuyer sur le réseau national de bassin et les règles du Système d'évaluation de la qualité des eaux superficielles (SEQ-Eau) pour délimiter la zone où les rejets doivent être inventoriés prioritairement. (Le SEQ-Eau, est un outil pour caractériser l'état physico-chimique des cours d'eau, utilisé en France, par les services de l'État et les collectivités pour évaluer la qualité des eaux et depuis le début des années 2000 par tous les acteurs de l'eau). Les limites du bassin d'alimentation en eau étant connues, il faut dresser l'inventaire des rejets et les évaluer. Le recensement de terrain des rejets ponctuels, permanents ou sporadiques, est réalisé à la fois par temps sec et par temps de pluie pour repérer d'éventuels déversements ; puis ces rejets sont analysés en terme de quantité et de fréquence.

Classe de qualité	Qualité	Interprétation
bleu	très bonne	situation de référence
vert	bonne	pollution possible
jaune	moyenne	pollution certaine
orange	médiocre	Pollution forte
rouge	mauvaise	Pollution très forte

Classes de qualité de l'eau des cours d'eau - selon le SEQ-EAU

	bleu	vert	jaune	orange	rouge
1 - MATIERES ORGANIQUES OXYDABLES					
Oxygène dissous (mg/l)	8	6	4	3	
Taux de saturation en oxygène dissous (%)	90	70	50	30	
Demande biologique en oxygène : $[DBO_5]$ (mg/l O_2)	3	6	10	25	
Demande chimique en oxygène : $[DCO]$ (mg/l O_2)	20	30	40	80	
2 - MATIERES AZOTEES ET PHOSPHOREES					
Ammonium $[NH_4^+]$ (mg/l NH_4)	0,1	0,5	2	5	
Nitrates $[NO_3^-]$ (mg/l NO_3)	2	10	25	50	
Orthophosphates $[PO_4^{3-}]$ (mg/l PO_4)	0,1	0,5	1	2	
Phosphore total (mg/l P)	0,05	0,2	0,5	1	
3 - EFFETS DE LA PROLIFERATION VEGETALE					
Chlorophylle a + phéopigments ($\mu g/l$)	10	60	120	140	
4 - PARTICULES EN SUSPENSION					
Matières en suspension [MES] (mg/l)	2	25	38	50	
Turbidité (NTU)	1	35	70	100	
Transparence SECCHI (cm)	600	160	130	100	
5 - ACIDIFICATION					
pH	min annuel	6,5	6	5,5	4,5
	max annuel	8,2	9	9,5	10
6 - MINERALISATION					
Conductivité ($\mu S/cm$)	min	180	120	60	0
	max	2500	3000	3500	4000

Seuils des classes de qualité d'eau pour quelques paramètres - selon le SEQ-EAU



Exemples d'aménagements permettant de réduire les phénomènes d'érosion, de ruissellements, mais aussi les transferts de polluants : 1. Bassin de prévention des inondations dans le pays de Caux



Exemples d'aménagements permettant de réduire les phénomènes d'érosion, de ruissellements, mais aussi les transferts de polluants : 2. Bassin d'épuration dans le pays de Caux - A. Dardillac

Le travail de terrain doit être couplé à une enquête auprès des administrations compétentes en police des eaux. Les rejets diffus d'origine agricole sont calculés sur la base de l'occupation du sol du bassin versant. La connaissance des données climatiques (pluviométrie, évapotranspiration), des coefficients de ruissellement et des quantités d'intrants épandus sur les cultures, permet de calculer les volumes ruisselés et d'estimer les quantités de polluants arrivant dans le milieu récepteur. Les rejets diffus de métaux lourds et d'hydrocarbures par lessivage des routes peuvent aussi être estimés. Une fois l'ensemble des rejets identifiés, quantifiés et cartographiés, leurs effets sur les milieux aquatiques et semi-aquatiques doivent être évalués par la mise en œuvre des méthodes précédemment énumérées.

Les rejets identifiés et leurs effets estimés, le gestionnaire connaît alors les sources de pollution mises en cause dans le dysfonctionnement du cours d'eau ou de la zone humide dont il s'occupe. Il peut alors fixer des objectifs et définir les moyens à mettre en œuvre pour les atteindre dans le cadre d'un programme de gestion (contrat de rivière, plan de gestion de sites, réserve naturelle, etc.). Les actions proposées doivent être compatibles avec les orientations du SDAGE (Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux 2016-2021 du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands) ou du SAGE (Schéma d'aménagement et de gestion des eaux), dès qu'ils existent. Elles visent cependant le plus souvent à améliorer la qualité des rejets dans le milieu récepteur et plus rarement à limiter les pollutions à la source :

- application scrupuleuse de la réglementation en vigueur (contrôles réguliers) ;
- mise en place de stations d'épuration ou amélioration (parfois très importante) de celles existantes (eaux usées domestiques ou industrielles) ;
- mise en place d'une politique contractuelle incitative de pratiques agricoles plus respectueuses de l'environnement, subventionnées dans le cadre de mesures agri-environnementales : maintien ou restauration de prairies gérées de manière extensive grâce à une limitation ou une suppression des intrants, entretien ou restauration des haies, voire une politique plus volontariste visant à la conversion à l'agriculture biologique, etc. ;
- mise en place dans les zones rurales d'un service pour l'assainissement non collectif ;

- conservation ou restauration de zones humides en zones inondables ;
- mise en place de zones tampons le long des cours d'eau ou des milieux naturels sensibles : ripisylves, bandes enherbées, prairies, etc. ;
- amélioration du fonctionnement hydrologique et morphodynamique des cours d'eau (rôle d'auto-épuration de certains compartiments de l'hydrosystème tels que les forêts alluviales, les annexes hydrauliques, les prairies hygrophiles et autres espaces alluviaux inondables, - voir fiches de gestion correspondantes).

Limites et précautions

- Coûts des analyses physicochimiques *in situ* (obligatoire pour certains paramètres) ou en laboratoire agréé ;
- la détermination de l'état de pollution d'un cours d'eau et de son évolution est difficile car la qualité de l'eau est variable dans le temps (variation du débit des cours d'eau qui influe sur les concentrations, l'évolution journalière de la teneur en oxygène dissous, du pH, de l'alcalinité, de la teneur en certains éléments comme l'ammonium ou les nitrates, notamment sous l'effet de l'activité photosynthétique, de la température, de la pluviométrie, mais aussi de l'évolution des rejets de façon cyclique ou aléatoire, etc.). L'idéal serait une fréquence de mesures suffisante pour tenir compte des différents cycles naturels (une mesure mensuelle semble être un bon compromis entre coût du dispositif et qualité des résultats) et une analyse des résultats sur plusieurs années, ainsi que des protocoles de mesures en continu pour les paramètres à forte variabilité journalière ;
- indicateurs biologiques nécessitant l'intervention de spécialistes ;
- limites d'utilisation de l'IBMR dans les zones où les macrophytes sont naturellement peu développés (par exemple grands cours d'eau profonds et/ou turbides comme la Seine), en estuaire, dans les secteurs où l'observation directe est impossible, dans les tronçons où les macrophytes sont rares, etc. ;
- la plupart des mesures d'amélioration de la qualité physico-chimique de l'eau vise uniquement à améliorer la qualité des rejets et ne s'attaque pas aux causes de la pollution ;
- les mesures agri-environnementales sont développées dans le cadre de contrats à durée déterminée (cinq années pour les mesures agri-environnementales) qui ne garantissent pas la pérennité de leur mise en œuvre, une fois le contrat arrivé à son terme. De surcroît, une étude menée par l'INRA (STREYAERT, 2003) sur l'impact des politiques publiques agri-environnementales sur l'évolution des exploitations agricoles dans les marais de l'Ouest a montré que les mesures agri-environnementales n'infléchissaient pas sur le long terme les orientations des systèmes de production des exploitations. Le choix stratégique des agriculteurs reste l'intensification et l'agrandissement de leur

exploitation, avec au final un abandon total des activités d'élevage au profit de grandes cultures. Il s'explique par les montants des aides aux surfaces en herbe nettement inférieurs à ceux des surfaces en culture et par l'augmentation des revenus des agriculteurs avec l'accroissement de la part des cultures de vente sur la surface agricole utile.

L'aménagement des bassins-versants agricoles, en plus de la réduction des apports d'éléments polluants physiques ou chimiques issues des zones urbanisées, reste la clef principale de toute l'évolution des zones humides de nos régions de plaines.

Il est en effet fondamental d'inciter et d'aider (financièrement et techniquement) les agricultures à opter pour des pratiques limitant les risques d'érosion et de transfert des polluants, en particulier en conservant et en restaurant les surfaces toujours en herbe, les éléments fixes du paysage comme les haies, talus, bosquets, mares, fossés etc. Des mesures agri-environnementales de grande ampleur doivent être mises en place à l'échelle des bassins-versants des zones humides les plus sensibles afin de contrecarrer l'évolution générale négative de la qualité des eaux dans les zones humides de Normandie orientale (en dehors de quelques rivières et de la Seine dont la qualité des eaux s'améliore petit à petit).

Suite aux graves inondations de 1997 à la Vaupalière et 2000 à Barentin, de nombreuses mesures d'aménagements des territoires agricoles cultivés ont été mis en place sur plusieurs bassin-versants (bassin de rétention, bassins d'épuration, replantation de haies, bandes enherbées, etc.), tout particulièrement sur celui de l'Austreberthe et du Saffimbec, de la Lézarde, de la Bresle, etc. Si ces aménagements ne compensent pas les importantes réductions des surfaces prairiales et des linéaires bocagers de ces dernières années, ils sont cependant très positifs en termes de réduction des phénomènes d'érosion et de ruissellement.

Bibliographie

- AESN, 2015, 2016
 BROYER & PRUDHOMME, 1995
 FOISIL, DURBEC, FOUGEIRO L, MICHELOT & MORAND, 2002
 JOSIEN & TORT, 1994
 GRASMÜCK, HAURY, LEGLYZE & MULLER, 1993
 HAURY, PELTRE, MULLER, THIÉBAUT, TRÉMOLIÈRES, DEMARS, BARBE, DUTARTRE, DANIEL, BERNEZ, GUERLESQUIN & LAMBERT, 2000
 KLEIN, GEISSERT, TRÉMOLIÈRES & CARBIENER, 1990
 LABADZ, BUTCHER & SINNOTT, 2002
 LACHAT, 1991
 MESLEARD & PERENNOU, 1996
 PIEGAY, PAUTOU & RUFFINONI, (Coord.), 2003
 POURRIOT & MEYBECK, (Coord.), 1995
 RAPPE, 1993
 ROBACH, EGLIN & CARBIENER, 1991
 STEYAERT, 2003
 WATTEZ & WATTEZ, 1999

Dynamique fluviale et espace de liberté



Objectifs

- restaurer les dynamiques spatio-temporelle physique et biologique des cours d'eau ;
- restaurer les connexions écologiques entre le lit mineur des cours d'eau et les espaces alluviaux latéraux de l'hydrosystème (bras morts, anciens méandres etc.) ;
- restaurer les conditions écologiques favorables aux communautés végétales liées aux écotones ou nécessitant des fluctuations du niveau d'eau ;
- optimiser les conditions d'accueil de la flore et de la faune et améliorer la biodiversité.

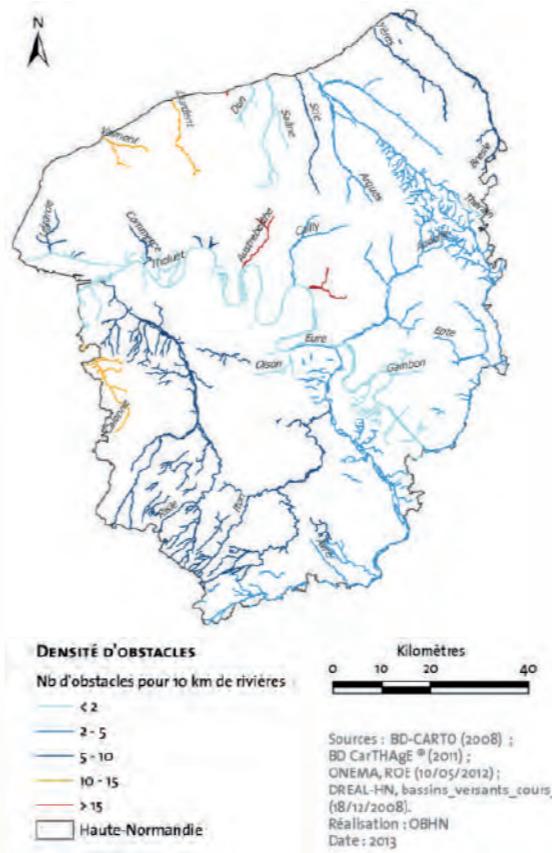
De tels objectifs ne sont compatibles que si d'autres problématiques sont réglées par ailleurs, en particulier vis-à-vis de la qualité de l'eau.

Contexte

En 2012, l'Observatoire de la biodiversité de Normandie publie un constat alarmant sur la fragmentation des cours d'eau de la Normandie orientale. En effet, l'ancienne Haute-Normandie est le deuxième territoire de France métropolitaine dont les cours d'eau sont les plus fragmentés. En 2012, on comptait un obstacle tous les 2 km sur le lit des rivières. Les seuils en rivière constituent 88 % de ces obstacles.

Les vallées de l'Astreberthe et de la Calonne semblent les plus concernées par cette fragmentation (en dehors des fleuves côtiers).

À cela s'ajoute, l'artificialisation des cours d'eau et des berges en particulier.



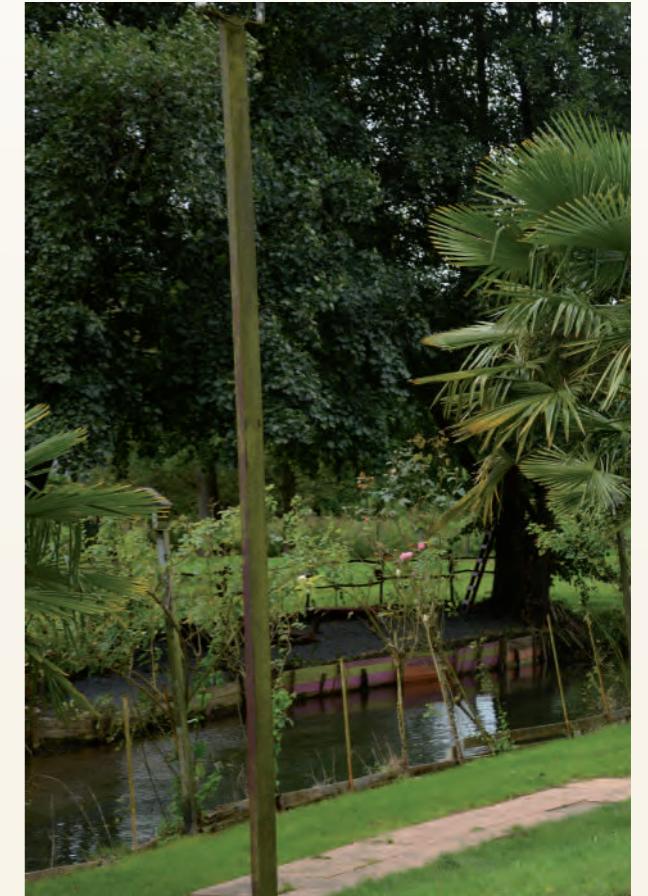
La fragmentation des cours d'eau sur le territoire haut-normand



Le Fourneau, cours d'eau dont le tracé a été artificialisé par canalisation, rectification et surcreusement (faisant actuellement l'objet d'un projet de restauration par reméandrage) - CenSN / C. Archeray

La notion de dynamique fluviale ne peut être abordée sans redéfinir le concept d'hydrosystème fluvial (ROUX, 1986 ; AMOROS et PETTS, 1993). Il concerne l'ensemble des communautés aquatiques, semi-aquatiques et terrestres épigées et hypogées de la plaine alluviale. Il met l'accent sur les échanges et les flux entre les différents compartiments et par conséquent sur l'importance de l'espace et du temps. Les flux, essentiellement véhiculés par l'eau, correspondent à trois dimensions :

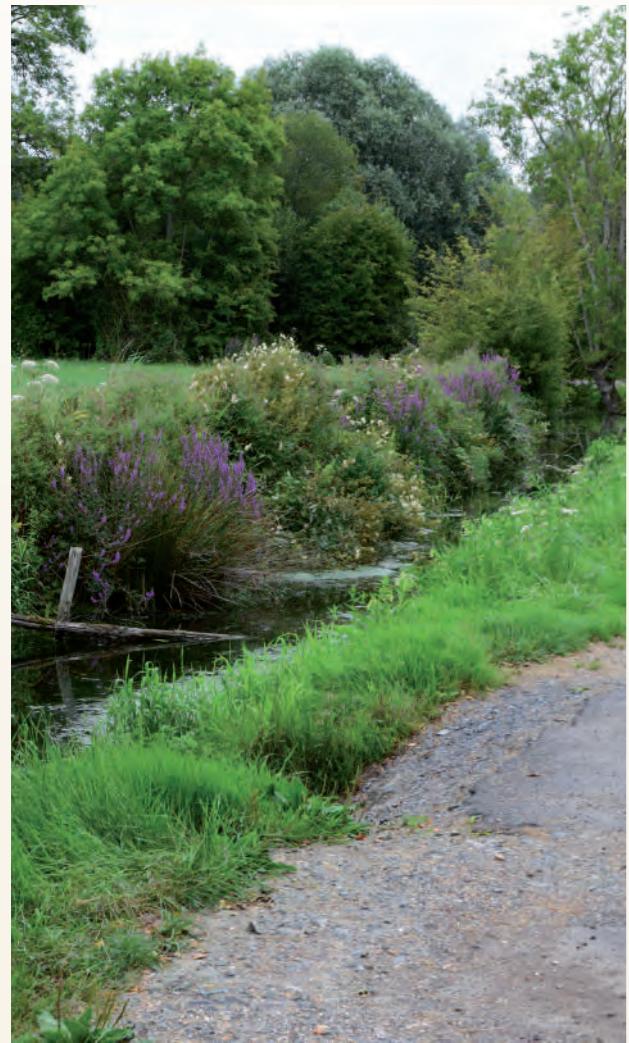
- longitudinale : dimension amont-aval (voire aval-amont) par laquelle s'effectue le transit des débits liquides et solides (sédiments), mais également les flux énergétiques (énergies mécanique et cinétique liées au courant, énergie thermique liée à la température de l'eau, énergie potentielle assurée par le transport de matières particulières ou dissoutes, de nutriments, de diaspores ou autres propagules comme les œufs, larves ou insectes, etc.) ;
- transversale : dimension où s'expriment en partie les flux énergétiques du chenal principal vers les marges de la plaine alluviale, entre les différents compartiments de l'hydrosystème, entre les différentes structures géomorphologiques (îles, marais périphériques, autres annexes hydrauliques, etc.), mais aussi du versant et de la plaine alluviale ou encore des berges vers le chenal ;
- verticale : dimension liée à la topographie et à l'hydrologie, aux fluctuations de la nappe alluviale, aux remontées d'eaux capillaires, etc.



Aménagement des berges du cours d'eau dans un but paysager et de loisirs, réduisant à néant l'espace de liberté, vallée de la Durudent - J. Buchet

Ces différents flux assurent des échanges d'informations et des transferts d'énergie entre les différentes biocénoses de l'hydrosystème. Les transferts amont-aval de matière et d'énergie (flux longitudinaux) sont sous l'étroite dépendance des flux latéraux, grâce aux systèmes de rétention très efficaces que sont les écotones (NAIMAN & DÉCAMP, 1990).

Les écotones forment les frontières entre deux types très différents d'écosystèmes, par exemple entre eau et forêt ou eau et prairie. Cette frontière est sujette à d'actives interactions entre les deux milieux, qui lui sont propres. De ces systèmes de rétention a été déduit le concept de « flux en hélice » des nutriments (WEBSTER, 1975). Les nutriments (à base de carbone, azote et phosphore) sont successivement assimilés à l'amont, puis stockés (entre autre au sein des espaces suffisamment à l'abri des courants), recyclés et enfin relargués vers l'aval, passant plusieurs fois de l'état de matière vivante à la forme minérale. Le cycle de la matière ne se passe donc pas dans un espace fixe, mais il est affecté d'une translation de l'amont vers l'aval. Plus les éléments nutritifs sont retenus dans une « hélice », plus le tronçon de l'hydrosystème où se passent ces échanges est productif. Les bras morts, les marais périphériques ou autres annexes hydrauliques, qui freinent l' entraînement des éléments nutritifs vers l'aval par le cours d'eau, sont donc très productifs (AMOROS & PETTS, 1993).



Ruisseau canalisé en vallée de la Risle - A. Dardillac

Au sein de l'hydrosystème fluvial, autrement dit de la plaine alluviale (ensemble lit mineur + lit majeur), on a délimité un « espace de liberté » ou « espace de mobilité » (MALAVOI & SOUCHON, 1996) défini comme l'espace du lit majeur d'une rivière à l'intérieur duquel le ou les chenaux fluviaux assurent des translations latérales permettant une mobilisation des sédiments ainsi qu'un fonctionnement optimal des écosystèmes aquatiques et terrestres. Cet « espace de liberté » dépend :

- de la nature du cours d'eau, des conditions géomorphologiques de sa vallée (largeur, pente, versants, etc.) ;
- des conditions hydrologiques, de l'importance de l'alimentation phréatique et du régime des cours d'eau (toujours pluvial dans la région) ;
- de la nature des processus d'érosion, de transport et de dépôts sédimentaires des alluvions ;
- du style fluvial (rivières à chenal unique plus ou moins sinuex à méandriforme, à chenaux multiples en anamorphoses ou en tresses) ;
- de la nature et de l'importance des actions et aménagements anthropiques (y compris l'occupation des sols) des espaces riverains et de la plaine alluviale qui ont plus ou moins limité voire supprimé cet « espace de liberté ».

Des rivières et des fleuves encore « sauvages » en Normandie orientale ?

La Seine est un des plus grands fleuves d'Europe mais depuis les années 1950 son lit subit d'importantes modifications d'origine anthropique. Ce sont les berges en aval qui ont été les plus artificialisées, ainsi plus de 55 % sont « revêtues » (digues, berges artificielles, etc.) et seulement 12 % sont encore naturelles. Dans ce contexte, la Seine est très entravée dans sa dynamique naturelle. C'est d'autant plus marquant sur le tronçon en aval de Rouen.



Artificialisation des berges de la Seine - (d'après le GIP Seine-Aval, 2011)

Méthodes

La mise en œuvre de mesures visant à améliorer ou à restaurer la dynamique fluviale n'est pas simple. Elle ne peut se faire que dans le cadre d'études spécifiques des cours d'eau concernés au sein de leur bassin versant. Ces études doivent prendre en compte :

- la géologie, les sols, la géomorphologie précise du cours d'eau et de son bassin versant ;
- l'occupation des sols ;
- les caractéristiques précises du cours d'eau (géométrie, hydrologie quantitative et qualitative, style fluvial, etc.) ;
- les végétations du cours d'eau, des rives et des zones connexes, l'inventaire des principaux peuplements des différents compartiments biologiques ;
- la qualité physico-chimique des eaux des différents compartiments de l'hydrosystème fluvial ;
- l'inventaire complet des différents usages du cours d'eau.

Après de telles études globales et après concertation, on peut entrer dans la phase de réalisation. Parmi les actions que l'on peut proposer, on pourra retenir :

- la restauration du profil en travers du cours d'eau : passage d'un profil trapézoïdal vers un profil plus naturel moins encaissé, avec des berges diversifiées à pentes et hauteurs variables, gabarit non surdimensionné, géométrie du lit variée, lame d'eau d'épaisseur variable, etc. ;
- la restauration du profil en long, par la diversification des faciès d'écoulement (alternances de zones profondes et de hauts fonds, de zones à courant lent à nul et de zones à courant plus vif, etc.) ;
- la diversification des microhabitats pour la faune ou la végétation en lien avec les substrats (végétaux et minéraux) et les vitesses de courant, la création de zones d'abris artificiels ou naturels pour la faune piscicole (berges sous-cavées), le maintien ou la stabilisation d'embâcles végétaux favorables à la faune aquatique ;



Diversification des substrats et des niveaux du lit mineur du cours d'eau, lors de la reconstitution d'un ancien bras de la Bresle, le Tréport (76)

- CenNS / C. Archeray

- le retour à un tracé davantage sinueux des cours d'eau, en favorisant localement et de façon différentielle des zones de berges érodées et les zones de dépôts et d'atterrissements ;
- la recréation de connexions latérales avec les annexes hydrauliques et autres zones humides de la plaine alluviale.

Fondé sur une cartographie fluviale particulière, « l'espace de liberté » est caractérisé par un « espace de liberté potentielle », une sectorisation longitudinale et un zonage des secteurs les plus instables. Ainsi, il est défini par l'espace de divagation maximale théorique du cours d'eau et par la gestion qui permet de définir l'espace minimal à préserver pour permettre au cours d'eau de conserver son potentiel d'ajustement en plan et en long en fonction de l'évolution des débits liquides et des débits solides (MALAVOI & SOUCHON, 1996).

Dans le cas des cours d'eau canalisés, la reconquête de leur espace de liberté passe obligatoirement par des opérations lourdes et volontaristes du type de celles qui ont été menées depuis un peu plus d'une dizaine d'années en Allemagne, en Belgique ou aux Pays-Bas, notamment sur les bassins versants de la Meuse et du Rhin (MIDDELKOOP & VAN HASELEN, 1999 ; GROOTJANS & VAN DIGGELEN, 2002 ; VAN ROOY & VAN WEZEL, 2003).

Il s'agit de travaux de renaturation écologique passant par des réhabilitations complètes, voire des créations de bras morts ou de chenaux actifs au sein des plaines alluviales des cours d'eau, dans le respect des obligations de navigation. Ces travaux ont été aussi et surtout initiés dans le cadre de la lutte contre les inondations, en partant du principe qu'une plaine alluviale, réalimentée par les crues et fonctionnelle sur le plan écologique, participait activement à la rétention des eaux en limitant les effets néfastes dus aux pics de crue.

De telles considérations sont désormais à prendre en compte dans la gestion et l'aménagement des cours d'eau en Normandie orientale. D'autant plus dans un contexte de changement climatique, où les phénomènes de crues sont annoncés plus fréquents et plus forts (GIEC, 2019), le rétablissement des relations entre les cours



Remise en eau de la Fontenelle dans son lit d'origine à Saint-Wandrille-Rançon (76), après travaux de recréation et reméandrage de son lit mineur- PNRBSN / F. Rozanska

d'eau et leurs zones humides adjacentes est primordial pour atténuer le niveau d'intensité des crues. Depuis les années 2000, de nombreux chantiers ont ainsi été menés sur la région, et peuvent servir de références. Parmi ces projets, quelques exemples peuvent être cités. La remise en eau de l'ancien lit du Fouillebroc à Touffreville (76) ou le retour de la Fontenelle dans son ancien lit d'origine à Saint-Wandrille-Rançon (76). Une section de l'Iton à Hondouville (27) a également fait l'objet d'un arasement de divers ouvrages hydrauliques faisant obstacle à la

continuité sédimentaire et biologique (vannes, radiers, déversoir, etc.), d'un curage et d'un terrassement des berges en pentes douces. Les anciens bourrelets de berges ont été décapés afin de créer une zone humide sur la parcelle contiguë à l'Iton. Après quelques années de suivi, le transport sédimentaire, autrefois perturbé par les ouvrages, est rétabli et la restauration de la prairie offre à l'Iton un champ d'expansion des crues.



Restauration de berges et d'une zone humide en continuité avec l'Eure sur l'île du Roi à Val-de-Reuil (27). Décaissement en paliers d'une banquette en surplomb de l'Eure, anciennement colonisée par une végétation rudérale et nitrophile sans connexion avec le cours d'eau, afin de favoriser l'inondation de la zone la plus proche lors des petites crues puis une submersion progressive de l'ensemble des paliers lors des crues plus importantes - Travaux réalisés par la Communauté d'Agglomération Seine-Eure.

1. État initial, 2. Pendant travaux, 3. Après travaux, 4. Recolonisation de la végétation et inondation des berges - L. Morin

Limites et précautions

Les objectifs de la restauration de la dynamique fluviale sont bien de rendre aux cours d'eau l'ensemble de leurs fonctionnalités écologiques et de favoriser par ce biais la biodiversité taxonomique de tous les groupes biologiques et la biodiversité phytocénétique (traduisant, la plupart du temps, la diversité des biotopes). À la différence des espèces, furent-elles « indicatrices », « cibles » ou encore « emblématiques », les communautés végétales traduisent bien la diversité écologique globale des hydrosystèmes (PAUTOU & PONSOERO, 1996, CORNIER, 1999, 2002 ; PIEGAY et al., 2003). Par ailleurs, la relative aisance avec laquelle on peut appréhender la végétation rend son utilisation en tant qu'indicateur assez pratique à mettre en œuvre dans le cadre de la gestion des hydrosystèmes.

Il convient de souligner que la gestion ou la restauration écologique qui ne prendraient pas en compte l'ensemble des paramètres du fonctionnement des hydrosystèmes pourraient conduire à de graves impasses. Par exemple, la reconnexion d'annexes hydrauliques fluviales en vue de restaurer des sites de pontes pour le Brochet (prairies hygrophiles ou marais périphériques) peut se traduire par une perte, parfois irrémédiable, de biodiversité, si l'on ne tient pas compte de la qualité physicochimique des eaux ou du risque de prolifération d'espèces invasives comme les jussies.

Ainsi, les eaux du milieu principal (qui vont pénétrer dans l'annexe hydraulique grâce aux travaux de reconnexion) peuvent être de mauvaise qualité, alors que les eaux de l'annexe hydraulique, parfois issues de la nappe phréatique alluviale, peuvent être de bien meilleure qualité et héberger une flore, une faune et une végétation sensibles à la pollution ou à l'enrichissement trophique (CORNIER, 2002). Ce qui est presque toujours le cas dans les marais tourbeux alcalins de Normandie orientale, et a fortiori dans les marais tourbeux acides.

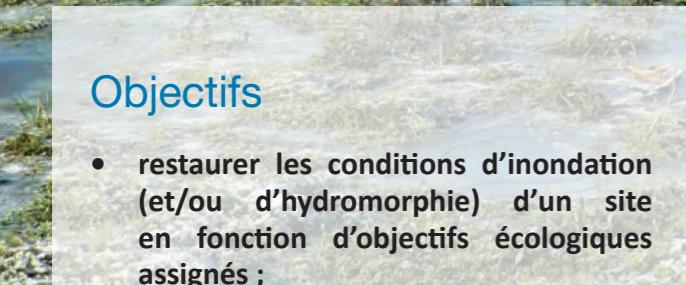
Bibliographie

- AMOROS & BORNETTE, 1999
- AMOROS & PETTS (sous la direction de), 1993 BOYER, 1998
- CARBIENER & TRÉMOLIÈRES, 2003
- CARBIENER, SANCHEZ-PEREZ & TRÉMOLIÈRES, 1991
- CORNIER, 1999
- CORNIER, 2002
- DOWNS, SKINNER & KONDOLF, 2002
- DUFOUR & PIÉGAY, 2004
- DUTARTRE, 1991
- GIEC, 2019
- GILBERT, 2000
- GROOTJANS & VAN DIGGELEN, 2002
- MALAVOI & SOUCHON, 1996
- MIDDELKOOP & VAN HASELEN, 1999
- PAUTOU & PONSOERO, 1996
- PIEGAY, PAUTOU & RUFFINONI (sous la direction de), 2003
- VAN ROOY & VAN WEZEL, 2003

Gestion des niveaux d'eau

Objectifs

- restaurer les conditions d'inondation (et/ou d'hydromorphie) d'un site en fonction d'objectifs écologiques assignés ;
- favoriser le maintien ou le développement de végétations aquatiques ou amphibiennes ;
- favoriser les espèces animales ayant pour habitats ces végétations (avifaune paludicole, entomofaune, faune piscicole, etc.) ;
- favoriser le rechargement des nappes alluviales en période de hautes eaux.



Prairie humide, inondée en hiver, Giverny (27) - CenNS / E. Vochelet

Contexte

L'hydrologie est un des facteurs les plus importants dans le maintien et la restauration des milieux humides et de leur fonctionnement.

Celle-ci, en relation avec la topographie et les caractéristiques des substrats (nature et texture édaphiques, trophies du sol et de l'eau), influe sur la diversité et la distribution des communautés prairiales, amphibiennes, forestières, etc.

Certaines espèces amphibiennes, comme *Phalaris arundinacea* par exemple, sont tributaires des variations saisonnières du niveau d'eau pour réaliser leur cycle. En effet, si cette espèce peut vivre une partie de l'année sous une profondeur atteignant 25 cm d'eau, la plantule a besoin d'être sur un sol sec au printemps pour germer.

Le niveau moyen et les variations saisonnières de la nappe phréatique sont des paramètres majeurs dans le déterminisme des espèces et des communautés hygrophiles.

L'engorgement du substrat, la mauvaise dégradation de la matière organique et/ou la perturbation profonde qui résultent de l'alternance d'une saison sèche et d'une saison engorgée, génèrent des contraintes profondes auxquelles les espèces doivent s'adapter. La

flore et la faune d'une zone humide sont spécifiques et profondément adaptées aux conditions locales. Des perturbations dans les régimes hydriques naturels d'une zone humide engendrent souvent une grande perte de biodiversité, bouleversant de plus le fonctionnement de certaines communautés végétales voire de l'ensemble

des végétations hygrophiles d'origine. Ceci est tout particulièrement net pour les zones tourbeuses. La tourbe, issue de la non décomposition des végétaux accumulés, peut être rapidement décomposée si les périodes d'exondation trop longues et trop fréquentes font disparaître les conditions anoxiques.



Roselière à *Glyceria maxima*, milieu tributaire d'une inondation prolongée - A. Dardillac



Ruisseau traversant une zone humide permettant le maintien des roselières et des mégaphorbiaies attenantes, Normanville (76) - A. Dardillac



Plan d'eau à *Utricularia gr. australis*, dépendant d'un niveau d'eau important et stable au cours de l'année pour éviter l'envasissement par *Phragmites australis* et la disparition de cette végétation très sensible, Bouquelon (27) - A. Dardillac

Dans nos régions de plaine, nombreux sont les exemples de dysfonctionnement hydrologique des zones humides d'origine anthropique :

- drainage de marais considérés comme improductifs pour les valoriser d'un point de vue agricole ou sylvicole, pompage excessif dans les nappes, etc. ;
- rythmes d'inondation perturbés, voire supprimés suite aux différents aménagements de la rivière (recalibrages, barrages, seuils, écluses pour la navigation, bief pour le fonctionnement des moulins etc.) ;
- cycle naturel des hautes et des basses eaux inversé dans le but de favoriser des activités particulières (cynégétiques, agricoles, etc.).

De ces perturbations, le drainage reste une des plus impactantes et des plus fréquentes à l'échelle du territoire. Les secteurs du marais Vernier, du pays de Bray, des plaines alluviales de la Seine, de l'Eure et de la Risle sont tout particulièrement concernés.

Le drainage désigne l'ensemble des travaux d'aménagements hydro-agricoles réalisés sur un secteur pour supprimer ou réduire les excès d'eau.

Ces aménagements reposent essentiellement :

- sur des fossés à ciel ouvert, creusés plus ou moins profondément, ce type d'aménagement s'observe au sein de zones humides telles que landes, tourbières, prairies marécageuses, etc. ;



Schéma d'un réseau de fossé à ciel ouvert



Fossé de drainage au sein de pâtures afin de les rendre plus longtemps accessibles au bétail – Vallée de la Risle – A. Dardillac

- sur des réseaux de drains agricoles enterrés, ce type d'aménagement est coûteux et requiert une certaine technicité, il est associé à une intensification des pratiques agricoles, aussi, il est plutôt observé sur prairies et sur labours en zone humide. Le réseau de drains enterrés présente en général une structure en arête de poisson comprenant des canalisations en PVC perforées ou en terre cuite (pour les réseaux les plus anciens) qui sont raccordées à un collecteur.



Schéma d'un réseau de drainage agricole enterré

À ces perturbations anthropiques directes s'ajoutent, depuis les dernières décennies, des perturbations climatiques sérieuses (certes elles aussi d'origine anthropique, mais plus indirectes) : inondations exceptionnelles (hexadécennales) de 2015-2016 en vallée de la Seine, sécheresses estivales de 2003 et 2006, sécheresse hivernale en 2016-2017 qui entraîne un niveau très bas des nappes phréatiques notamment dans le département de Seine-Maritime, etc.

Ces perturbations peuvent avoir des conséquences dramatiques sur les milieux et les espèces qu'ils abritent. On peut citer par exemple l'arrêt du processus de turbification pour les tourbières et la disparition des espèces turfiques souvent d'intérêt patrimonial majeur. L'assèchement entraînant une nette évolution des végétations hygrophiles et mésohygrophiles vers des végétations plus eutrophiles, une déconnexion de certaines annexes alluviales empêchant la reproduction de certaines espèces de poissons menacés (brochet), une augmentation du risque de crises de botulisme dans les marais permanents, etc.



Drain et fossé de drainage récupérateur, Marais Vernier (27) - A. Dardillac

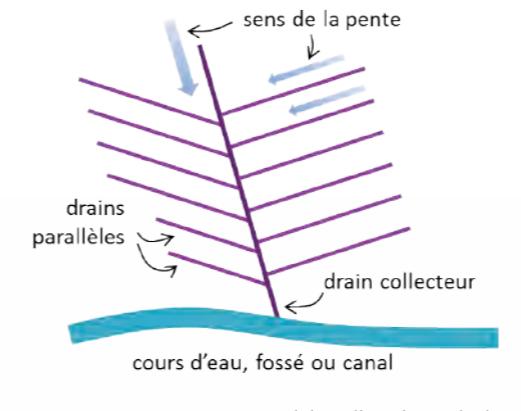


Schéma d'un réseau de drainage

Pour autant, l'objectif ne doit pas forcément être de limiter le plus possible les écarts hydrologiques dans toutes les zones humides. Les fonctionnements très dynamiques naturels doivent, au contraire, être conservés et même restaurés.

Tout gestionnaire de zones humides est donc confronté à la difficulté de devoir préserver et/ou restaurer des fonctionnements hydrologiques du milieu les plus proches possibles des fonctionnements naturels antérieurs à l'anthropisation des zones humides, qui parfois peuvent remonter à l'époque gallo-romaine voire au-delà.

En cas de dysfonctionnement d'une zone humide, le gestionnaire doit autant que faire se peut procéder à sa restauration hydrologique, avant d'engager toute autre mesure de restauration écologique ou de gestion conservatoire. Il est important par la suite de continuer à s'assurer de la bonne gestion des niveaux d'eau en mettant en place des suivis.

Méthodes

La gestion des niveaux d'eau va dépendre du ou des objectifs recherchés. Veut-on faire se développer ou au contraire régresser telle ou telle communauté végétale et telle ou telle espèce ? Cherche-t-on à favoriser une diversité biologique optimale du site (en relation avec les potentialités écologiques des différents milieux) ou bien des mosaïques d'habitats spécifiques en lien avec des usages particuliers (pêche, chasse, coupe des roseaux, pâturage, frayères, etc.) ?

Une fois les objectifs identifiés, il convient de bien connaître les besoins hydrologiques des communautés végétales visées.

En toute rigueur, la gestion doit tenir compte des apports (pluie, ruissellement ou écoulement de surface, nappe) et des pertes (évapotranspiration, infiltration, exutoire, fuites éventuelles). En effet un bilan hydrologique du site est souvent nécessaire (dans l'idéal sur plusieurs années hydrologiques différentes), ce qui est rarement facile à faire dans le cadre des plans de gestion. À défaut, il faut au moins connaître le fonctionnement des eaux de surface sur le site considéré. Pour cela, un suivi des niveaux d'eau doit être mis en place afin d'appréhender l'hydrologie du site et de voir en quoi ce dernier répond aux besoins hydrologiques des communautés végétales visées. Il sera poursuivi plusieurs années pour évaluer

l'efficience de la gestion des niveaux d'eau (voir en fin de paragraphe : suivi des niveaux d'eau).

Enfin, le gestionnaire cherchera à se rapprocher du fonctionnement hydrologique naturel du milieu, en particulier du rythme d'alternance hautes eaux / basses eaux avec, pour la région, le plus souvent des hautes eaux en hiver (novembre à mars-avril) et des étages en fin d'été / automne (juillet à octobre).

D'une manière générale, la gestion des niveaux d'eau doit se faire le plus possible de façon gravitaire, à l'aide de seuils, de vannes ou de moines qui sont placés au niveau des entrées et sorties d'eau des sites. Les seuils permettent de fixer une hauteur maximale en eau de manière constante afin soit de garder une humidité suffisante en été, soit de limiter la profondeur des eaux en hiver. Avec la vanne, on peut faire varier le niveau de l'eau. Le moine est un système particulier de vanne, utilisé pour la gestion des étangs, qui permet d'évacuer les eaux du fond afin de permettre leur renouvellement et de limiter ainsi le risque de désoxygénéation du fond.

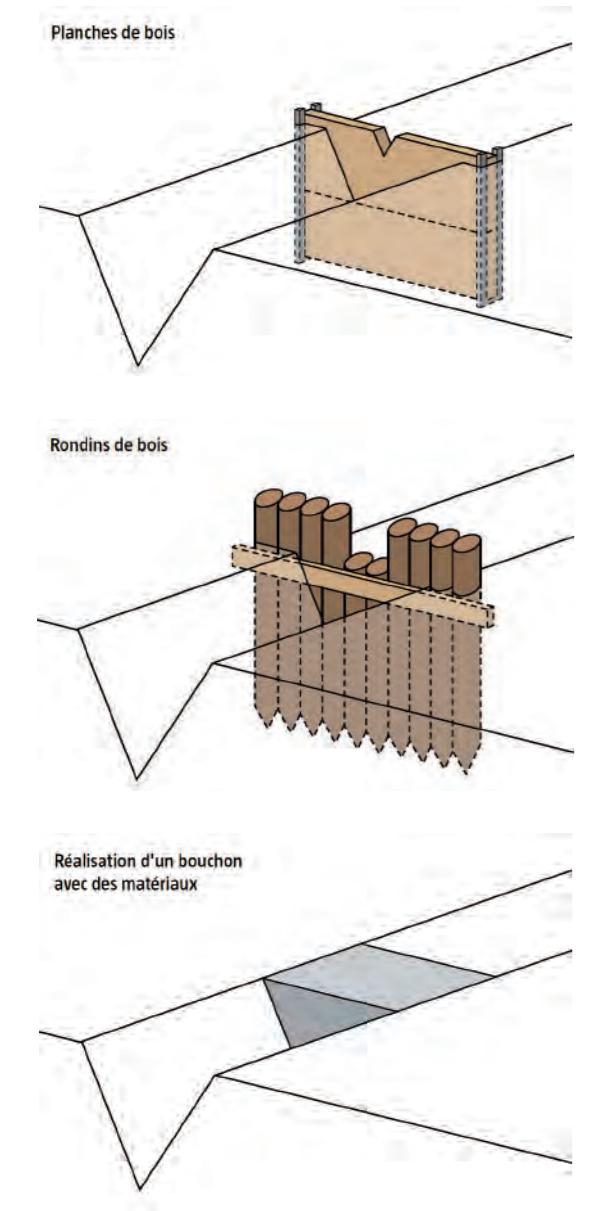


Le vannage installé sur le canal St-Aubin permet de réguler le niveau d'eau du marais Vernier tourbeux. - PNRBSN / F.Rosanska

En cas d'impossibilité d'une alimentation par gravité de l'eau, l'utilisation de pompes peut être envisagée. Des pompes mobiles alimentées par un tracteur peuvent être utilisées dans des cas très particuliers, compte tenu de la difficulté de mise en œuvre, du coût et du caractère non pérenne de l'opération.

Sur les sites drainés par un réseau de fossés, des barrages-seuils, disposés en série, ou le comblement des fossés avec des matériaux imperméables peuvent être mis en place.

Les barrages-seuils ont un effet plus limité sur le rehaussement de la nappe ; ils offrent en revanche la possibilité de créer des milieux aquatiques secondaires au niveau des fossés et sur les sites tourbeux ils peuvent permettre de réduire fortement les phénomènes d'érosion de la masse tourbeuse. Le comblement des fossés a un effet plus important sur le fonctionnement hydrologique, la nappe retrouvant son niveau initial de saturation sur l'ensemble de la surface. En revanche, il induit la disparition de milieux aquatiques secondaires parfois dignes d'intérêt : on gagne parfois à combler seulement des portions des fossés drainants.



Mise en place d'obstacles à l'écoulement dans les fossés
(d'après Conseil départemental du Finistère, 2018)

La restauration d'un site drainé par drains enterrés repose sur une ou des obturations, ponctuelles mais à des points stratégiques, du réseau de drains enterrés. Ces obturations vont se révéler rapidement efficaces par rapport à l'objectif recherché, tout en limitant les impacts du chantier sur la zone humide. La suppression intégrale du réseau de drains ou leur interruption régulière (y compris par passage d'une sous-soleuse) sont des solutions coûteuses et aux forts effets directs et indirects sur le milieu. De telles interventions ne se justifient pas.

Plusieurs modalités d'obturations peuvent être appliquées :

- si le plan du réseau est connu, l'intervention consiste à identifier les points stratégiques du réseau, correspondant aux nœuds du réseau de drainage, à creuser au droit de ces nœuds et à aplatiser le drain sur une longueur de 1 à 2 m. L'écrasement du drain va rapidement se traduire par son obturation par les matières en suspension que contient l'eau drainée. Leur colmatage progressif permettra de retrouver un fonctionnement normal de zone humide ;

- si le plan du réseau n'est pas connu, l'intervention la plus simple consiste à obturer le drain collecteur au droit de son débouché. L'absence de circulation d'eau va se traduire par un engorgement et une obturation progressive de l'ensemble du réseau de drainage. Celle-ci sera moins rapide que dans le cas précédent mais à terme, le même résultat sera obtenu ;
- une solution alternative consistant à planter des saules non loin des drains peut également être envisagée lorsque l'occupation du sol le permet. Les racines rejoignent rapidement le tracé des drains, pénètrent dans ces derniers et constituent le bouchon le plus efficace et le plus pérenne qui soit. Cette alternative implique par la suite une gestion des saules.

La gestion hydraulique doit par ailleurs être couplée à un **suivi des niveaux d'eau** afin de vérifier les seuils à atteindre et pour mesurer l'impact des mesures appliquées sur la nappe d'eau souterraine.

Les niveaux des eaux superficielles se mesurent à l'aide d'échelles de niveau (ou mires limnimétriques) qui sont des règles verticales graduées dont la lecture se fait généralement une fois par semaine à deux fois par mois, ou à l'aide d'un limnigraphie qui permet un suivi en continu (utilisation souhaitable pour les systèmes alluviaux).



Suivi des niveaux de l'eau à l'aide d'une échelle - PNRBSN / F. Rosanska

Les niveaux des eaux souterraines de surface (aquitère à nappe libre) se mesurent à l'aide de piézomètres qui sont des tubes enfouis dans le sol dans lesquels le niveau de l'eau est celui du toit de la nappe. Là encore, les lectures peuvent être réalisées de manière ponctuelle à l'aide d'une sonde manuelle, ou continue par des systèmes fixes enregistreurs.

Limites et précautions

Avant toutes interventions, il est important de bien connaître les besoins hydrologiques des communautés végétales qui sont soumises aux variations des niveaux d'eau appliqués pour éviter les mauvaises surprises. En effet, les végétations hygrophiles sont d'une manière générale particulièrement réactives à un changement du fonctionnement hydrologique. Ainsi, des expérimentations réalisées dans les marais de Brouage (DUNCAN, 2001) ont montré que des modifications portant sur une variation de un à deux mois de la durée de submersion initiale permettent la succession de communautés végétales voisines de manière relativement rapide.

Parfois, les espèces dominantes parviennent à se maintenir un certain temps et forment des faciès. Par exemple, les grandes hélophytes soumises à une élévation prolongée du niveau moyen d'un plan d'eau sont dans un premier temps particulièrement résistantes. Néanmoins, sous l'effet conjugué de la toxicité des composants réduits dus à l'appauvrissement en oxygène du sédiment et de la submersion qui bloque la photosynthèse chez la plupart des hélophytes (excepté chez *Schoenoplectus lacustris*), le stress prolongé conduit à l'élimination des populations d'hélophytes.

Au stade de plantule, toutes les hélophytes sont sensibles aux changements de niveau d'eau (inondation et assèchement). Une intervention à ce stade aura un effet très négatif sur l'implantation de ces espèces.

Espèce	Préférence de la nature du sol pour les plantules
<i>Typha spp.</i>	saturé ou inondé
<i>Phragmites australis</i>	drainé
<i>Schoenoplectus lacustris</i>	indifférent
<i>Phalaris arundinacea</i>	sec

D'après SINNASSAMY & MAUCHAMP, 2001.

Dans tous les cas, il est préférable de faire un suivi de la végétation pour adapter la gestion hydraulique.

Il convient d'anticiper l'impact parfois négatif de certains animaux sur la végétation aquatique. En particulier, l'élévation des niveaux d'eau favorise les rongeurs allochtones indésirables (ragondin, rat musqué).

En berge de plan d'eau, la gestion des niveaux d'eau ne peut suffire à diversifier les ceintures de végétation ; encore faut-il que les berges soient en pente douce. Des berges trop abruptes ne permettent pas la juxtaposition de végétations rivulaires présentant des liens fonctionnels satisfaisants et limitent la structuration, en particulier spatiale, de celles-ci.

À l'inverse, des berges en pente douce situées dans la zone de battement des niveaux d'eau favorisent le développement de toute la séquence des végétations potentielles, depuis les communautés végétales aquatiques jusqu'à celles « simplement » hygrophiles, avec, en particulier, une expression optimale des végétations amphibiennes dans ce cas de figure. Un objectif de contrôle de la gestion des niveaux d'eau ne doit pas être un facteur d'artificialisation excessive du milieu, comme le serait par exemple la réalisation d'un endiguement du site.

La gestion de l'eau des sites doit s'inscrire dans une démarche de gestion intégrée à l'échelle de leur bassin versant. La gestion intégrée d'une zone humide nécessite souvent que soient définies autour de chaque site des zones-tampons destinées à mieux protéger leurs eaux d'alimentation sur les plans quantitatif et qualitatif. La zone-tampon hydrique ne doit subir aucune modification du régime hydrologique susceptible de compromettre l'alimentation en eau nécessaire à la conservation du site. La zone-tampon trophique est destinée à réduire ou prévenir l'eutrophisation indirecte du site (ce peut être une bande de terres agricoles soumises à des restrictions d'exploitation).

La prise en compte du bassin versant est aussi indispensable pour améliorer la qualité des eaux d'alimentation d'une zone humide. En effet, l'eau agit sur les communautés végétales aquatiques et amphibiennes non seulement par le biais des niveaux d'eau et de leurs fluctuations, mais aussi par celui de la qualité physicochimique de l'eau. Aussi, il est important de coupler la gestion hydraulique de l'eau à celle de sa qualité et, dans le cas des zones humides alluviales, à la dynamique fluviale dans son ensemble.

Si une gestion hydraulique locale peut donner de bons résultats sur un site, elle ne saurait remplacer un programme de restauration de la dynamique fluviale qui est le seul moyen d'assurer une restauration de biodiversité pérenne et de grande envergure.

Bibliographie

- BECKER & MORTEL, 2002
CATTEAU & DUHAMEL *et al.*, 2009
CLÉMENT & MALTHBY, 1996
CLÉMENT, DELASSUS, KMIECIK & VANHILLE, 2002
CONSEIL DEPARTEMENTAL DU FINISTÈRE, 2018
CORBEAU, 1995
CRASSOUS & KARAS (coord.), 2007
DUNCAN, 2000
DUPIEUX, 1998
FRANKARD, 2004
HOLZEL & OTTE, 2001
LABADZ, BUTCHER & SINNOTT, 2002
MONBET, 2000
SINNASSAMY & MAUCHAMP, 2001
ZEDLER & ADAM, 2002
TAILLAND *et al.*, 2007

Étude et restauration de la banque de semences d'un sol



Objectifs

- connaître la réserve de semences viables présente dans le sol d'un lieu donné ;
- établir un diagnostic écologique et patrimonial de la flore des banques de semences dans un souci d'évaluation des potentialités de restauration de différents stades dynamiques antérieurs de la même série de végétation ou de séries de végétations passées correspondant à d'autres types de sols, plus oligotrophes notamment ;
- proposer des itinéraires de travaux afin de restaurer des communautés végétales disparues.

Contexte

Le terme « banque de semences » est employé pour décrire la réserve de diaspores (fruits, graines, spores) viables présentes dans le sol d'un lieu donné. Ce réservoir a été mis en évidence dans de nombreux écosystèmes : forêts tempérées (WARR, 1994), forêts tropicales (HOPKINS & GRAHAM, 1983), sols cultivés (ROBERTS, 1970), marais (VAN DERVALK, 1992), prés salés (HOPKINS & PARKER, 1984), déserts (REICHMAN, 1975), prairies (MAJOR & PYOTT, 1966), marais salants (UNGAR & WOODELL, 1993), landes (WILLEMS, 1988), pannes dunaires (VALENTIN & coll., 1998).

Trois types de banques de semences ont été définis par THOMSON *et al.* (1997) :

- la banque dite transitoire dont les semences persistent moins d'un an dans le sol ;
- la banque dite persistante à court terme dont les semences survivent de 1 à 5 ans dans le sol ; ce type de banque procure à une espèce la possibilité de se maintenir en cas de faible production de graines ou de fauche trop précoce ;
- la banque dite persistante à long terme, composée de semences qui survivent plus de 5 ans et qui peut contribuer à la régénération de communautés végétales fortement dégradées ou disparues.

La possibilité pour une espèce de former une banque de semences persistante repose en partie sur les caractéristiques morphologiques et physiologiques des diaspores qu'elle produit. Ainsi, les données bibliographiques indiquent que les graines petites, compactes et à tégument lisse sont les plus aptes à former des banques de semences persistantes (BASKIN & BASKIN, 1998). Cette aptitude repose également sur la capacité des graines à entrer en dormance. Les espèces les plus souvent identifiées dans les études menées répondent donc à ces critères : *Juncus effusus*, *Cerastium fontanum* subsp. *vulgare*, *Ranunculus repens*, *Stellaria media*, etc. sont ainsi régulièrement observés. Des longévités allant de 30 ans à 200 ans ont d'ailleurs été relatées pour ces espèces (THOMSON *et al.*, 1997 ; KJELLISSON, 1992).

Le stock de semences du sol a attiré l'attention de nombreux écologues, conscients de son rôle dans le maintien de la biodiversité. En effet, l'existence d'un potentiel semencier permet la réinstallation naturelle de végétations dégradées lors de surpâturage, d'incendie, d'inondation ou encore de sécheresse (GRIME, 1981) ainsi que la préservation d'espèces rares et menacées (BASKIN & BASKIN, 1978). D'autre part, la banque de semences d'un sol est souvent le reflet des changements de végétation au cours du temps (VAN DERVALK & DAVIS, 1976 ; ROBERTS, 1981). Plusieurs études ont montré que la similarité entre la végétation et la banque de semences diminue avec la profondeur. Les semences les plus profondes sont corrélées à des stades dynamiques antérieurs (stades ouverts avant embroussaillement, avant atterrissage des mares, avant évolution vers la forêt mature, pelouse rase avant colonisation par les ligneux, etc.). Ce phénomène est particulièrement

intéressant pour la restauration de communautés végétales disparues suite à des changements de pratiques de gestion mais reste cependant lié à la constitution du réservoir de semences selon les milieux et à la persistance des espèces.

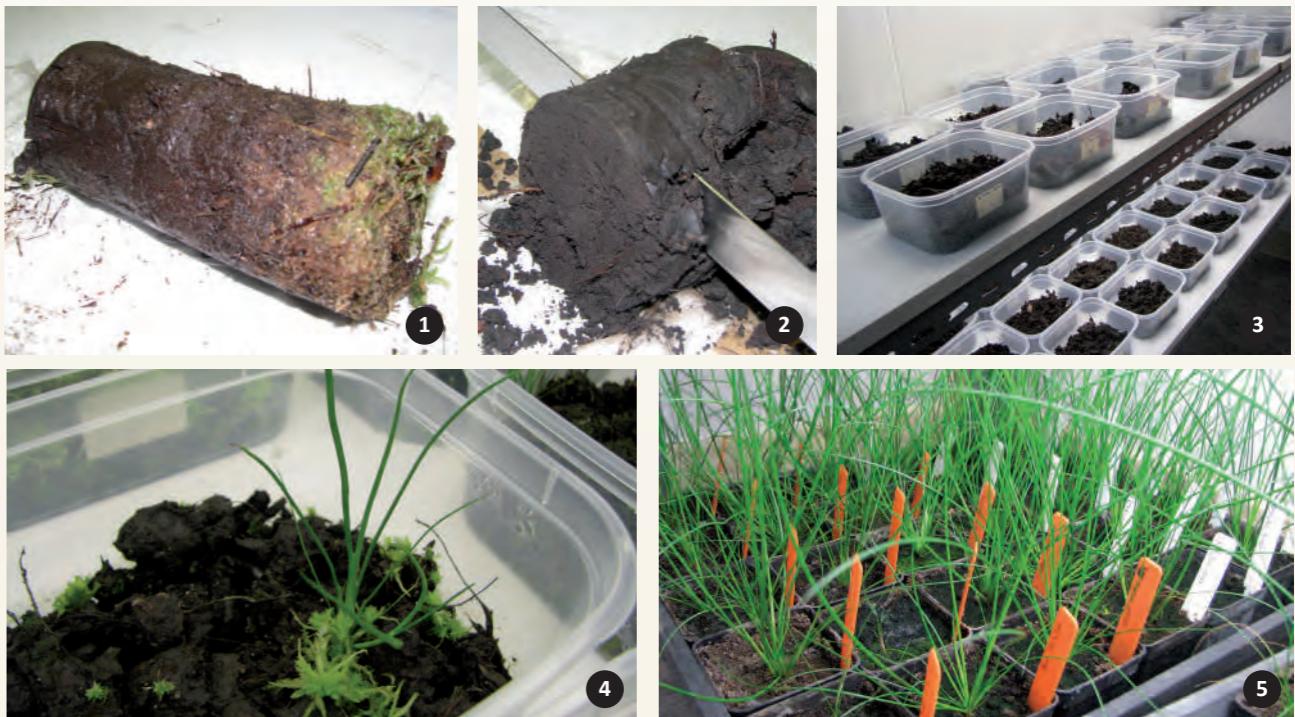
Dans le domaine de la restauration écologique, l'analyse des cryptopotentialités permet de guider le gestionnaire et donne des indications sur l'effet qu'aura la régénération d'un substrat dans le cadre d'une gestion de niveaux d'eau (assèchement estival de grèves), d'un recreusement de mare, d'un débroussaillage, mais surtout dans le cadre d'un étrépage. Elle participe également à la détermination de la profondeur d'intervention optimale (recreusement, étrépage, gestion de la lame d'eau), en indiquant le niveau où se trouvent les semences des espèces les plus intéressantes.

Méthodes

Plusieurs méthodes permettent d'étudier les banques de semences :

- l'enterrement volontaire de semences dans le sol et le suivi de leur viabilité dans le temps ;
- l'extraction de semences par tri d'échantillons de sol issus du milieu naturel et analyse de la viabilité des semences ;
- la culture d'échantillons de sol prélevés dans la nature et l'examen des germinations qui apparaissent (carottage, fractionnement de la colonne de sol, culture des fractions et analyse des germinations).

L'extraction de semences par tri d'échantillon est fastidieuse et nécessite une étude de la viabilité des semences extraites. Toutefois, elle présente l'avantage



Différentes étapes de l'étude de la banque de semences d'un sol (exemple d'une étude préalable à la restauration par étrépage d'un milieu de landes et tourbières, menée conjointement par le CBNBL et le CRPF sur la commune de Mésangueville (76) en 2013).

1 : Prélèvement de sol sous forme de carotte ; 2 : Découpe en tranches des carottes de sol ; 3 : Émiettage de chaque tranche dans des bacs en plastique sur lit de matière organique stérilisée, retrait des organes végétatifs (racines, rhizomes, bulbes...) ; 4 : Mise à germination en conditions contrôlées et levée des dormances, détermination régulière des plantules ; 5 : repiquage en pot en chambre de culture et sous serre pour les plantules nécessitant un stade adulte pour la détermination. - B. Asset

de donner des réponses rapides après le prélèvement des échantillons (à condition de pouvoir identifier les semences) au contraire de la mise à germination d'échantillons de sol qui demande plusieurs mois d'expérience. Cette dernière méthode d'étude nécessite l'utilisation d'une serre ou d'un local adapté à la germination des semences, ainsi que la multiplication des conditions de germination dans le but de lever les dormances et d'obtenir la représentation la plus complète possible de la banque de semences. Ainsi, la plupart des protocoles employés incluent un passage au froid des échantillons à 4°C et à l'obscurité pendant un mois pour lever les dormances (GROSS 1990, BEURET 1989, VALENTIN et coll., 2000) ou encore l'utilisation de l'acide gibberellique et du nitrate de potassium (activateurs de la germination).

La culture d'échantillon de sol a été appliquée dans le cadre d'un projet, mené par le Centre régional de la propriété forestière de Normandie (CRPFN), de recréation d'un complexe de landes sèches et humides et de restauration de plusieurs hectares de tourbière dégradée situés au sein du bois de Léon et de la forêt de Bray, sur la commune de Mésangueville (76). Dans le cadre de ce projet, le CBNBL a été missionné pour analyser la banque de graines du sol, ceci afin de repérer les secteurs et les profondeurs d'étrépage présentant un intérêt en termes de restauration. (VALENTIN et al., 2013). Ces études ont permis dans un premier temps de définir un secteur d'étrépage expérimental d'une surface de 2 hectares.

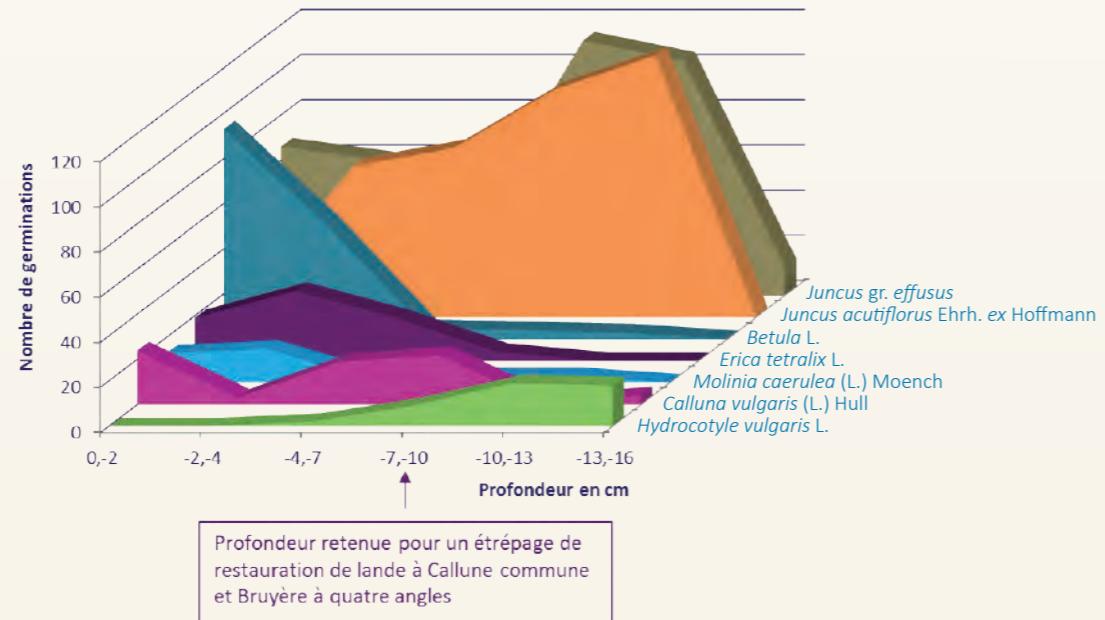
Limites et précautions

Bien que l'étude des germinations soit la plus souvent employée dans le monde (70%), il est prouvé que certaines espèces restent dormantes après plusieurs mois d'essais (VAN DERVALK & DAVIS, 1976). Cette méthodologie ne donne donc qu'une idée partielle de la banque de semences. Quelques discordances peuvent donc être observées entre les analyses de banque de semences et les résultats obtenus *in situ* après restauration. Parfois, la banque de semences d'une espèce est très localisée (RUSCH, 1992) et le prélèvement de quelques échantillons de sol ne permet pas de révéler l'étendue du patrimoine semencier. Des auteurs recommandent d'adapter le nombre de prélèvements au milieu étudié. Les vieilles forêts nécessiteraient ainsi l'échantillonnage le plus élevé. Plusieurs méthodes d'analyses peuvent également être combinées si le but est de déterminer absolument toutes les espèces qui composent la banque de semences. D'autre part, l'apparition des germinations sur le site dépend fortement des conditions climatiques, qui ne permettent pas forcément l'expression de l'espèce ou de la végétation à restaurer dès la première année. Certaines espèces, dont notamment les joncs, ont dans le sol des densités de graines très importantes. Cependant, après les travaux de restauration entrepris sur les sites, on ne constate pas un tel ratio dans les germinations. Cette différence peut s'expliquer par le fait que, dans la nature, seules les semences en surface (dans les premiers centimètres) vont donner une plantule alors que l'analyse au laboratoire favorise la germination d'un maximum de semences.

Les discordances ne doivent pas faire oublier qu'il s'agit avant tout, par cette méthode, d'établir un diagnostic écologique et patrimonial se basant sur des espèces indicatrices de végétations afin de guider le gestionnaire dans la mise en œuvre des modalités de gestion.

Bibliographie

- BASKIN & BASKIN, 1978
- BASKIN & BASKIN, 1998
- BEURET, 1989
- GRIME, 1981
- GROSS, 1990
- HOPKINS & GRAHAM, 1983
- HOPKINS & PARKER, 1984
- KJELSSON, 1992
- MAJOR & PYOTT, 1966
- REICHMANN, 1975
- ROBERTS, 1970
- ROBERTS, 1981
- RUSCH, 1992
- THOMPSON, BAKKER & BEKKER, 1997
- UNGAR & WOODELL, 1993
- VALENTIN *et al.*, 2013
- VALENTIN, DESTINÉ & BOULLET, 1998
- VALENTIN, DESTINÉ & BOULLET, 2000
- VAN DERVALK & DAVIS 1976
- VAN DERVALK, PEDERSON & DAVIS, 1992
- WARR, KENT, & THOMPSON, 1994
- WILLEMS, 1988



Résultats partiels d'une étude de la composition floristique de la banque de semences d'un site de tourbière boisée dégradée en vue d'une restauration par étrépage à Mésangueville (76). La majorité de la banque de semences est située dans les 13 premiers centimètres. En vue d'une restauration en lande tourbeuse, la répartition des semences permet d'orienter le gestionnaire vers un étrépage peu profond (entre 7 et 10 cm maximum) pour ne pas éliminer l'intégralité de la banque de semences tout en favorisant les espèces indicatrices de landes ou de milieux para-tourbeux : *Calluna vulgaris*, *Erica tetralix* et *Hydrocotyle vulgaris*.

Décapage et étrépage

Objectifs

- ouvrir le milieu et revenir à des stades pionniers de sa dynamique, diversification des habitats et des espèces ;
- favoriser une dynamique de recolonisation par des végétations ou des espèces pionnières de milieux pauvres en éléments nutritifs souvent à forte valeur patrimoniale ;
- favoriser l'expression de la banque de semences d'un sol ;
- augmenter de façon relative la hauteur de la nappe d'eau par l'abaissement du niveau du sol, favoriser ainsi une hydromorphie plus importante du sol et l'accueil de végétations et d'espèces adaptées à des conditions d'humidité plus élevées ;
- restauration d'habitats sénescents du fait de l'accumulation de matière organique ;
- amélioration des qualités trophique et toxicologique de sols dégradés.



Étrépage manuel du sol sur milieu tourbeux en cours de fermeture, Forges-les-Eaux (76) - CenNS

Contexte

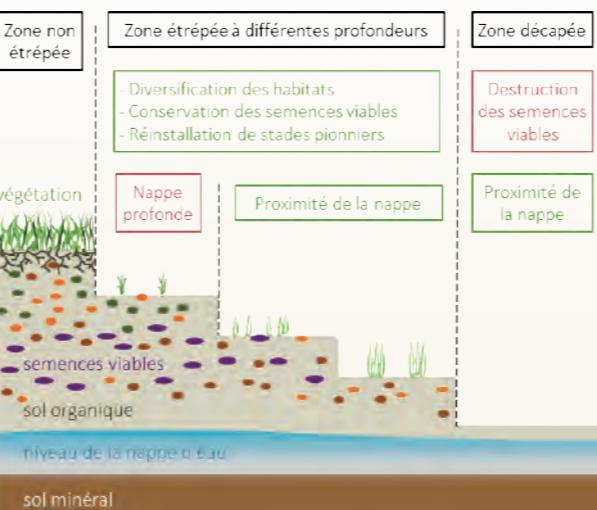
L'abandon ou la régression des pratiques traditionnelles d'utilisation des milieux et de leur végétation (exploitation de la tourbe, pâturage ou fauche de milieux peu productifs et difficilement praticables tels que les prairies paratourbeuses, les bas-marais, les landes, les pelouses, etc., la coupe des roseaux, l'exploitation de la « terre de bruyères », etc.) conduisent à une fermeture du milieu par une reprise de la dynamique progressive de la végétation, avec un développement d'espèces compétitives puis ligneuses. Conjointement au développement des espèces compétitives ou monopolistes (phragmites ou laîches en conditions humides mésotrophes à eutrophes, Molinie bleue en conditions oligotrophes plus ou moins humides, Brachypode penné en conditions sèches...), l'arrêt ou la diminution de l'exportation de matière végétale conduit progressivement à l'atterrissement ou à la fermeture de ces milieux par accumulation de matière organique.

En contexte alluvial, tourbeux ou non, les phénomènes d'assèchement par comblement sont accentués par le rabattement fréquent des nappes phréatiques (pompages, incision du lit des cours d'eau qui modifient les échanges avec les nappes alluviales, etc.).

Finalement, les communautés pionnières, dites de cicatrisation, souvent constituées d'espèces de grand intérêt patrimonial, ne trouvent plus des conditions de sols assez dégagés, voire dénudés, et pour certaines suffisamment humides pour se développer.

L'étrépage et le décapage (ou encore décapement) consistent à supprimer la végétation en place et l'horizon humifère superficiel, plus ou moins profondément. Les deux techniques se différencient essentiellement par la profondeur de l'action :

- l'étrépage consiste à prélever une couche restreinte de la partie superficielle, organique et racinaire, du sol (de 5 à 20 cm) ; il s'agit d'une pratique ancestrale autrefois pratiquée sur les landes, destinée à obtenir un amendement organique dit « terre de bruyère » ou des briquettes de combustibles ; cette pratique reste très efficace pour la gestion des landes, mais également des tourbières, des pelouses, etc. ;
- le décapage consiste à retirer une couche beaucoup plus épaisse de sol, pouvant aller jusqu'au retrait de la quasi-totalité de l'épaisseur de la couche organique, jusqu'à la limite du sol minéral sur 10-30 (40) cm ; cette technique est le plus souvent utilisée à des fins de dépollution des sols.



Étrépage et décapage - C. Douville

En Normandie orientale les expériences réalisées pour la gestion des milieux naturels sont appelées indifféremment « étrépage » ou « décapage », bien qu'elles relèvent plutôt d'opérations d'étrépage. La finalité reste identique et consiste à retrouver des conditions édaphiques permettant à des communautés pionnières de se développer. L'étrépage et le décapage s'applique classiquement en zone de tourbières, bas-marais, landes humides, mais sont aussi utilisés pour restaurer des phases de jeunesse plus diversifiées de certains stades de végétations tels que les phragmitaies, caricaies ou landes hygrophiles devenant sénescentes par accumulation de litière et atterrissage.

Ils permettent également de créer ou restaurer des dépressions inondables sur des sols plus ou moins eutrophes, parfois issus de cultures reconvertis en prairies humides avec de bons résultats. Ils sont aussi

souvent associés à des (re)creusements de mares et de dépressions humides, plus ou moins profondes, afin de diversifier les topographies et donc les conditions favorables aux habitats pionniers les plus précieux.



Étrépage en système tourbeux à Bouquelon (27) - A. Dardillac

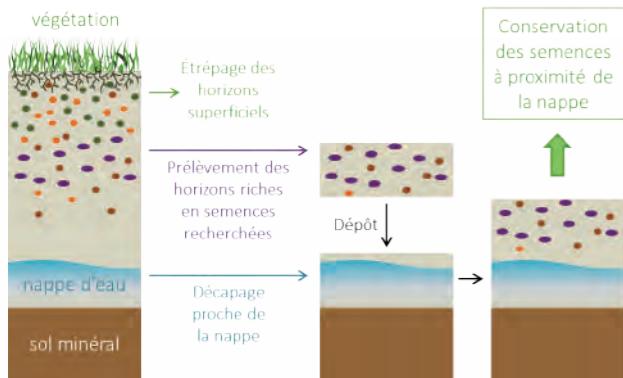
Méthodes

Afin de définir les modalités de gestion les plus adaptées à mettre en œuvre, il est préconisé dans un premier temps de définir très clairement les objectifs attendus : élévation du niveau hydrique, baisse du niveau trophique, expression de la banque de semences, rajeunissement du milieu, etc., sachant que plusieurs objectifs peuvent être visés conjointement. Dans un deuxième temps il est indispensable de réaliser un diagnostic préalable : des conditions hydrologiques (niveau et variations de la nappe, sens d'écoulement des eaux), de la banque de semences viables du sol à diverses profondeurs (carottage, fractionnement de la colonne de sol, culture des fractions sous serre, analyse des germinations : cf fiche précédente « Étude et restauration de la banque de semences d'un sol »), de la végétation périphérique susceptible de coloniser les surfaces traitées ou d'être endommagée lors de l'opération, de la microtopographie et éventuellement des caractéristiques physicochimiques du sol (pH, teneur en matière organique, etc.). Un diagnostic phytosociologique, couplé à une bonne connaissance des processus dynamiques de succession des végétations dans le temps, apportent également de précieuses informations sur les potentialités des sites après étrépage.

En fonction des résultats du diagnostic préalable et des objectifs à atteindre, le gestionnaire opère un choix sur les techniques et les itinéraires appropriés :

- l'emplacement et la taille des surfaces à décapier qui sera fonction de l'objectif et des sensibilités du milieu ;
- l'épaisseur de sol à retirer en tenant compte du niveau de la nappe et de ses variations, et de manière à valoriser de façon optimale les cryptopotentialités du sol ;
- le profil topographique à dessiner qui doit permettre l'établissement d'un gradient hydrique (profil en pente douce ou en paliers).

Lorsque des objectifs multiples sont combinés, il peut être nécessaire d'intervenir en deux étapes : une première fois pour réserver le niveau de la banque de semences visées, et une seconde pour atteindre le bon niveau hydrique.



Valorisation optimale des cryptopotentialités du sol lors d'un décapage (d'après Blanchard, 1996) - C. Douville

Des travaux ont ainsi été menés sur le territoire de la Réserve Naturelle Régionale des Courtils-de-Bouquelon (27) où un étrépage profond a été réalisé à l'aide d'une pelle mécanique sur des mégaphorbiaies et des phragmitaies. Les résultats ont été très bons et ont conduit à l'apparition d'espèces pionnières comme *Drosera intermedia*, *Lysimachia tenella*, *Samolus valerandi* ou encore *Lobelia urens*, autant d'espèces rares et menacées sur le territoire de la Normandie orientale.

Un décapage a également été appliqué par le Parc naturel régional des boucles de la Seine normande sur la Réserve Naturelle Nationale du Marais Vernier avec pour objectif principal l'éradication des ligneux. Il a été effectué à l'aide de passages répétés d'une pelleteuse sur chenille. Les résultats obtenus sont encourageants, avec l'installation d'une communauté du *Magnocaricion elatae* qui reste encore basale à l'emplacement où les ligneux étaient les plus denses mais qui tend à se diversifier aux abords.



Il est préférable d'intervenir en hiver pour ne pas perturber le cycle phénologique des végétaux et limiter l'impact sur la faune. Une intervention avant le printemps permettra aux graines de germer et d'avoir un cycle complet de développement avant l'hiver suivant. Néanmoins, dans certains cas, l'utilisation d'engins ne sera pas possible sur cette période correspondant généralement aux niveaux les plus élevés de la nappe. Les sols sont alors particulièrement fragiles et de faible portance. Le cas échéant les travaux peuvent être reportés en période

d'étiage en automne ou toute fin d'été (après la période de végétation et de reproduction de la faune). Il importe également d'anticiper la faisabilité des déplacements qui seront réalisés (itinéraires possibles, moyens de protection du sol, etc.).

Dans un deuxième temps, les opérations liées aux travaux se déroulent schématiquement en cinq étapes successives :

- la localisation et la délimitation des zones à étréper ou décaper à l'aide de jalons (dans le cas où il y aurait plusieurs placettes, il est préférable de choisir des emplacements dont les conditions édaphiques sont différentes afin d'optimiser la diversité et les chances de réussite) ;
- l'élimination du couvert végétal, par la fauche, le débroussaillage ou le bûcheronnage en fonction de la végétation en place puis une exportation des matériaux, afin de faciliter la réalisation de l'étrépage et de limiter l'ensemencement des placettes étrépées ;

- l'étrépage ou le décapage des placettes qui s'effectuent en deux étapes : l'extraction grossière de la couche superficielle, puis une extraction fine du sol en suivant le profil type préalablement tracé. Le décapage peut se faire manuellement (utilisation de houe lorraine) ou mécaniquement (utilisation de pelles mécaniques adaptées) en fonction de la sensibilité et des contraintes du site (formation et espèces végétales présentes, portance des sols, conditions d'accès), de l'importance des travaux et des moyens disponibles ;

- le ramassage et l'exportation des matériaux décapés, de façon mécanique (les matériaux extraits sont déposés dans une benne puis sont exportés hors du site) ou manuelle (à l'aide de bâches tirées à la main, « big-bag », brouette, etc.). Les produits décapés peuvent éventuellement être stockés en amont de la zone d'étrépage afin de récupérer une partie de la banque de semences entraînée par les eaux de

pluie. En cas d'exportation hors du site et en fonction de leur composition, les matériaux étrépés peuvent être utilisés comme terre végétale, stockés sur un site autorisé ou pour de l'aménagement paysager : combler des fossés, créer des talus, etc.

- Enfin, un suivi scientifique est indispensable, afin d'appréhender la dynamique de la végétation et le processus de recolonisation (placette de suivis, avant, pendant et après recolonisation). Le suivi est également important en termes de retour d'expérience afin d'ajuster de futurs chantiers d'étrépage.

Limites et précautions

Cette technique opératoire, relativement traumatisante au début pour le milieu, peut parfois être destructrice sans diagnostics préliminaires solides à la base. Pour renforcer les précautions, en plus des études préalables, il peut être nécessaire, dans un premier temps, de tester les travaux sur de petites surfaces (quelques dizaines de m²) à diverses profondeurs. En fonction des résultats de ces tests, l'opération pourra être reproduite sur d'autres surfaces ou bien les placettes initiales seront agrandies. Les restaurations de grandes surfaces peuvent être très coûteuses : elles doivent être envisagées sur des arguments scientifiques et patrimoniaux solides.



Par ailleurs, l'étrépage peut modifier radicalement le contexte édaphique de sols tourbeux jeunes. Il est pourtant essentiel de ne pas déstructurer les horizons du sol (maintien d'une couche humifère en surface) et à ne pas provoquer de tassemement : éviter le surpiétinement, ne pas utiliser d'engins trop lourds, protéger le sol (DE PAUL & BAILLY, 2005).

Sur tourbe, les placettes ne doivent pas être exposées à des conditions fortes de sécheresse (nappe trop profonde) et d'ensoleillement (élévation des températures, évaporation). Toute oxydation, en minéralisant la tourbe, altère irréversiblement la surface du sol. L'utilisation d'un couvert protecteur à base de paille peut alors être envisagée (cette pratique a déjà pu être testée avec succès).

Les placettes ne doivent pas, autant que possible, être situées à proximité d'espèces végétales compétitives (semenciers de ligneux, plantes herbacées monopolistes) et, le plus souvent, doivent être submergées suffisamment longtemps (profondeurs adéquates).



Carrés de suivi diachronique de la végétation après étrépage, Marais-Vernier (27)- B. Levrel

Il faut bien sûr éviter le développement d'espèces exotiques envahissantes et intervenir le plus rapidement possible le cas échéant.

La patience est de mise pour la recolonisation par certaines espèces. Par exemple, selon BOURNÉRIAS et MAUCORPS (1975), *Lycopodiella inundata* n'apparaît pas avant quatre à cinq années après le décapage dans le *Rhynchosporion albae*. Les tapis de sphagnes colonisant des placettes décapées de tourbières acidiphiles atlantiques ne deviennent denses et diversifiés qu'au bout d'une dizaine d'années. Dans des sites de tourbières acides très profondément dégradées depuis longtemps (absence de banque de semences), il pourra être nécessaire d'initier la recolonisation végétale par des replantations de phanérogames avec l'appui de spécialistes suivies d'épandage de fragments apicaux de sphagnes (mais il est nécessaire que le sol soit très humide).

Il est indispensable de gérer à long terme les sites décapés ou étrépés. Ainsi, il est assez illusoire de restaurer par décapage une lande humide sénescante et boisée, si la gestion ultérieure ne limite pas les problèmes du boisement et du vieillissement (pâturage accompagnée éventuellement de fauche, gestion adéquate des niveaux d'eau, etc.). De même, les stades pionniers sont intrinsèquement éphémères : afin de les pérenniser, il est nécessaire de décapier de nouvelles placettes, contiguës aux anciennes, sur la base d'un même niveau topographique et selon une fréquence à déterminer (par exemple, tous les dix ou quinze ans pour une lande humide).

À terme, tous les stades de la dynamique végétale pourront ainsi se développer, les plus jeunes servant de refuges aux espèces pionnières, progressivement éliminées par celles des communautés plus matures.

D'un point de vue réglementaire, il est à rappeler que les travaux de décapage ou d'étrépage en zone humide peuvent être considérés comme une opération de mise en eau d'une zone. À ce titre, ils peuvent être soumis à une procédure d'approbation au titre du Code de l'Environnement pour toutes superficies de travaux supérieure à 1 000 m².

Bibliographie

- BIZOT, 2003
 BLANCHARD, 1996
 BOURNÉRIAS & MAUCORPS, 1975
 CONSERVATOIRE DES SITES NATURELS DE PICARDIE, 2011
 CRASSOUS & KARAS (coord.), 2007
 DE PAUL & BAILLY, 2005
 DUPIEUX, 1998
 FRANKARD, 2004
 FRIMIN & ANANIE, 2006a
 PETIT-BERGHEM, 2004
 STRUB, 1994
 THÉRÈSE, 2004
 VECRIN & MÜLLER, 2004

Maintien, restauration, création de roselières inondées

Objectifs

- maintenir les roselières inondées présentant un intérêt pour la flore et la faune patrimoniales ou pour leur rôle fonctionnel ;
- conquérir ou reconquérir des espaces pour le développement de roselières ;
- développer un habitat potentiel pour des plantes d'intérêt patrimonial et pour la faune (avifaune paludicole, poissons phytophiles, etc.) ;
- favoriser la protection des berges contre l'érosion (obstacle physique, fixation des sédiments) ;
- contribuer à l'amélioration de la qualité des eaux par la rétention des matières en suspension et la stimulation de l'activité épuratrice bactérienne.

Contexte

L'appellation de roselières inondées, ou aquatiques, désigne des formations végétales en eau une grande partie de l'année, denses, homogènes et dominées par le développement de grandes hélophytes. En Normandie orientale, elles sont le plus souvent structurées par les espèces suivantes : le Phragmite commun (*Phragmites australis*), la Baldingère faux-roseau (*Phalaris arundinacea*), la Massette à larges feuilles (*Typha latifolia*), la Massette à feuilles étroites (*Typha angustifolia*), le Scirpe des lacs (*Schoenoplectus lacustris*), le Scirpe maritime (*Bolboschoenus maritimus*), ou la Glycérie aquatique (*Glyceria maxima*). Pour chaque roselière, seule l'une de ces espèces est amenée à dominer.

Les roselières se distinguent facilement par leur physionomie des autres végétations humides et peuvent sembler identiques aux yeux du gestionnaire, mais elles couvrent plusieurs associations végétales bien différentes. Elles s'expriment essentiellement sur des sols vaseux, enrichis par les alluvions (sols mésotrophes à eutrophes), et colonisent en franges riveraines, en îlots ou en nappe, des zones d'eau peu profondes dont la hauteur peut varier de quelques centimètres à 1,5 m. Il peut s'agir de berges de fleuves, de rivières, de plans d'eau artificiels

Roselière inondée au marais Vernier- PnrBSN / F.Rozanska

ou naturels. Ces espèces sont particulièrement adaptées à l'inondation et à la fluctuation des niveaux d'eau. La structure rigide de leur tige leur permet de résister aux sollicitations mécaniques des courants ou de la houle. La profondeur d'eau, la durée d'inondation et le rythme du battement de la nappe d'eau ont un impact sur la nature et la répartition des espèces constituant les roselières.



Roselière du plan d'eau de la Grande Noé - G. Corteel

Ces roselières sont décrites dans les fiches des roselières et grandes caricaies hygrophiles (*Phragmito australis - Magnocaricetea elatae*) et plus particulièrement dans les associations des deux ordres suivants : les *Phragmitetalia australis* et les *Scirpetalia compacti*. Les associations du premier ordre sont décrites dans le présent guide, en revanche celles du *Scirpetalia compacti*, végétations halophiles du littoral sont détaillées dans le « Guide des végétations littorales du nord-ouest de la France » (Duhamel F. et al., 2017). Dans cette partie gestion, les roselières inondées qu'elles soient littorales ou à l'intérieur des terres ne seront pas différenciées, les principes de gestion étant semblables.

L'intérêt des roselières inondées réside dans leur rôle et dans les fonctions qu'elles assurent : zones de transition entre les milieux terrestres et aquatiques (écotone), éléments structurants du paysage, filtres naturels (capacités épuratrices importantes : filtration et décantation des matières organiques, assimilation de polluants (phosphore, nitrate, cyanure ou

hydrocarbures), protection contre l'érosion (fixation des berges), protection des écosystèmes situés en amont (amortissement de la houle et du batillage), ressources pour divers usages socio-économiques qui s'avèrent compatibles avec la gestion patrimoniale. Elles constituent également des habitats pour plusieurs végétations patrimoniales et de nombreuses espèces remarquables de faune et de flore.

Bien que leur diversité floristique soit faible, les roselières abritent des enjeux forts de conservation en termes : d'espèces animales, notamment d'oiseaux dont plusieurs sont strictement inféodées à ce milieu par exemple le Butor étoilé, le Busard des roseaux, la Mésange à moustaches, la Rousserole turdoïde, la Locustelle luscinioïde, le Bruant des roseaux, de nombreux Anatidés... ; d'espèces végétales comme la Grande douve (*Ranunculus lingua*), Gesse des marais (*Lathyrus palustris*) ou de formations végétales : Roselière à Scirpe des lacs (*Scirpetum lacustris*), Roselière à Scirpe à tiges trigones (groupement à *Scirpus triqueter*), végétation très rare en Normandie orientale relevant de l'annexe I de la directive Habitats-Faune-Flore.

Les roselières n'échappent pas à la destinée des zones humides : elles sont toutes en régression en Normandie orientale depuis des siècles comme ailleurs en France et en Europe. Aujourd'hui, seule la grande roselière de l'estuaire de la Seine semble encore avoir tendance à s'accroître naturellement. À ce jour, d'après « l'enquête nationale roselières » menée par l'ONCFS (LE BARZ, MICHAS & FOUQUE, 2009), la Normandie orientale abriterait 1 300 ha environ de roselières inondées de plus de 1 ha, réparties sur 22 sites. La plus vaste, la roselière inondée de l'estuaire de la Seine, s'étend sur plus de 1 000 ha. Les 21 sites du reste du territoire se partagent donc les quelques 300 ha restant. Elles sont majoritairement, localisées sur les estuaires des fleuves côtiers du Pays de Caux (la Saâne, la Scie...), et de façon ponctuelle le long des vallées (la Seine, l'Andelle, l'Arques...), sur fossés, marais, prairies et berges inondables, ou en bordure de mares, ballastières et autres plans d'eau.

Les nombreux autres espaces en roselières subsistant ça et là en contact avec d'autres zones humides sont le plus souvent atterriss et secs.



Busard des roseaux - G. Corteel



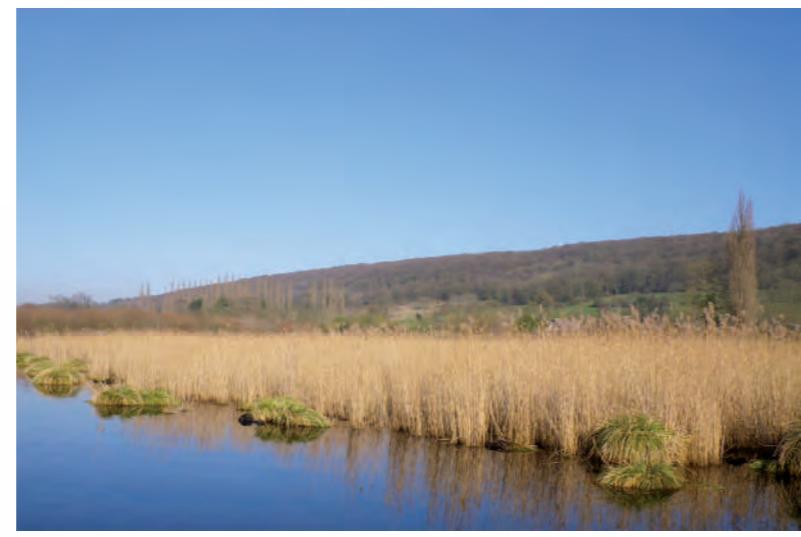
La très rare Grande douve, protégée nationale - P. Housset



Bruant des roseaux - M. Lorthiois



Grande roselière de l'estuaire de la Seine - Maison de l'Estuaire



Roselière de la Grand'Mare, marais Vernier - PnrBSN / F.Rozanska

Pour ces régressions, de nombreux facteurs sont en cause et se conjuguent le plus souvent : destruction directe par des remblaiements, assèchement par le drainage, pompage des nappes alluviales, chenalisation des lits de rivières, reprofilage abrupte et artificialisation des berges, perturbations dans le fonctionnement hydrologique naturel des cours d'eau, augmentation de la trophie des substrats et des eaux par apport effectif de nutriments, atterrissage et envasement, etc.

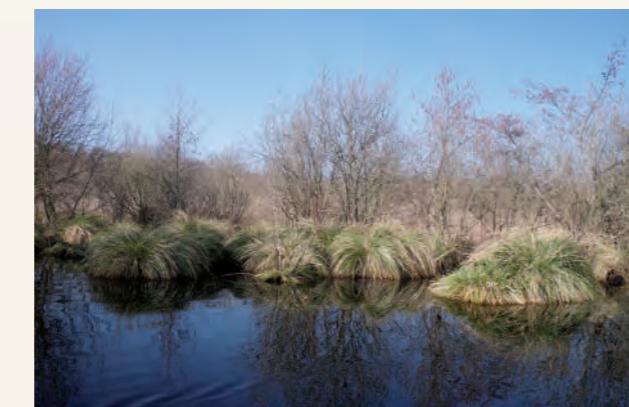
Hors du littoral, les roselières inondées ne se régénérant plus elles-mêmes, il est essentiel de les gérer, de les restaurer ou d'en recréer, pour conserver leur fort intérêt patrimonial et fonctionnel.



Roselière atterie dans le Pays de Caux - A. Dardillac



Accumulation de litière sur une Phragmitaie en cours d'atterrissement
- CenNS/JF. Dufaux



Berges de la Grand'Mare, Phragmitaie et Magnocaricaie progressivement colonisées par les saules - PnrBSN / F. Rozanska



De l'habitat le plus traditionnel aux coquettes longères d'aujourd'hui, les chaumières, véritables reflets des ressources végétales et minérales locales ont toujours été présentes en Normandie. Comme le dit Gaston Bachelard dans sa Poétique de l'espace, 1957
« la chaumière a un sens humain beaucoup plus profond que tous les châteaux en Espagne. Le château est inconscient, la chaumière enracinée » - AREHN

animaux, le paillage, les balais, les paillassons et surtout pour la construction et l'entretien des toits de chaumes de la maison traditionnelle normande : la célèbre longère ou chaumière normande. Au même titre que les vaches aux taches noires et marron ou les vergers de pommiers, la chaumière contribue encore aujourd'hui à l'image d'Épinal de la Normandie. La Normandie orientale, reste en France la région qui compte le plus de chaumières (juste avant la Brière), surtout dans le Roumois, le Lieuvin, le pays d'Auge, le marais Vernier, le pays de Bray, le pays d'Ouche, le Vexin normand et le pays de Caux. Il s'agit également d'une des dernières régions dans laquelle des chaumières neuves se construisent encore. Cette longévité et cette densité sur l'ensemble du territoire de la Chaumière sont révélatrices de l'importance et de la place que les surfaces en roselières ont pu représenter.

Aujourd'hui, seule la roselière de l'estuaire de Seine est encore exploitée pour la production de chaume. La récolte se fait de décembre à mars.

La fauche avec exportation reste un bon moyen d'entretenir et d'assurer le maintien à long terme des roselières en bon état de conservation. Elle permet de limiter l'accumulation de litière formée par les tiges sèches des roseaux des années précédentes et ainsi de contenir les processus d'atterrissements. Une fauche précoce (fin de printemps/début d'été) et trop fréquente (annuelle) aurait tendance à favoriser le développement des formations herbacées prairiales. En revanche, une fauche pluriannuelle (tous les 3 à 4 ans), tournante à l'échelle de la roselière gérée, tardive (automne) sera favorable aux hélophytes et permettra de diversifier l'habitat en favorisant l'apparition de stades dynamiques

d'âges variés. En parallèle, la gestion des niveaux d'eau doit chercher à maintenir un battement de la nappe d'eau adéquat : inondation hivernale et printanière / assèchement en fin d'été et en automne.



Fauche d'entretien hivernale d'une roselière inondée - R. François



Recolte des roseaux dans l'estuaire de Seine.
Les roues très larges des engins permettent de circuler sans s'embourber dans le terrain vaseux - Maison de l'Estuaire



Restauration d'une Phragmitaie par le Conservatoire d'espaces naturels Normandie Seine sur le marais de Normanville : 1- Fauche mécanique avec porte outil -2- Presse autoportée sur porte outil -3- Récolte du roseau sous forme de ballot -4- Ramassage et exportation des ballots - CenNS/JF. Dufaux

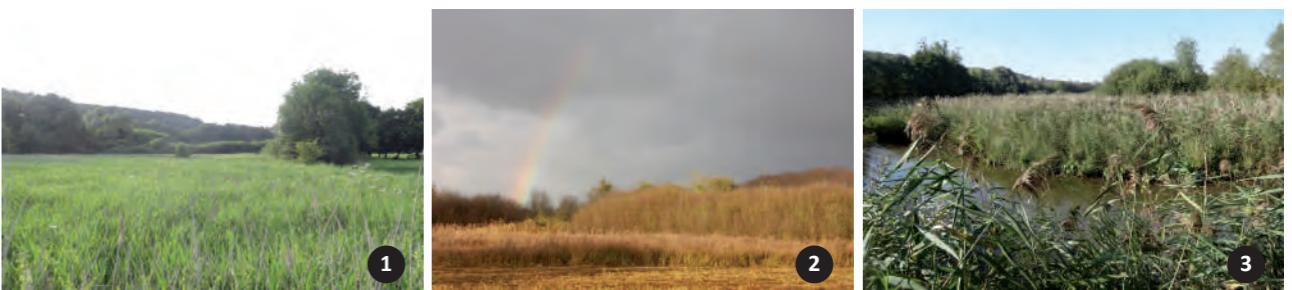
Ci-dessus - Exemple de gestion d'une Phragmitaie par le Conservatoire d'espaces naturels Normandie Seine sur le marais de Normanville (Seine-Maritime)

Un pâturage d'entretien peut également être envisagé. Cependant afin de ne pas favoriser les espèces prairiales, il est préférable de le réaliser à partir de la fin de l'été, avec un chargement restant très faible (0,5 à 0,8 UGB). En revanche, le pâturage estival est à éviter, voire à proscrire sur les roselières inondées afin de préserver la tranquillité de la faune et tout particulièrement des oiseaux.

2 Les restaurations de roselières inondées

Dans certains cas, si les conditions écologiques favorables à leur développement sont respectées ou restaurées, les roselières s'établissent très bien d'elles-mêmes. A contrario, il est illusoire de vouloir recréer ou restaurer une roselière fonctionnelle (relevant des *Phragmition australis* ou *Phalaridion arundinaceae*) dans un milieu dégradé et asséché ou avec des pentes trop fortes. Dans un premier temps il faudra donc veiller à l'inondation saisonnière de la zone à restaurer, surtout s'il s'agit d'un ancien marais.

S'il s'agit d'un plan d'eau, un des principaux obstacles à l'installation d'une roselière est le plus souvent sa



1- Résultat de la roselière fauchée au cours du début d'été -2- Seule la moitié de la roselière a été fauchée -3- Et en fin d'été - CenNS/JF. Dufaux

peuvent être combinées pour augmenter les chances de réussite. La technique par semis est la plus délicate car le succès de germination est difficile en milieu naturel. Les semences sont récoltées en fin d'automne, stockées au sec et semées au printemps suivant. Dans le cas du Phragmite commun, un assèchement temporaire du sol favorise la germination.

Des plants peuvent être obtenus à partir de semences semées en pots et conservées à l'abri du gel. Ils sont ensuite transplantés sur le terrain, de préférence en juillet. Pour le Phragmite commun, le sol doit être humide ou faiblement inondé, sans toutefois recouvrir la totalité de la plante. Une bonne aération du sol stimulera la croissance des jeunes Phragmites commun.

La transplantation de rhizomes est une technique plus efficace, à privilégier. Dans le cas du Phragmite commun, le matériel végétal devra être prélevé en hiver, si possible dans un substrat suffisamment oxygéné. Les rhizomes, après avoir été triés, devront être sectionnés en fragments comportant au moins un entre-nœud

intact (avec de préférence une vieille tige pour faciliter leur oxygénation). Ils seront ensuite transplantés en fin de printemps.

Enfin, les jeunes tiges de roseaux coupées et transplantées peuvent développer des racines adventives aux nœuds. Le taux de survie est plutôt faible mais peut être compensé par un grand nombre de boutures.

Le tableau suivant indique les principales espèces pouvant former des roselières ainsi que la profondeur maximale permettant leur développement.

D'une manière générale, des précautions sont à respecter : le matériel végétal à réimplanter doit provenir des environs afin d'éviter toute pollution génétique (l'introduction de plants d'un autre district phytogéographique est à éviter) et de conditions de croissance analogues (type de sol, qualité de l'eau, salinité, exposition aux vagues). S'il n'est pas récolté à proximité immédiate, l'utilisation de plants bénéficiant de la marque ©Végétal local est à rechercher en priorité : elle garantit une origine locale et sauvage des plants.

Zonage	Extension végétative	Rhizomes
<i>Phalaris arundinacea</i>	terrestre	Enterrés peu profondément en masse dense, facilement déchaussés.
<i>Phragmites australis</i>	Large gamme de profondeur	Réseau pouvant être profond.
<i>Typha latifolia</i>	Terrestre à intermédiaire	Enterrés en surface, de préférence dans la vase « meuble », facilement déchaussés
<i>Typha angustifolia</i>	Bas, inondation permanente de la surface du sol	Peu profonds, facilement déchaussés
<i>Bolboschoenus maritimus</i>	Terrestre à intermédiaire	Réseau dense à tubercules connectés à des rhizomes
<i>Schoenoplectus lacustris</i>	Inondation permanente ou tidale, eau profonde	Enterrés peu profondément, masse dense de rhizomes

D'après SINNASSAMY MAUCHAMP, 2001

Dans les différentes expériences de création de roselières, on retrouve plusieurs problèmes récurrents :

- les jeunes pousses sont broutées par des mammifères herbivores (Rats musqués- *Ondatra zibethicus* et Ragondins - *Myocastor coypus* essentiellement, très friands d'hélophytes (COULOMBEL et FRANÇOIS, 2015) : un engrillage (grillage à poule, en partie enfoncé dans la vase) peut s'avérer indispensable ;
- elles peuvent être concurrencées par d'autres hélophytes (d'où le tri nécessaire à réaliser lors de la préparation des fragments de rhizomes) ;
- les jeunes plants non ou mal fixés sont soumis à l'érosion de leur substrat vaseux par le clapotis, la houle, les phénomènes de batillage. Afin de favoriser leur enracinement, il peut être nécessaire de les protéger par la mise en place de fascines émergées d'environ 20 cm en période de hautes eaux (plans d'eau de grande surface soumis au clapotis et cours d'eau navigables soumis au batillage).

Enfin, les niveaux d'eau après la réimplantation, s'ils peuvent être contrôlés, ne doivent pas submerger les jeunes pousses en période de végétation. En effet, la submersion bloque la photosynthèse chez la plupart des hélophytes. Il est nécessaire de permettre aux jeunes pousses de la réaliser tout au long de l'été afin de produire les hydrates de carbone qui sont en partie stockés dans les rhizomes. Ces réserves permettront la croissance des tiges aériennes et des rhizomes l'année suivante, donc la structuration de la roselière.

Il est également essentiel de contrôler l'envahissement par les ligneux, souvent prompts à recoloniser ces milieux peu profonds.

Limites et précautions

La création ou la restauration de roselières inondées seront à adapter au type de roselière potentiel du secteur considéré. Elles ne devront en aucun cas se faire au détriment d'autres communautés végétales (et animales) existantes ou potentielles de plus grande valeur patrimoniale intrinsèque, en particulier les Scirpaies à *Schoenoplectus lacustris* devenues très rares. Ainsi, dans certains sites, les différents enjeux devront être confrontés et analysés à différentes échelles (enjeux végétations/flore/faune) avant de faire le choix de la restauration, de l'extension ou de la création de roselières.

Même en cas de reconquête de milieux agricoles humides abandonnés (cultures, prairies intensifiées) ou de peupleraies par exemple, les choix de création ou de restauration de roselières seront à replacer dans le contexte plus large de la gestion et de la conservation des différentes végétations de la zone humide concernée.



Roselière embroussaillée - PnrBSN

Bibliographie

- CORBEAU, 1995
 COULOMBEL, FRANÇOIS, 2015
 CRASSOUS KARAS (coord.), 2007
 FRANÇOIS, PREY *et al.*, 2012
 GALOUD, 2003
 LE BRAZ, MICHAS & FOUQUE, 2009
 LE TROUHER, 2016
 LPO ALSACE, 2013
 MIQUET & FAVRE, 2007
 MOIROUD, COLLILIEU & BLAKE, 2002
 SINNASSAMY & MAUCHAMP, 2001

Recréation de prairies humides



Objectifs

- **Reconstituer des milieux à forte potentialité patrimoniale ;**
- **contribuer à la préservation de la qualité des eaux de surface ;**
- **limiter les phénomènes d'érosion du sol en périodes de crue**

Contexte

Les prairies humides sont définies comme « une zone périodiquement engorgée voire inondée, avec de l'eau douce ou saumâtre ou par de hauts niveaux de nappe alluviale ou phréatique pendant une partie de l'année, suffisamment pour influencer la végétation et la biodiversité associée. La végétation y est régulièrement gérée par fauche ou pâturage » (JOYCE, 2014). Elles combinent à la fois les propriétés des zones humides et des prairies semi-naturelles (BERG et al., 2012). Elles contribuent ainsi de manière importante à l'alimentation des troupeaux d'herbivores, en France 47,9 % de la production fourragère est apportée par les prairies permanentes (AGRESTE, 2011) mais elles assurent également d'autres services environnementaux comme la préservation de la biodiversité végétale et animale (FARRUGIA et al., 2008), le contrôle des inondations

Prairie humide recréée suite à la coupe d'une peupleraie à Giverny (27)
- CenNS / E. Vochelet

(LEROUX et al., 2008), la régulation des pollutions azotées et phosphatées (SOUSSANA et al., 2004) et un rôle primordial dans le contexte actuel de réchauffement climatique de puits de carbone (SOUSSANA et LÜSCHER, 2007).

Mais les multiples dégradations de ces milieux sont importantes : conversion en cultures ou en prairies temporaires, assèchement (naturel ou par drainage) ou, *a contrario*, l'abandon des pratiques pastorales traditionnelles (pâturage extensif, fauche, etc.), les plantations de ligneux (peupleraies), l'ouverture de carrières, les constructions, les décharges et l'eutrophisation des eaux.

Toutes les surfaces de prairies humides sont de ce fait en forte régression depuis des décennies en Normandie et dans les régions voisines, comme dans l'ensemble de la France, et des plaines uest-européennes. Au niveau mondial, il est estimé que près de 80 % des prairies humides ont été détruites au cours du XX^e siècle (JOYCE, 2014).

Au-delà de la préservation des espaces prairiaux existants, leur recréation est donc devenue un enjeu majeur pour



L'Oenanthe à feuilles de Silaüs (*Oenanthe silaifolia*) - B. Toussaint, et le Séneçon aquatique (*Jacobaea aquatica*) - E. Cléré, deux espèces d'intérêt patrimonial, visées par la recréation de prairies humides en plaine alluviale.



la préservation des végétations prairiales hygrophiles. Les prairies humides gérées de façon extensive (fertilisation nulle ou modérée, fauche exportatrice, pâturage extensif, etc.) constituent des communautés végétales toujours rares et menacées au niveau régional et abritent de nombreuses espèces animales et végétales d'un grand intérêt patrimonial.

Sur le territoire, les principales causes de destruction des prairies sont identifiées : il s'agit de la mise en cultures céréaliers (essentiellement en maïs), de la conversion en populiculture ou autres plantations arborées et de l'extraction de matériaux (carrières). Ces atteintes sont surtout prégnantes dans les plaines alluviales des fleuves et rivières de la région.

La substitution des cultures de céréales (essentiellement en maïs, colza) aux prairies est une pratique de plus en plus répandue qui accroît significativement le risque de pollution des eaux souterraines de surface. En effet, d'une part l'utilisation d'engrais azotés est importante (doses souvent supérieures à 200 kg d'azote /ha/an) et même sensiblement supérieure à celles des prairies les plus intensives (pour lesquelles les doses les plus élevées peuvent être comprises entre 120 et 160 kg/ha/an) ; d'autre part, l'absence de végétation une partie de l'année favorise la lixiviation des nitrates, voire des phosphates en excès dans le sol (transfert des nitrates vers les eaux souterraines plutôt que leur réduction en azote gazeux). *A contrario*, la dénitrification est beaucoup plus efficace sous un sol enherbé : le phénomène de lixiviation est relativement limité sous prairie permanente. Les labourages de prairies humides ont un effet délétère, souvent irrémédiable, sur les habitats, la flore et la faune des zones humides. Ils constituent une des principales causes de dégradations/destroytions des zones humides en France (XIMENES et al., 2007).

De nombreuses plantations de feuillus, essentiellement de peupliers, ont également souvent remplacé des prairies humides un peu partout, en particulier les prairies les plus longuement inondées, souvent de plus grand intérêt écologique mais de plus faible valeur agricole.



Les prairies humides du Pays de Bray normand sont peu à peu remplacées par des cultures (2017) - A. Dardillac

Méthodes

Les réponses à apportées pour recréer des prairies humides après ces activités destructrices dépendront du niveau de dégradation de l'écosystème. De la populiculture, en passant par les cultures à l'extraction de granulat, le degré d'altération/destruction du milieu est croissant. Dans ce contexte, la recréation de prairies fait appel à la notion de « restauration écologique », discipline scientifique multidisciplinaire, définie comme « une action intentionnelle qui initie ou accélère l'auto-réparation d'un écosystème qui a été dégradé, endommagé ou détruit, en respectant sa santé, son intégrité et sa gestion durable » (Société d'Écologie de la Restauration, 2004). Il s'agit donc de pouvoir reconstituer un écosystème viable dans le temps et l'espace, se rapprochant le plus possible du milieu de référence recherché. Dans la situation présente, il s'agit de prairies hygrophiles, gérées de façon extensive, ce qui correspond à l'écosystème initial ayant succédé aux forêts alluviales, après leur défrichement et leur exploitation traditionnelle et séculaire.

Schématiquement, la recréation d'une prairie repose sur quatre étapes :

1. la destruction/exportation du couvert végétal précédent ;
2. la restauration d'un niveau topographique optimal (si nécessaire) ;
3. l'apport de sol et/ou semis si nécessaire ;
4. la gestion du milieu par fauche ou pâturage.

Plusieurs techniques peuvent ainsi être utilisées :

- l'élimination des ligneux, suite à une plantation, (abattage, dessouchage, débroussaillage, exportation, etc., se reporter à la fiche gestion « Contrôle des ligneux ») ;
- la récolte puis le déchaumage, suite à une culture, afin de mélanger les résidus de la culture précédente au sol et favoriser leur décomposition en humus ;

- l'étrépage qui consiste à éliminer la couche superficielle du sol afin de rétablir un niveau topographique favorable à l'engorgement des sols et/ou de réduire sa fertilité en diminuant les quantités de produits phytosanitaires accumulées pendant les années de culture (se reporter à la fiche gestion « Étrépage ») ;
- le comblement des anciennes ballastières et gravières en eau ; à ce jour, seule une expérience connue est menée en France sur la commune d'Yville-sur-Seine (76) avec pour objectif de combler une ballastière avec des sédiments de dragage de la Seine pour recréer des milieux typiques de la plaine alluviale de la Seine (mégaphorbiaie, prairie humide) sur une surface de 11 ha ; mené depuis 1999 le projet est positif en termes de résultats et a permis de recréer des prairies humides à vocation agricole aux caractéristiques pédologiques et floristiques aussi proches que possible de celles des prairies totalement détruites par l'exploitation de matériaux alluvionnaires (BOIGNÉ, 2017) ;
- la recolonisation spontanée de la végétation, possible grâce à la banque de graines contenue dans le sol et la pluie de graines, cette recolonisation sera d'autant plus réalisable que des milieux similaires se trouvent encore à proximité ;
- le transfert de sol qui consiste à déplacer la couche superficielle du sol d'un site donneur afin de l'établir sur le site à restaurer ; cette technique permet d'apporter une banque de graines sur la parcelle reconstituée et ainsi de faciliter la colonisation végétale par des espèces typiques du milieu visé. Elle permet également dans le cadre de site totalement détruit (comblement de carrière notamment) de reconstituer le compartiment « sol » de l'écosystème ; l'introduction d'espèces floristiques typiques par transfert de foin ou mise en place d'un semis, après la restauration du sol peut permettre un retour plus rapide du couvert végétal et donc un retour

plus rapide d'un cortège floristique comparable à l'écosystème de référence (BOIGNÉ, 2017) ; la reconstitution d'un couvert herbacé par semis peut se faire à partir de semences récoltées dans des prairies voisines diversifiées ou, à défaut, de semences du commerce, correctement sélectionnées par rapport aux taxons et écotypes locaux, et dans l'idéal répondant aux critères de la marque ©Végétal local ; dans ce cas, il faudra se limiter à quelques espèces de Poacées semées

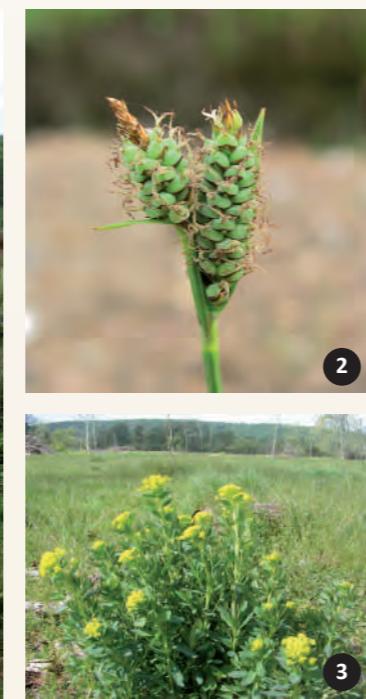
à des densités faibles, ceci afin de permettre la diversification naturelle de la prairie au cours du temps ; le choix des espèces sera fonction de la nature et de l'hydromorphie du sol et du type d'exploitation agropastorale envisagé ;

Les modalités de mise en œuvre et les avantages respectifs des différentes techniques sont précisés dans le tableau ci-après.

Technique	Modalités de mise en œuvre	Avantages respectifs
Semis de semences récoltées dans une prairie voisine riche et diversifiée (ou également de foin)	<ul style="list-style-type: none"> • récolte directe des semences de la prairie, manuellement ou mécaniquement, ou bien en utilisant le foin. • récolte durant la période où la plupart des espèces prairiales ont leurs semences arrivant à maturité ou plusieurs récoltes étaillées de mai à juillet. 	<ul style="list-style-type: none"> • possibilité d'apporter une grande diversité floristique. • pas de génotypes étrangers. • faible coût et facilité de mise en œuvre.
Semis de semences du commerce	<ul style="list-style-type: none"> • choix d'espèces présentes spontanément dans le même type de milieu, adaptées aux sols inondés et nécessairement d'origine locale contrôlée (exemple : mélange composé de <i>Schedonorus pratensis</i> subsp. <i>pratensis</i>, <i>Phleum pratense</i>, <i>Lolium perenne</i> et <i>Trifolium repens</i>). • possibilité d'utiliser uniquement le <i>Lolium x boucheanum</i>, espèce de faible longévité, pour assurer un couvert herbacé pendant 2-3 ans, le temps que les espèces spontanées s'installent ; ceci limite dans le temps la présence de l'espèce introduite. 	<ul style="list-style-type: none"> • reconstitution rapide d'un couvert herbacé, de bonne valeur fourragère et facilitant la baisse du niveau trophique du sol tout en limitant l'érosion. • technique relativement peu coûteuse et simple à mettre en œuvre.
Recolonisation spontanée		<ul style="list-style-type: none"> • absence de travail et de coût. • assurance du caractère natif des espèces colonisatrices et donc de la conservation du patrimoine génétique.
Transfert de sol	<ul style="list-style-type: none"> • préparation préalable du site receveur (élimination de la couche superficielle ou de la végétation de culture avec des produits phytosanitaires). • transfert du sol en vrac (mélange de la couche superficielle du sol décapée et de la végétation de surface) ou sous forme de banquettes qui sont ensuite replacées les unes contre les autres sur le site receveur. 	<ul style="list-style-type: none"> • introduction d'une diversité potentielle importante. • intérêt important quand le site donneur est voué à être détruit (par exemple dans le cadre de mesures compensatoires à un aménagement de génie civil).
Amélioration des conditions édaphiques par étrépage	<ul style="list-style-type: none"> • décapage du sol à l'aide d'un tractopelle sur une épaisseur choisie préalablement. 	<ul style="list-style-type: none"> • amélioration des conditions édaphiques qui seront plus favorables à l'installation d'une flore prairiale caractéristique dans un second temps.



(1) Le pâturage sur des prairies recréées - E. Vochelet, après une coupe des plantations ligneuses permet de mieux maîtriser la repousse des rejets, l'expérimentation menée par le Conservatoire d'espaces naturels Normandie Seine à Giverny a permis le retour sur la prairie reconstituée de deux espèces patrimoniales : (2) la Laîche tomenteuse (*Carex tomentosa*) - W. Lévy et (3) l'Euphorbe des marais (*Euphorbia palustris*) - E. Vochelet



Restauration d'une prairie humide sur une ancienne peupleraie, après abattage des arbres et dessouchage puis une gestion par pâturage et fauche, la recolonisation spontanée de la végétation a permis de restaurer des prairies de qualité en quelques années. La prairie à Giverny (27), site géré par le Conservatoire d'espaces naturels Normandie Seine - E. Vochelet

Le choix de la technique s'effectue en fonction de différents critères : l'intensité de la perturbation subie (par exemple si le sol est très fortement dégradé par l'abondance des fertilisants ou des produits phytosanitaires, un étrépage est souhaitable), la contiguïté ou la proximité de prairies sources qui autorise la possibilité d'envisager le choix de la recolonisation spontanée ou au contraire l'isolement de prairies sources qui impose de procéder par un semis, les moyens financiers dont on dispose et l'existence ou pas d'un site donneur. Dans de nombreux cas, le choix de la méthode s'impose de lui-même.

Limites et précautions

D'une manière générale :

- il convient de s'assurer au préalable que le fonctionnement hydrologique du site n'est pas trop altéré car une inondation plus ou moins prolongée, selon le type prairial, est indispensable au maintien des prairies humides ;
- le rétablissement des espèces et des communautés végétales présentes avant la mise en culture risque d'être long et difficile hors système alluvial régulièrement inondable : un temps de latence de l'ordre de six ans semble nécessaire pour rétablir une flore prairiale riche et diversifiée, au sein de laquelle les espèces rudérales et annuelles sont peu présentes. Par exemple, dans le cas d'une réhabilitation par semis de semences, trois stades de successions végétales seront observés : le stade initial dominé par les espèces semées, le stade de transition où se développent les espèces prairiales les plus communes et enfin le stade de maturation où apparaissent les espèces les moins communes dont les espèces mésotrophiles, caractéristiques des prairies de référence ;

- en système alluvial baigné chaque année par les inondations, l'hydrochorie permet une recolonisation plus rapide d'un cortège floristique diversifié et d'espèces patrimoniales ;
- la gestion ultérieure visera à favoriser la survie des plantules, à limiter l'invasion des espèces rudérales et à favoriser la diversification du cortège floristique. Pour ce faire, la prairie sera gérée de manière extensive : absence de fertilisation chimique et d'épandage d'herbicides, fauche exportatrice deux fois par an, avec une première fauche en juin des prairies restaurées récemment (une fauche trop tardive risque de favoriser le développement rapide d'espèces sociales comme le Fromental élevé (*Arrhenatherum elatius*) au détriment d'un cortège floristique plus diversifié) et une fauche de regain tardive, en septembre-octobre. D'une manière générale, la gestion de prairies restaurées uniquement par le pâturage après une culture est moins conseillée : il est préférable de combiner le pâturage avec plusieurs fauches annuelles notamment pour les refus. Ou alors, il est utile de gérer la prairie par fauches les premières années, puis ensuite de la faire pâtrier, tout en fauchant les éventuelles nitrophytes (Orties, *Rumex*, etc.) qui seraient trop envahissantes, notamment en cas de pâturage équin extensif. En revanche, la restauration par le pâturage après la coupe d'une peupleraie peut être adaptée, mais là encore dans l'idéal, avec une fauche des mégaphorbiaies et saulaias qui tendent à recoloniser le site.

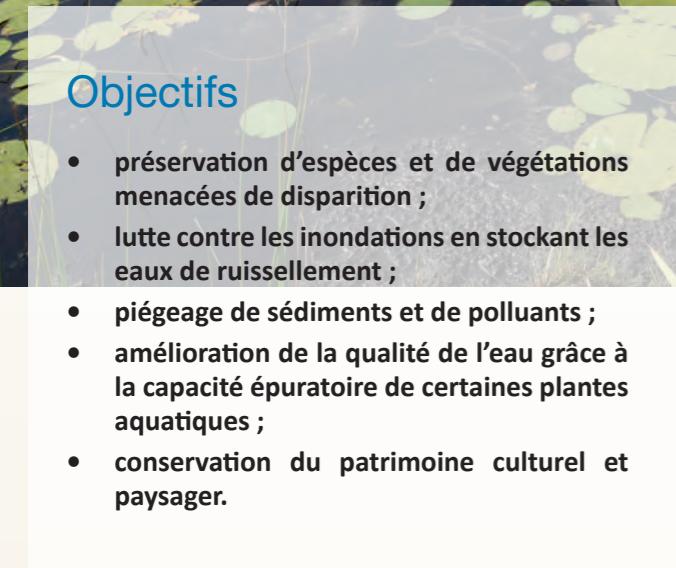
Par ailleurs, pour chacune des techniques proposées précédemment, les limites de leur efficacité et les précautions à prendre sont énumérées dans le tableau ci-dessous.

Technique	Limites	Précautions
Semis de semences récoltées dans une prairie voisine riche et diversifiée	<ul style="list-style-type: none"> • faible viabilité éventuelle des semences récoltées 	<ul style="list-style-type: none"> • récolter les semences quand elles sont à maturité.
Semis de semences du commerce	<ul style="list-style-type: none"> • introduction d'espèces qui ne sont pas natives du site. • limitation du recrutement d'espèces spontanées. 	<ul style="list-style-type: none"> • n'introduire que des semences d'origine locale, marque ©Végétal local.
Recolonisation spontanée	<ul style="list-style-type: none"> • les premières années, la surface de sol nue est importante (d'où le développement d'espèces rudérales, la récolte d'un foin en faible quantité et de mauvaise qualité fourragère, le risque d'érosion du sol). • recolonisation par les espèces prairiales caractéristiques très lente, voire incertaine. 	<ul style="list-style-type: none"> • s'assurer que la parcelle à restaurer est entourée de prairies sources riches en espèces caractéristiques.
Amélioration des conditions édaphiques par étrépage	<ul style="list-style-type: none"> • méthode nécessitant d'importants moyens techniques et financiers. 	<ul style="list-style-type: none"> • études préalables afin de choisir avec pertinence l'épaisseur de sol à décapier (cf fiche gestion « étrépage »).
Transfert de sol	<ul style="list-style-type: none"> • méthode nécessitant d'importants moyens techniques et financiers. • technique entraînant la destruction du site donneur. 	<ul style="list-style-type: none"> • vérifier la compatibilité entre les sites donneurs et receveurs en termes d'hydrologie, de substrat et de topographie. • procéder au transfert du sol durant la saison hivernale ou au début du printemps. • mettre en œuvre une gestion ultérieure en cohérence avec celle réalisée au préalable sur le site donneur.

Bibliographie

- AGRESTE, 2011
 BERG *et al.*, 2012
 BOIGNÉ, 2017
 FARRUGIA *et al.*, 2008
 JOYCE, 2014
 LAMBINON, 1997
 LEROUX *et al.*, 2008
 MÜLLER, 2000
 SPYHALA, 2003
 VECRIN, 2003
 VECRIN, & MÜLLER, 2004
 VECRIN, JAGER & MÜLLER, 2004
 SER, 2004
 SOUSSANA *et al.*, 2004
 SOUSSANA et LÜSCHER, 2007
 UNICEM, 2014
 VOCHET, 2011
 XIMENES *et al.*, 2007

Restauration des mares



Contexte

Définition

La définition d'une mare, la plus communément partagée aujourd'hui par les scientifiques et les gestionnaires de milieux naturels, est celle donnée par le Programme national de recherche sur les zones humides (2001) : « La mare est une étendue d'eau à renouvellement généralement limité, de taille variable et de 5 000 mètres carrés au maximum. Sa faible profondeur, qui peut atteindre environ deux mètres, permet à toutes les couches d'eau d'être sous l'action du rayonnement solaire, ainsi qu'aux plantes de s'enraciner sur tout le fond. De formation naturelle ou anthropique, elle se



Mare prairiale au marais Vernier (27) - J. Buchet

trouve dans des dépressions imperméables, en contexte rural, périurbain voire urbain. Alimentée par les eaux pluviales et parfois phréatiques, elle peut être associée à un système de fossés qui y pénètrent et en ressortent ; elle exerce alors un rôle tampon au ruissellement. Elle peut être sensible aux variations météorologiques et climatiques, et ainsi être temporaire. La mare constitue un écosystème au fonctionnement complexe, ouvert sur les écosystèmes voisins, qui présente à la fois une forte variabilité biologique et hydrologique interannuelle. Elle possède un fort potentiel biologique et une forte productivité potentielle » (SAJALOLI et DUTILLEUL, 2001).

Ce qu'il est important de retenir de cette définition : les mares sont des pièces d'eau stagnantes, de petites tailles, de faibles profondeurs, essentiellement alimentées par les eaux pluviales, le ruissellement, une nappe phréatique ou une nappe alluviale, et non par un cours d'eau. De ce fait elles sont soumises à un léger marnage saisonnier, participant à la richesse biologique du milieu. Cette définition s'oppose *a priori* à celle des étangs, qui si ils restent des étendues d'eau peu profondes (inférieures à



Mare forestière du massif forestier de Conches-en-Ouche (27) - W. Levy



Mare de clairière - E. Cléré

trois mètres) sont de superficies plus vastes (supérieures à un hectare) et possèdent généralement un système d'alimentation (cours d'eau, canaux d'alimentation) et de vidange, qui permettent éventuellement des mises en assec. Cependant, les végétations des étangs et des mares, du fait de l'absence de zone aphotique liée à leur faible profondeur peuvent être très comparables. En Normandie la distinction entre mares et étangs n'a jamais été très franche, vraisemblablement du fait de l'absence de traditions d'étangs piscicoles contrairement à d'autres régions. Les deux termes sont souvent confondus, comme le montre la dénomination attribuée au seul étang naturel de Normandie orientale : la Grand' Mare (27). En revanche la distinction avec les lacs est plus nette. Définis comme des étendues d'eau, de grandes superficies (plusieurs kilomètres carrés) et de grandes profondeurs (supérieures à trois mètres), il existe des gradients thermiques et lumineux entre la surface et le fond de l'eau dans les lacs, inexistant dans les mares et les étangs. De ce fait, la végétation ne s'y développe que sur les berges. Il n'y a pas de lacs naturels en Normandie orientale, en revanche quelques ballastières et gravières des plaines alluviales des principaux fleuves et rivières de la région peuvent présenter les mêmes caractéristiques. Leurs modes de gestion ou d'aménagement ne sont pas pris en compte dans cette fiche.

Origines et fonctions

Les mares peuvent être d'origine naturelle (chablis, activités de la faune sauvage, anciens bras morts et méandres liés à la dynamique fluviale, dépressions topographiques, etc.), mais dans la très grande majorité des cas elles sont d'origine anthropique. Elles ont été creusées et entretenues par l'Homme pendant des siècles pour répondre à ses besoins quotidiens :

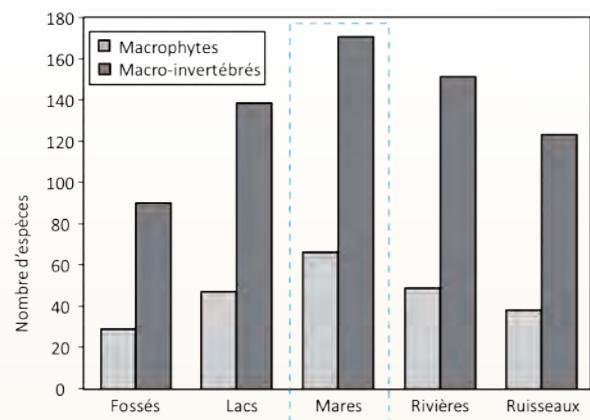
- usages domestiques (lessive, toilette, cuisine, etc.) ;
- réserves d'eau pour lutter contre les incendies, pour l'arrosage des jardins, des cultures, abreuver le bétail ;
- élevages de canards, viviers à poissons pour l'alimentation ;
- bassins pour le rouissage du lin et du chanvre, la vannerie, etc.

Avec l'évolution des pratiques agricoles et l'adduction d'eau, les mares ont perdu leurs usages domestiques et leurs fonctions d'origine et ont progressivement été abandonnées, mais elles contribuent néanmoins toujours à remplir de multiples fonctions, qui sont à l'origine d'un regain d'intérêt pour ces milieux depuis une quinzaine d'années, comme :

- les mares assurent des fonctions d'abreuvoir, d'éléments paysagers, de réservoirs d'eau contre les incendies, de bassins de retenue, notamment lorsqu'elles sont localisées à proximité des habitations, des exploitations agricoles, des axes routiers, des centres de villages ;
- les mares assurent des fonctions régulatrices de l'eau : écrêtage des crues, stockage de l'eau, pondération du régime des eaux courantes, rétention et transformation des sédiments, lutte contre l'érosion des sols, etc. ;
- les mares jouent un rôle épurateur en éliminant les polluants diffus des eaux de surface : le phosphore, l'azote, les métaux lourds (LE CABEC, 2016), aussi bien à l'échelle d'une parcelle agricole qu'à l'échelle d'un bassin versant plus important ;
- les mares, dans leur ensemble, présentent une source non négligeable en eau douce (denrée devenant précieuse et couteuse, même dans nos régions) ;
- les mares, du fait de leur grand nombre et de leur productivité élevée, fixent des quantités importantes de carbone (SNPN, 2013), cet aspect prend une importance particulière dans le contexte actuel du changement climatique, et la création de mares pourrait être envisagée comme compensation carbone, notamment au sein des exploitations agricoles de la région ;
- les mares sont un pôle d'attractivité pour le public et un outil pédagogique pour la sensibilisation des scolaires et du grand public à la protection de la nature (PRAM, 2018) ;
- les mares sont liées à l'histoire de la région et constituent un patrimoine culturel, paysager et historique important.

Des réservoirs de biodiversité pour la flore et la faune des zones humides.

Enfin, les mares, qu'elles soient, agricoles, forestières ou péri-urbaines, constituent également de véritables réservoirs de biodiversité. En effet sur un espace réduit, elles concentrent un nombre élevé de conditions biotiques et abiotiques et autant d'habitats pour l'accueil d'une flore et d'une faune diversifiées. En contexte d'agriculture intensive, comme sur les plateaux du pays de Caux ou du Roumois, elles constituent parfois les seuls îlots de biodiversité pour la faune et la flore des zones humides. Des travaux scientifiques menés en Grande-Bretagne, ont d'ailleurs montré que les mares et les étangs sont les écosystèmes aquatiques d'eau douce qui contribuent le plus à la richesse spécifique régionale pour les macro-invertébrés et les plantes, comparés aux autres habitats : rivières, ruisseaux, lacs et fossés (DAVIES *et al.*, 2008).



Richesse spécifique en macrophytes et en macro-invertébrés de différents écosystèmes aquatiques d'eau douce - Davies *et al.* 2008

Les mares garantissent la sauvegarde de nombreuses espèces de milieux aquatiques et humides (flore, amphibiens, insectes, mollusques, crustacés, planctons, etc.). De nombreuses espèces et végétations patrimoniales dépendent d'ailleurs entièrement de la présence des mares pour leur survie en Normandie orientale.



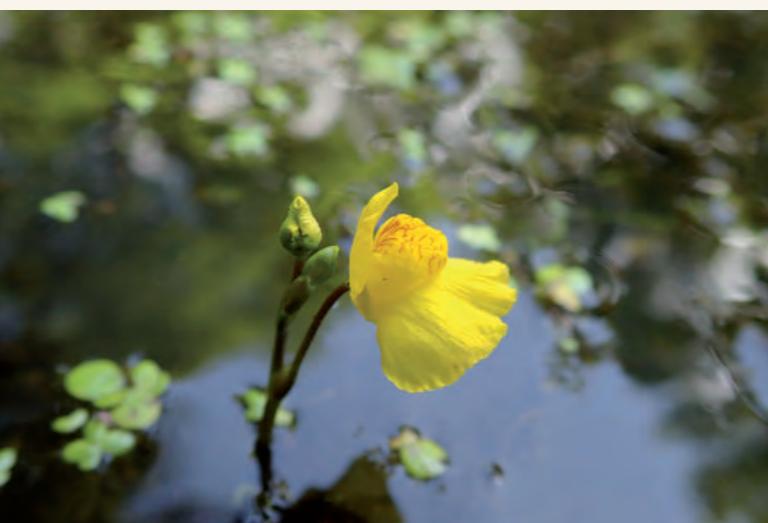
Ludwigie des marais (*Ludwigia palustris*), espèce exceptionnelle des mares de la forêt de Roumare (76) - J. Buchet

Les caractéristiques de chaque mare (substrat, température, pH, exposition, profondeur, durée de période en eau, volume, milieu environnant, présence de prédateurs, d'engrais, de pesticides ou autres polluants, etc.) déterminent les espèces qui s'y installent.

Les mares constituent une zone de transition entre les milieux terrestres et aquatiques, offrant des gradients écologiques propices à l'installation d'une flore très diversifiée. La profondeur de l'eau et les variations saisonnières du niveau d'eau induisent des ceintures autour de la mare qui vont conditionner la répartition des espèces et des végétations.

Sur un rayon partant de la zone la plus profonde de la mare vers sa périphérie, les plantes se répartissent en fonction de leur forme biologique :

- Les hydrophytes, plantes aquatiques vivant entièrement ou en grande partie immergée dans l'eau, pouvant se décliner en plusieurs sous-types :
 - les hydrothérophytes libres : plantes aquatiques annuelles, flottantes dont l'appareil végétatif est immergé ou dont seule une partie de l'appareil végétatif est émergée (exemples : les lentilles d'eau, *Hydrocharis morsus-ranae*, les utriculaires, etc.) ;
 - les hydrothérophytes enracinées : hydrophytes annuelles, enracinées au fond de l'eau, passant les mauvaises saisons (l'hiver en raison du froid, et/ou l'été à cause de l'assèchement du milieu) sous forme de graines ou d'hibernacles (exemple : les callitriches) ;
 - les hydrogéophytes : plantes aquatiques fixées au fond de l'eau, à bourgeons d'hiver portés par un rhizome enfoui dans la vase ou le sable (exemple : les nénuphars) ;
 - les hydrohémicryptophytes : plantes aquatiques fixées au fond de l'eau, à bourgeons d'hiver situés à la surface de la vase ou du sable (exemples : *Littorella uniflora*, *Hottonia palustris*) ;
- les héliophytes : plantes croissant au bord des eaux, avec la souche et les bourgeons d'hiver enfouis dans la vase ou le sable submergé et à partie supérieure



Utriculaire citrine (*Utricularia australis*), espèce protégée régionale des mares oligotrophes - E. Cléré



Étoile d'eau (*Damasonium alisma*), espèce protégée nationale, Louviers (27), en voie de disparition sur le nord de la France - E. Cléré



Queue d'étang à Pilulaire à globules (*Pilularia globulifera*) exceptionnelle sur le territoire, caractérisant la Végétation à Pilulaire à globules (*Pilularietum globuliferae*). La végétation profite des berges en pentes très douces pour se développer - E. Cléré

Les végétations prariales, dont :

- les prairies humides des sols plus ou moins engorgés en surface (*Agrostietea stoloniferae*)
- les prairies mésophiles à mésohygrophiles (*Arrhenatheretea elatioris* p. p.)

Forêts et fourrés riverains à bois tendres, dont :

Les forêts et fourrés riverains à bois tendres (*Salicetea purpureae*)

Menaces

Qu'elles soient d'origine naturelle ou anthropique, les mares se comblent naturellement en absence d'entretien. L'accumulation de divers matériaux (végétaux, cadavres d'animaux, matières organiques en décomposition, sédiments issus des eaux de ruissellement, etc.), concourent à diminuer progressivement la profondeur de la mare, facilitant son envahissement progressif par les héliophytes, chaméphytes puis phanérophytes (saules, ronciers, orties, etc.) aboutissant à son atterrissage naturel.

L'évolution vers le stade terrestre des mares est inéluctable et peut être très rapide : il est de l'ordre de quelques dizaines d'années pour les mares de plaine (OERTLI, 2013) et peut être plus rapide pour les mares forestières où les apports en branchages et feuilles mortes sont plus conséquents. Les sédiments des mares sont composés d'un mélange complexe de matières organique et minérale issues du bassin versant avec des fractions plus ou moins variées en argiles, limons, sables et graviers.

Écartées de leurs usages traditionnels, la grande majorité des mares a été abandonnée et bon nombre d'entre elles ont été remblayées ou se sont comblées naturellement. C'est ainsi que de nombreux pays industrialisés d'Europe occidentale ont perdu de 50 à 90 % de leurs mares sur les dernières décennies. La France n'échappe pas à ce phénomène, depuis les années 50, le nombre de mares et d'étangs a fortement diminué et en Normandie orientale, 90 % des mares auraient ainsi disparu depuis le début du XX^e siècle (PRAM NORMANDIE, 2018), et les restantes sont majoritairement en mauvais états de conservation.

À fin 2018, 16 292 mares en Normandie orientale, dont 9 270 en Seine-Maritime et 7 022 dans l'Eure ont été recensées (PRAM NORMANDIE, 2018).

Au-delà de leur abandon ou de leur remblaiement faute d'utilité, deux facteurs principaux sont à l'origine de cette situation alarmante :

- La pollution par les eaux du bassin versant :
 - apports de sédiments, nitrates, phosphates, pesticides, etc., issus principalement du ruissellement des terres agricoles et dans une moindre mesure de rejets domestiques, l'apport d'éléments nutritifs en excès, conduit à l'eutrophisation de l'eau (enrichissement en éléments nutritifs) entraînant une homogénéisation et une banalisation des milieux. Des molécules chimiques issues de traitements phytosanitaires et de divers rejets sont également présentes dans les mares, avec des effets réels mais plus insidieux et méconnus que l'eutrophisation ;
 - apports d'huiles et d'eaux chargées de métaux lourds ou de sel (en période hivernale) : issus des ruissellements des surfaces imperméabilisées (chaussées, parking, etc.), ils sont toxiques pour les animaux et les végétaux et entraînent des déséquilibres dans le milieu ;
- l'urbanisation et l'artificialisation des milieux naturels entraînent de nombreux dysfonctionnements :
 - la destruction au profit d'aménagements urbains, industriels, commerciaux, etc. ;
 - la fragmentation des paysages naturels, qui détruit la connectivité entre les mares, pourtant nécessaire au maintien de nombreuses espèces ayant un pouvoir de dispersion limité ;
 - l'artificialisation des mares pour un usage récréatif, caractérisée par une gestion trop intensive, menant à une banalisation des milieux, à l'introduction d'espèces exotiques ornementales comme les canards, les poissons, les jussies, etc., entraînant l'eutrophisation de l'eau et la disparition des espèces locales ;



Mare de village, la présence de canards en trop grand nombre conduit à la disparition de la végétation dans et autour de la mares - E. Bernet

- l'arrivée mal maîtrisée de l'eau : la modification des bassins versants de la mare peut entraîner des modifications dans son alimentation, par rapport à la quantité d'eau, la taille de la mare peut alors se retrouver sur ou sous-dimensionnée, entraînant de profonds dysfonctionnements (assèchement ou débordement), et par rapport à la vitesse d'arrivée de l'eau, une arrivée avec force entraîne la dégradation des berge par ravinement et à terme son comblement progressif par les matériaux arrachés se déposant sur le fond.

L'Homme a été d'une importance déterminante dans l'origine et la persistance des mares, mais il doit maintenant également s'investir dans leur gestion pour les conserver en appliquant des méthodes de restauration adaptées.

Méthodes

Avant toutes interventions il sera nécessaire de définir des objectifs précis pour la restauration des mares concernées (écologique, hydrologique, pédagogique, paysager, etc.) et d'effectuer un diagnostic détaillé de l'état des lieux de la zone à restaurer : état de conservation, fonctionnement, patrimoine naturel présent (une attention particulière



Mare en cours d'atterrissement : envahissement par la végétation, début de colonisation par les arbustes, baisse du niveau d'eau - W. Levy



Mare forestière à sphagnes, milieu exceptionnel et fragile, nécessitant des interventions de gestion mesurées, forêt d'Eu (76) - J. Buchet

sera portée aux espèces protégées de la flore et de la faune, présentes en grand nombre sur ces milieux). Ce diagnostic préalable est incontournable pour orienter le gestionnaire dans chacun de ces itinéraires techniques.

1 Lutte contre les atterrissements

Le niveau des interventions à mettre en œuvre dépendra du stade d'atterrissement de la mare. Deux types d'interventions sont à envisager : l'intervention sur la végétation, lorsque le phénomène d'atterrissement est débutant et le curage lorsque celui-ci est déjà bien amorcé. Tous les types de mares sont concernés (forestières, prairiales, liées aux habitations, etc.).

La gestion des végétaux vise à limiter la fermeture de la mare par les grands hélophytes, conserver des secteurs en eau libre et limiter les apports de matières organiques.

Les roseaux (*Phragmites australis*, *Phalaris arundinacea*), les massettes (*Typha angustifolia*, *Typha latifolia*), les glycérias (ex : *Glyceria maxima*) sont des espèces compétitrices, à rhizomes, pouvant coloniser rapidement un milieu lorsque les conditions leurs sont favorables. Sur une mare, elles vont d'abord coloniser les berge, sous forme de ceinture puis se refermer progressivement vers le centre, pour ne plus former qu'une roselière. Une coupe exportatrice d'une partie des roseaux, au-dessus du niveau de l'eau (opération équivalente au fauillage), peut être mise en œuvre. La fauche est à effectuer préférentiellement au printemps, en période de croissance des végétaux afin d'affaiblir les plantes et leurs réserves. L'opération est à renouveler plusieurs années de suite (trois à cinq ans selon la dynamique de la population). Une autre méthode plus contraignante mais plus efficace consiste à enlever les rhizomes des plantes. Dans les deux cas, les roseaux et plantes assimilées procurent des ressources en abris et en nourriture pour de nombreuses espèces de la faune, ils absorbent également une grande quantité de nutriments et de polluants, jouant ainsi le rôle de filtres biologiques ; il est donc nécessaire d'en conserver autour des mares, tout en régulant leur développement.

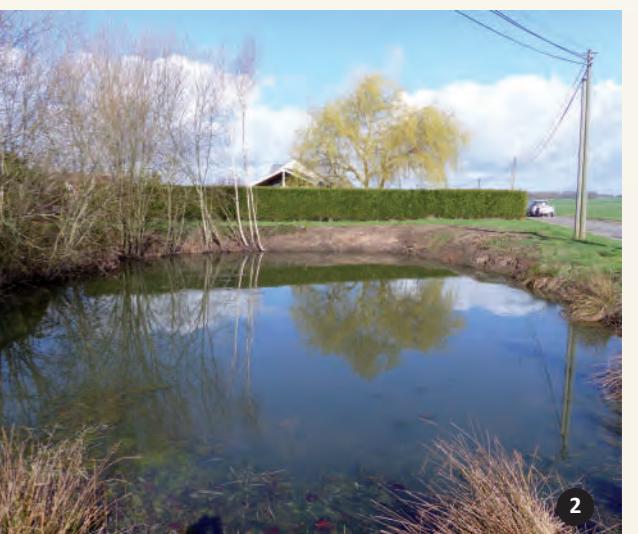
Des débroussaillages sur les berge peuvent également être préconisés afin de limiter la fermeture du milieu par les végétaux ligneux et pour favoriser l'ensoleillement d'une plus grande partie de la mare.

L'envasissement des mares par les lentilles d'eau est également un phénomène répandu, qui concerne toutes les mares, mais plus particulièrement les jeunes mares, récemment creusées et/ou restaurées. Le plus fréquemment il s'agit de voiles de *Lemna minor* à laquelle peuvent également se joindre des espèces d'origine américaine apparues plus ou moins récemment *Lemna turionifera*, *Lemna minuta* ou *Azolla filiculoides*. Le développement de tapis de Lemnacées à la surface des pièces d'eau est un indicateur d'une eau très riche en nutriments (azote ammoniacal et phosphore) et d'un niveau d'eutrophisation très élevé. Les lentilles d'eau, se multipliant essentiellement par bourgeonnement, peuvent recouvrir de grandes surfaces en peu de temps. Elles empêchent alors la lumière d'atteindre le fond de la mare et condamnent ainsi le développement des herbiers immergés enracinés, le développement du plancton, l'activité des micro-organismes, etc. Cet enchainement génère des conditions anoxiques préjudiciables au fonctionnement de l'ensemble de l'hydrosystème et accélère son envasement. Dans un premier temps des mesures d'écrémage de la mare pourront être envisagées. Il s'agit de « ratisser » la surface de l'eau afin d'ôter le tapis de Lemnacées puis de l'exporter hors de la zone traitée (en compostage par exemple). Cette opération peut se faire avec un râteau, ou des filets, mais bien qu'ils soient peu répandus en Normandie orientale les outils les plus adaptés restent ceux utilisés par les paludiers pour la récolte du sel (le las et la lousse). Cette opération permet de limiter la quantité de végétaux en décomposition et par conséquent les apports en matière organique dans la mare. Elle favorise également la restauration de conditions héliophiles nécessaires aux strates végétales sous-jacentes.

Avant toutes interventions de ce type il est nécessaire d'effectuer un diagnostic précis des espèces présentes dans la strate flottante, en effet de nombreuses espèces



Restauration d'une mare atterie, colonisée par les Massettes à larges feuilles (*Typha latifolia*) et les ligneux, par le Conservatoire d'espaces naturels Normandie Seine. Les travaux ont permis la remise en lumière et en eau de la mare, Garancières (27)



1- Situation avant travaux - E. Bernet - 2- après travaux - S. Lemonnier



Mare colonisée par les lentilles d'eau, forêt d'Eu (76) - JP. Legrand



Présence d'algues filamenteuses brunes, caractéristiques d'un niveau d'eutrophisation trop élevé - F. Rozanska

inféodées à ces milieux sont rares et menacées, en Normandie orientale : *Lemna gibba*, *Spirodela polyrhiza*, *Hydrocharis morsus-ranae*, etc. et certaines font l'objet d'un statut de protection *Stratiotes aloides*, *Utricularia australis*. Plusieurs végétations sont également en régression et d'intérêt communautaire : *Lemnetum gibbae* (Voile aquatique à Lentille d'eau bossue), *Spirodela polyrhizae* - *Lemnetum minoris* (Voile aquatique à Spirodèle à plusieurs racines et Petite lentille d'eau), *Lemno minoris* - *Hydrocharitetum morsus-ranae* (Herbier flottant à Stratiote faux-aloès et Morrène aquatique), etc. En présence de ces espèces ou végétations, il conviendra tout de même d'intervenir, mais en n'allant pas au-delà de la moitié de la surface en eau à traiter. En absence d'espèces patrimoniales, jusqu'à 4/5^e de la végétation peuvent être dégagés. Cette végétation abrite de nombreux organismes. Pour limiter les atteintes sur ces groupes, il est conseillé de laisser les végétaux une à deux journées sur le bord de la mare avant leur export, pour que quelques espèces de la faune puissent rejoindre le milieu aquatique.

L'eutrophisation élevée du milieu peut également être à l'origine de développements spectaculaires d'algues filamenteuses, favorisés par l'ensoleillement et les températures élevées. Un retour à des températures plus fraîches peut suffire à faire disparaître ces proliférations, mais il est recommandé de ne pas laisser ces amas d'algues se décomposer dans les plans d'eau, pour éviter l'accumulation de matière organique. Elles pourront être traitées de la même façon que les voiles de lentilles d'eau, avec les mêmes précautions, notamment vis-à-vis de la faune aquatique. Des opérations de curage doux peuvent également être bénéfiques (cf. paragraphe suivant). Ces opérations d'écrémages peuvent ponctuellement apporter une solution aux milieux envahis, cependant, elles ne traitent pas la cause de ces phénomènes d'envahissement. En parallèle, il sera donc nécessaire de vérifier la qualité des eaux qui alimentent la mare et de prendre des mesures éventuelles, à l'échelle de la mare ou de l'ensemble des eaux du bassin versant, lorsque c'est possible, afin de réduire les teneurs en nutriments.

Le curage consiste à extraire les débris organiques et les sédiments déposés sur le fond de la mare (les vases). Les modalités vont dépendre du niveau de comblement de la mare par les vases, mais il peut aussi s'apparenter à un recréusement lorsque l'atterrissement de la mare est presque total. Lorsque les boues et les vases ne sont pas trop compactes et les surfaces à traitées restreintes, le curage peut être envisagé manuellement, à l'aide de pelles émoussées, ou de baguettes, puis de brouettes manuelles ou de brouettes à chenilles pour exporter les vases. Le curage manuel est moins « traumatisant » pour le milieu, mais s'avère fastidieux et de faible rendement. Il est à réservé aux espaces les plus fragiles ou difficiles d'accès (présence d'espèces menacées, mares de très petites tailles, sols peu portant comme pour les mares forestières à sphaignes). Le curage manuel, plus doux, peut également être appliqué pour ne retirer que les quelques centimètres superficiels de la vase, juste après une trop forte colonisation par des algues filamenteuses par exemple. Il permet d'augmenter sensiblement la profondeur de l'eau et de limiter l'épaisseur de vases eutrophes ce qui atténue le réchauffement de l'eau et freine ainsi le développement des algues.

La plupart du temps, le curage peut se faire de façon mécanique, à l'aide d'une pelleteuse à chenilles avec godet plat et percé de préférence.

Dans les deux cas, manuel ou mécanique, des précautions seront à prendre :

- il faudra s'assurer de ne pas perforer ou fragiliser la couche argileuse imperméable de la mare. L'épaisseur de la vase pourra être estimée au préalable à l'aide d'un piquet gradué et, si nécessaire, l'épaisseur du fond imperméable à l'aide de sondages à la tarière, la réimperméabilisation d'une mare est difficile et nécessite la plupart du temps de la vider au préalable ;
- lors d'un curage de mare, l'objectif est généralement de retrouver ses dimensions d'origine en ne supprimant que les vases qui se sont accumulées, cependant dans le cadre d'une restauration, la présence d'engins mécaniques peut aussi être l'occasion de redessiner les berges et le profil de la mare. Ces éléments seront à définir dans le diagnostic initial ;



Curage mécanique, mare forestière (27) - W. Levy



Évacuation mécanique des vases - E. Bernet

eaux oligotrophes et claires. Par exemple, les végétations à Characées, d'intérêt communautaire en Normandie orientale et fortement menacées, forment des herbiers pionniers au fond des plans d'eau, et ne tolèrent que des teneurs très faibles en nitrates et phosphates (une concentration en phosphates supérieure à 0,02 mg/L est rédhibitoire à leur développement) ; les herbiers immergés à Potamot luisant (*Potametum lucentis*), exceptionnels en Normandie orientale, sont quant à eux sensibles à la turbidité de l'eau et ne se développent que dans les eaux claires, etc.

Pour lutter contre l'enrichissement des eaux en nutriments, en polluants et en sédiments, apporté par les eaux de ruissellement, des mesures sont à prendre de façon plus globale à l'échelle des bassins versants (cf. fiche gestion n°1), cependant quelques mesures de sauvegarde peuvent être entreprises à l'échelle des mares. La mise en place de bandes enherbées permet de lutter contre la contamination des ressources superficielles par les pollutions diffuses. Les bandes enherbées constituent des filtres biologiques qui captent les particules en suspension dans les eaux de ruissellement, favorisent leur infiltration et leur épuration, tout en limitant l'érosion. Des résultats probants ont été obtenus sur les teneurs en produits phytosanitaires, nitrates et phosphates. Des bandes enherbées de six mètres de large *a minima* permettent déjà d'avoir un impact positif sur les eaux de ruissellement (GROSSI *et al.*, 2010) :

- diminution du ruissellement de 60 % ;
- diminution des matières en suspension de 85 % ;
- diminution du taux de nitrates de 45%.

Des mesures complémentaires consistent à identifier les sources de ruissellement alimentant la mare concernée et à détourner celles provenant de milieux potentiellement pollués (labours, cultures, infrastructures routières, etc.). L'objectif étant de limiter au maximum l'alimentation de la mare aux seules précipitations (ou à la nappe souterraine). Ces mesures peuvent cependant nécessiter des autorisations préalables (notamment pour les mares réalisées avec un objectif hydraulique), et bien qu'efficaces



La culture en contact direct avec la mare est source de pollution permanente pour l'écosystème - B. Levrel



Mise en place d'une bande enherbée tout autour de la mare afin d'écartier la culture - B. Levrel

elles ne sont pas toujours possibles. Des barrages flottants pour les graisses et des cuves de décantation pour les métaux lourds, peuvent également être installés. Mais ceux-ci nécessitent des travaux pour canaliser les eaux de ruissellement vers un seul point d'arrivée sur la mare. L'aménagement d'une « tête de mare » avec un bassin à hélophytes de faible profondeur peut également permettre d'absorber une partie des nutriments avant l'arrivée de l'eau dans la mare elle-même. Il sera alors nécessaire de gérer l'expansion des massifs d'hélophytes. Il ne s'agit cependant que de mesures palliatives, qui peuvent être lourdes à installer à l'échelle d'une mare et d'autant plus à l'échelle d'un réseau de mares. Ces mesures ne s'attaquent pas aux causes de la pollution, qui reste le seul moyen de restaurer durablement des milieux aquatiques de qualité.

La turbidité de l'eau a des conséquences néfastes sur le développement des herbiers aquatiques. Afin de lutter contre cette altération, lorsqu'elle n'est pas liée à des apports extérieurs par le ruissellement, des précautions sont à prendre :



Arrivée d'eau turbide en provenance de ruissellements sur une mare de village (27) - W. Levy



Le piétinement des berges par les animaux sauvages en milieu forestier est une source de dégradation importante, entraînant la turbidité de l'eau et la destruction des végétations, la pose d'une clôture peut être une solution efficace - W. Levy



Mare d'eau turbide, massif forestier de Conches-en-Ouche (27) - E. Cléré

être installé dans la prairie. Il est également possible de laisser accessible une petite partie de la mare aux animaux, en faisant pénétrer la clôture à l'intérieur de la mare sur quelques mètres uniquement. Une descente stabilisée vers l'eau peut être installée, afin de limiter les phénomènes d'érosion et le départ de matières organiques.

3 Creusement

Face à la disparition conséquente du nombre de mares en Normandie orientale, il peut être pertinent d'en créer de nouvelles, soit dans des espaces où elles sont inexistantes, soit pour renforcer un réseau de mares déjà existant.

Comme pour le curage, le creusement de la mare, selon sa taille peut se faire manuellement ou à la pelle mécanique. Il est préférable de donner un contour irrégulier à la mare, privilégiant les formes courbes, afin de créer le maximum de linéaire d'interface entre la terre et l'eau, favorable à la diversité animale et végétale. Les profondeurs doivent être variées, et irrégulières, avec



Restauration d'une mare forestière envahie par les graminées et les arbustes, Caugé (27) - E. Bernet



des paliers et des secteurs plus profonds (de plus de 0,70 mètre et de deux mètres au maximum). Les zones profondes servent d'abris et de refuges en périodes de sécheresse et de gel. Il est important de favoriser la présence de berges en pentes douces (inférieures à 30 %) pour favoriser et diversifier l'installation des végétations et faciliter la circulation des animaux (notamment les amphibiens).

Il est important de conserver une bande enherbée autour de la mare et il peut être intéressant de conserver une lisière proche, afin de conserver des parties fraîches en été. Mais ceci uniquement sur une partie de la mare, afin de permettre un bon ensoleillement d'au moins les 2/3 de la mare (1/2 en milieu forestier) et de limiter l'apport de matière organique par la chute des feuilles.

L'emplacement est à privilégier sur des terrains déjà imperméables (secteurs argileux), sinon il faudra assurer l'étanchéité de la mare. En milieux naturels, l'utilisation de bâche plastique est à éviter du fait de la diffusion de substances toxiques dans le milieu. Il est préférable de constituer un fond en argile, un matériau naturel et qui garantit une bonne intégration paysagère. L'argile peut être répartie sans la mouiller sur le fond et toutes les parois de la mare en couche épaisse (30 à 50 centimètres), puis dans un deuxième temps mouillée et piétinée de façon à obtenir une bonne étanchéité. L'apport d'une fine couche de limon ou de sable sur l'argile permet d'éviter d'éventuelles fissures.

Le risque d'introduire des espèces exotiques envahissantes de faune ou de flore, voire des éléments pathogènes, est si important sur ces milieux fermés, qu'il est conseillé de laisser la flore et la faune indigènes coloniser spontanément le milieu.

La création de mare en milieux prairiaux ou tourbeux inondés se rapproche plus des interventions d'étrépage (cf fiche gestion n°5).

Limites et précautions

Quasiment toutes les interventions sur les mares sont soumises à une réglementation. Il sera nécessaire de se rapprocher des structures porteuses du SAGE (Schémas d'aménagement et de gestion des eaux), de la Direction départementale des territoires et de la mer (DDTM), et des services de la mairie (pour les obligations liées à l'urbanisme).

La restauration, l'entretien ou la création de mares nécessitent des connaissances pointues en écologie, en hydrologie, en sédimentologie, etc., il est recommandé de s'adresser à des structures compétentes avant de se lancer dans un projet. À ce jour en Normandie les deux Conservatoires d'espaces naturels normands (le Conservatoire d'espaces naturels Normandie Seine et le Conservatoire d'espaces naturels Normandie Ouest) se sont associés entre eux et à de multiples partenaires pour animer un Programme Régional d'Actions en faveur des Mares (PRAM) de Normandie. Celui-ci a pour objectifs de :

- connaître le nombre de mares et leur répartition en Normandie ;
- améliorer les connaissances sur la diversité et la biodiversité des mares et réseaux de mares ;
- entretenir et restaurer les mares et réseaux de mares ;
- protéger les mares (sensibilisation, formations, mesures réglementaires, etc.) ;
- créer une synergie entre les différents acteurs.

Ces structures sont à même d'accompagner tout porteur de projet de restauration de mare.

Des interventions sur une mare seule permettent de la préserver à moyen terme et constitue un refuge important pour la faune et la flore locale, d'autant plus dans un environnement pauvre en biodiversité comme les mares en zones agricoles intensives. Néanmoins en termes de fonctionnalités et de préservation des espèces fonctionnant en métapopulations (ensemble de populations d'une même espèce séparées spatialement mais entre lesquelles il existe des échanges) une approche à l'échelle d'un réseau de mares, s'inscrivant dans la démarche de type Trame Verte et Bleue, semble plus pertinente pour les préserver sur le long terme. Des mesures de gestion visant à restaurer la connectivité entre les mares sont donc également à envisager en complément des actions de restauration ponctuelles : plantation de haies, reconversion de cultures en prairies, surveillance des entrées d'espèces exotiques envahissantes, création de nouvelles mares pour densifier le réseau, etc. Les plans de gestion ne sont plus à réfléchir à l'échelle de la mare mais du réseau de mares.

Bibliographie

- DAVIES *et al.*, 2008
 GROSSI *et al.*, 2010
 HUSTE, 2016
 LE CABEC, 2016
 LEGALL, 2016
 OERTLI & FROSSARD, 2013
 PRAM NORMANDIE, 2016, 2017, 2018
 SAJALOLI & DUTILLEUL, 2001.
 SAJALOLI & TESSIER-ENSMINGER, 1996
 SNPN, 2013
 WILLIAMS *et al.*, 2004

Fauche avec exportation

Objectifs

- **maintenir ou restaurer le caractère ouvert des milieux semi-naturels humides et conjointement les populations d'espèces animales et végétales qui y sont inféodées ;**
- **lutter contre les processus dynamiques d'ourlification et d'embroussaillement ;**
- **maintenir ou abaisser le degré de trophie du substrat (« amaigrissement trophique ») ;**
- **limiter le développement des espèces compétitives, souvent monopolistes ;**
- **limiter l'atterrissement des milieux (roselières, milieux tourbeux, etc.) ;**
- **gérer un milieu ouvert par un mode opératoire ponctuel et assez facilement maîtrisable.**



Prairie humide fauchée - A. Dardillac

Contexte

Les pratiques ancestrales de fauche dans les zones humides de Normandie orientale (prairies à joncs et carex, roselières, tourbières, landes, etc.) ont progressivement disparu depuis la première guerre mondiale, essentiellement du fait du faible intérêt économique de ces activités. En effet, en raison de l'engorgement prolongé et de la faible portance des milieux humides, la fauche est maintenant plus complexe à mettre en œuvre de façon mécanique, contrairement à l'époque où elle se pratiquait de façon manuelle ou grâce à la traction animale. L'intérêt pour les produits issus de ces fauches a également fortement régressé, voire quasiment disparu : foin tardif pour les équidés, litière pour le bétail, récolte des roseaux pour les chaumières ou la vannerie, « paillage » de cultures, etc. Ces activités étaient également souvent en lien avec l'élevage, également en fort déclin dans les zones humides les moins productives. Ainsi, des zones anciennement fauchées et/ou pâturées pendant des siècles ont été délaissées, au profit des boisements et de la fermeture des milieux, avec la perte concomitante des espèces végétales et animales liées aux milieux ouverts.



La fauche des foin - AREHN



La récolte des foin - AREHN

La fauche exportatrice s'avère pourtant être un mode de préservation et de restauration des milieux semi-naturels humides (bas-marais, roselières, mégaphorbiaies, prairies et landes hygrophiles) efficace. Elle permet de limiter l'atterrissement des milieux dû à l'accumulation de litière, le développement des espèces monopolistes et l'eutrophisation excessive du sol due à la décomposition de la matière organique, très préjudiciable aux communautés végétales oligotrophiles à mésotrophiles. La fauche exportatrice peut également être utilisée en complément du pâturage, par exemple pour limiter les refus, ou pour restaurer plus rapidement un milieu très dense et trop eutrophe. Traditionnellement, la fauche des refus se pratiquait dans toute la Normandie, il s'agissait de faucher les herbes dures et peu appétissantes non consommées par le bétail pratique également appelée « blanchir » un pré (HEDIN, L, 1951).

Aujourd'hui, les dernières zones humides encore fauchées en Normandie orientale le sont pour des raisons :

- **économiques agricoles** : récolte du foin dans les prairies alluviales fauchées et souvent pâturées en fin de saison, en particulier en vallée de la Risle, dans le Bray humide, en Seine Aval, vallée de l'Epte, etc ; fauche des refus des pâtures ;
- **écologiques** : pour l'entretien de milieux naturels prairiaux ou landicoles ouverts ;
- **cynégétiques** : fauche de layons au sein de roselières, entretien de platières à bécassines et d'abords de hutte, etc. ;
- **halieutiques** : entretiens de places de pêche et de chemins d'accès pour les pêcheurs en bord d'étangs ou de cours d'eau.

Ces deux dernières pratiques sont souvent non suivies d'exportation, ce qui peut entraîner l'eutrophisation des sols, avec développement d'espèces rudérales (orties, chardons, ronces, etc.).

Les prairies de fauche restantes en zone humide sont souvent intensifiées et fertilisées, ce qui s'accompagne d'une banalisation de leur flore, ou sont reconvertis (cas de prairies inondables, souvent drainées et transformées en cultures de maïs, en peupleraies, en pâtures intensives).



Prairie humide amendée (chaux) et fertilisée (fumier) dans le but d'augmenter la productivité – Pays de Bray - J.Buchet

Méthodes

Deux types de fauches suivies d'exportation peuvent être distingués : la fauche de restauration et celle d'entretien. La première concerne généralement des milieux évolués abandonnés depuis longtemps (présence de ligneux, strate herbacée dense et haute, etc.) que l'on cherche à réouvrir. Elle intervient souvent après un déboisement et/ou un débroussaillage. La seconde s'applique à des milieux déjà ouverts que l'on souhaite conserver en l'état.

La fauche est caractérisée par deux paramètres essentiels : la période et la fréquence, qui seront déterminés en fonction de la phénologie des espèces et habitats que l'on souhaite favoriser ou *a contrario* faire régresser.

Fauche de restauration

Dans le cas d'une fauche de restauration, il est souvent nécessaire de commencer par diminuer la trophie du sol et la densité de(s) espèce(s) compétitive(s). Deux coupes annuelles, voire trois dans le cas des végétations très productives, sont nécessaires. La première intervention a lieu pendant la phase de croissance de l'espèce à éliminer. Ainsi, celle-ci ne peut reconstituer ses réserves et est obligée d'y puiser à nouveau pour repousser après la coupe, ce qui l'affaiblit.

La période de coupe optimale est le moment où l'espèce mobilise le plus ses ressources dans la partie haute de la plante pour constituer les ressources lipidiques de ses

graines. Même si les effets sont souvent visibles dès la première année, une fauche pendant plusieurs années de suite est souvent nécessaire avant de passer à une fauche d'entretien annuelle, en particulier pour des milieux eutrophes.

Les périodes de fauche de restauration s'étaisent souvent de juillet à septembre (octobre) et parfois en hiver selon les habitats et les espèces visés, selon les niveaux d'eau, etc.

Enfin, il convient d'exporter les produits de fauche pour ne pas favoriser l'eutrophisation du substrat. Ils peuvent être brûlés, sur des braseros de tôles en marais tourbeux pour ne pas brûler la tourbe, ou stockés en périphérie du marais sur des emplacements peu sensibles. Ce qui entraîne souvent des coûts à l'hectare élevés.

Fauches d'entretien et dates de fauche

Les gestionnaires d'espaces naturels préconisent plutôt une fauche tardive en août car certaines espèces d'oiseaux (Râle des genêts, Courlis cendré, Tarier des prés, etc.) et d'insectes prairiaux notamment pourraient subir des dommages en cas de fauche en juin-juillet.

Cependant il est à noter que la période de fauche démarrant à la Saint-Jean autour du 24 juin a toujours été pratiquée par les agriculteurs depuis des siècles dans nos régions (DEMANGEON, 1905, HEDIN, 1951), et l'est encore aujourd'hui dans les quelques rares prairies fauchées de la vallée de la Seine aval, de la vallée de la Risle ou du pays de Bray, essentiellement pour récolter le foin qui alimente les animaux en hiver. Pour les prés de fauche du *Colchico-Arrhenatherion*, on peut supposer que des fauches étaillées de fin juin à mi-juillet ne nuisent que peu à la richesse faunistique des prairies de fauche alluviales car, comme pour la flore, les espèces inféodées

à ces milieux ont un cycle de vie adapté aux conditions locales d'exploitation. Sinon, ces espèces auraient déjà disparu depuis des siècles, puisque la fauche pour la récolte de fourrage est une pratique multiséculaire. En revanche, des fauches avant la mi-juin, parfois en mai, ne sont pas optimales ni pour la faune, ni pour la flore. Plus que les dates de fauche fin juin, il semble que ce soit essentiellement l'intensification des pratiques qui soit à l'origine de la fragilisation des espèces et de la régression de nombreuses populations animales et végétales.

Aussi, dans le cadre de la conservation optimale des prairies de fauche humides typiques de la région, il s'agit bien de pérenniser ou de restaurer les périodes de fauche traditionnelles des agriculteurs, la seule fertilisation étant celle apportée naturellement par les crues du cours d'eau en période hivernale. Cette fertilisation semble souvent importante, comme le reconnaissent eux-mêmes de nombreux éleveurs

Cependant des compromis pourront être localement recherchés pour concilier les enjeux faunistiques et phytocénotiques. Dans ce cas, la fauche pourra être retardée jusqu'au 15-20 juillet. Au-delà de cette date, les espèces d'ourlets hygrophiles risqueraient d'être favorisées au détriment des espèces qui font toute l'originalité et confortent la valeur patrimoniale de ces prairies, tout au moins en système alluvial où le développement de la végétation est plus précoce qu'en marais tourbeux. Chaque type de végétation au sein d'un écosystème donné devra faire l'objet d'une expertise afin de déterminer les dates de fauche optimales : ainsi en marais tourbeux alcalin très inondé (tremblants), les dates de fauche peuvent être envisagées au mois d'août.

Si l'objectif porte sur la conservation d'une végétation, la période ne peut être déterminée qu'en ayant connaissance de la dynamique du milieu : la fauche

d'entretien aura lieu au moment de la phase de maturité de la végétation (après sa phase d'édification et avant sa phase de sénescence). La fréquence est le plus souvent fonction de la productivité de la végétation concernée : plus cette dernière est productive et plus les fauches seront rapprochées (exemples : fauche quinquennale à décennale pour une lande hygrophile, fauche biennale à triennale pour une prairie hygrophile du *Juncion acutiflori*, fauche annuelle pour une prairie hygrophile du *Bromion racemosi*).

Quelques valeurs de fréquence de fauche sont proposées dans le tableau suivant, à titre indicatif, elles nécessitent d'être affinées en fonction des conditions locales et des objectifs de gestion.

Fréquence et date	
Tourbières et bas-marais	Fréquence de 2 à 5 ans à adapter suivant la dynamique et la portance du milieu
Landes humides	Fréquence à adapter suivant la dynamique du milieu (2 à 5 ans).
Prairies humides eutrophe	- Entretien : fauche annuelle en début d'été - Restauration : deux fauches annuelles - Gestion des refus : fauche d'automne
Prairies humides oligotrophes	Fauche de fin de printemps ou d'automne suivant les objectifs
Roselières	- Fauche précoce pour favoriser les espèces herbacées et une évolution vers les milieux prairiaux - Fauche tardive ou pluriannuelle (3 à 5 ans) pour favoriser les hélophytes
Mégaphorbiaies	Fauche pluriannuelle (3 à 5 ans)

Préconisations de périodes et de fréquences des fauches en fonction des milieux - Adapté depuis : Conseil départemental du Finistère, 2018

Dans le cadre d'une gestion conservatoire pluriannuelle, la fauche par rotation peut être bénéfique afin de conserver en permanence plusieurs stades de développement successifs : la zone à traiter est divisée en plusieurs parcelles, de surfaces variables, qui sont fauchées chaque année à tour de rôle.

Limites et précautions

La fauche constitue une opération de gestion mais qui n'en reste pas moins brutale, en particulier pour la faune. Afin d'en limiter l'impact, il est donc important :

- de conserver des zones refuges pour la faune, sous forme de bande de végétation non fauchée, qui peut être déplacée chaque année ;
- de favoriser les systèmes de fauche par rotation ;
- de mettre en œuvre un sens de fauche favorable à la faune : fauche du centre vers l'extérieur de la parcelle (centrifuge), fauche en bande progressive d'un bout à l'autre de la parcelle ;
- d'élever la barre de coupe pour ne pas couper au ras du sol ;
- d'avancer à vitesse très réduite ;
- en cas d'utilisation de tracteurs, d'utiliser des systèmes d'effarouchement (chaînes pendantes) placés devant la barre de coupe.

Les stations de plantes en pleine floraison seront évitées le plus possible, afin de leur permettre de disperser leurs graines.

Sur un sol tourbeux à faible portance, il est souhaitable d'intervenir à la période d'étiage de la nappe d'eau et de limiter le nombre de passages en utilisant un matériel adapté qui combine plusieurs opérations simultanément tels que des tracteurs vigneron à pneus larges à basse pression, des remorques autochargeuses à coupe directe... Les articles de DE PAUL & BAILLY (2005) rappellent les impacts négatifs des engins sur le sol.

Contrairement au pâturage, la fauche génère une structure végétale homogène (inconvénient qui peut néanmoins être minimisé par la mise en place d'une fauche par rotation) et produit peu de micro-habitats. Par exemple, dans le cas des prairies tourbeuses (tremblants) de petite taille, on veillera à effectuer une fauche tournante appliquée de manière différenciée, afin de disposer d'une mosaïque d'habitats. Des îlots de végétation non fauchés peuvent également être maintenus afin de diversifier le milieu et de créer des zones refuges pour la faune.

Pour les prairies alluviales mésotrophiles à eutrophiles une coupe trop tardive et unique (août) est susceptible d'entraîner une progression des espèces hautes et robustes à développement estival comme la Reine des prés, la Baldingère faux-roseau ou le Phragmite commun.

Pour ces milieux à enjeux fourrager importants pour les éleveurs, compte tenu du risque de moindre valeur fourragère du foin coupé à partir de la fin-juillet (diminution sensible de la valeur énergétique des graminées entre le stade de la montaison et celui de l'épiaison), une fauche « tardive » ne peut être économiquement acceptable pour les agriculteurs que si ils sont aidés financièrement via des subventions agri-environnementales.

La plupart du temps, dans les marais tourbeux et en lande humide, la fauche ne sera utilisée qu'en complément du pâturage, mode d'entretien plus doux et moins coûteux, traditionnellement plus adapté à la gestion des habitats ouverts des zones humides. En effet, l'idéal reste l'entretien ou la restauration de mosaïques d'habitats fonctionnelles, avec des stades pionniers de sols nus importants, qui sont surtout façonnés par le pâturage.

Bibliographie

- BROYER & PRUDHOMME, 1995
BROYER, & LAURANSON-BROYER, 1996
CATTEAU & DUHAMEL *et al.*, 2009
Conseil départemental du Finistère, 2018
CRASSOUS & KARAS (coord.), 2007
DE PAUL & BAILLY, 2005
DUPIEUX, 1998
FAVEROT *et al.*, 1996
GRÉVILLIOT & MULLER, 1996
GRYSEELS, 1981
HEDIN, 1951
OOMES & VAN DER WERF, 1996
PETIT-BERGHEM, 2004
REGIMBEAU & CLÉMENT, 1996



1 : Foin après coupe en cours de séchage à Arque-la-bataille (76) - A. Dardillac ; 2 : Fauche tardive d'une prairie humide à Epaignes (27) - C. Dutilleul ; 3 : Mise en ballot de foin - A. Dardillac

Gestion par le pâturage extensif

Objectifs

- maintenir ou restaurer l'ouverture du milieu ;
- augmenter la diversité structurale, floristique et phytocénotique de la végétation ;
- favoriser la diversité en invertébrés ;
- maintenir ou abaisser le niveau trophique du milieu (en cas d'usage très extensif).

Contexte

L'abandon ou *a contrario* l'intensification du pastoralisme dans les zones humides ont conduit à la banalisation des végétations et à la raréfaction de communautés végétales herbacées caractéristiques de ces milieux, entraînant une perte de la diversité végétale et de la diversité faunistique associée.

L'abandon des pratiques pastorales

Sur les espaces abandonnés, généralement les milieux les moins productifs ou les moins accessibles tels que bas-marais, tourbières, landes humides, roselières, etc., l'absence de perturbation entraîne la fermeture du milieu par la colonisation des espèces herbacées sociales ou par les ligneux. La conduite raisonnée d'un pâturage extensif sur les espaces abandonnés permet de contenir ou d'inverser les dynamiques d'enrichissement

par le broutage et le piétinement des herbivores. Dans nos régions tempérées la dynamique spontanée de la végétation peut atteindre un stade forestier en quelques décennies.

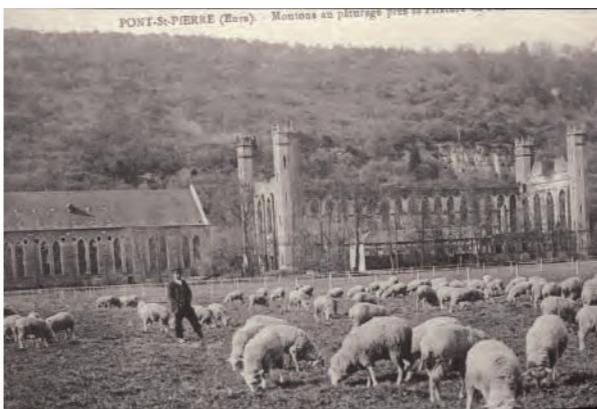
Or, le pâturage, associé à d'autres pratiques (fauche, coupe de bois, de roseaux, etc.) a façonné les milieux ouverts des zones humides depuis la sédentarisation de l'homme au Néolithique. Pendant les derniers siècles, quasiment tous les types de milieux humides ont été pâturés en Normandie orientale, des berges de cours d'eau aux tourbières et des prairies marécageuses aux roselières. Les terrains humides présentent certes un certain nombre de contraintes, mais ils offrent également des avantages. Ceux-ci sont notamment liés au caractère tardif des pics de végétation, qui s'inscrivent ainsi en complément des terres plus sèches, en période estivale. Les pressions pastorales ont parfois été très élevées pouvant dépasser 2 ou 2,5 UGB/ha/an (DEMANGEON, 1912 ; SAJALOLI, 1993 ; FRANÇOIS, 2005). Ces fortes pressions sont à l'origine de la présence aujourd'hui de bas-marais mésotrophes et de landes humides oligotrophes.



Pâturage extensif en prairie humide - A. Dardillac



Pâturage traditionnel des roselières en fin d'été, lorsque les ressources des paires sont épuisées et que les roseaux sont encore en pleine saison de végétation - Collection AREHN



Pâturage traditionnel des prairies humides de l'Andelle - Collection AREHN



Pâturage ovin en bord de Seine. La pression de pâturage élevée empêche le développement de la ripisylve - Collection AREHN



Pâturage bovin en bord de Seine. Le pâturage mené en itinérant permettait d'accéder à quasiment tous les types de milieux - Collection AREHN



Pâturage intensif, tassement du sol et surpâturage en vallée de l'Arques - A. Dardillac



Pâture eutrophisée en vallée de la Bresle - R. François

Le pâturage extensif

Le pâturage extensif, par définition, ne participe pas des usages agricoles exposés précédemment. Il permet l'exportation de la matière organique végétale qui est consommée par le bétail, ce qui contribue à faire diminuer le niveau trophique du sol. La diminution de la charge de pâturage doit nécessairement être associée à une absence totale de fertilisation pour aboutir à une diminution du niveau trophique des sols. Les herbivores broutent et piétinent le sol, par ces deux actions ils contribuent à contenir les dynamiques d'enrichissement et à créer des mosaïques d'habitats propices à l'augmentation de la richesse floristique et faunistique.

Le pâturage extensif se définit comme un pâturage dont la pression est relativement faible. Cependant il doit être mené de façon à exercer une pression sur le milieu suffisamment forte pour atteindre les objectifs de gestion attendus et suffisamment faible pour éviter la perturbation et la banalisation du milieu par surpâturage (tassemement excessif du sol, sélection des espèces résistantes au pâturage au détriment d'espèces patrimoniales, surpiétinement, etc.).

Dans le cadre de la gestion de milieux naturels, le pâturage extensif concerne surtout des milieux oligotrophes et difficiles, où la ressource fourragère est physiquement difficile d'accès ou plus difficilement valorisable par le bétail.

Traditionnellement en Normandie orientale les marais (que ce soit ceux du marais Vernier, du pays de Bray, des prairies alluviales des boucles de la Seine, etc.) étaient exploités comme ressource fourragère pour le bétail avec de nombreuses races et variétés locales de bovins, dont la fusion donnera la race Normande actuelle. On peut citer la Cotentine, présente au XIX^e siècle sur l'ouest de la région Normandie, elle-même issue de deux races normandes présentes au XVII^e siècle mais mal connues, dont l'une d'elles était très proche de la Jersiaise actuelle. Il est d'ailleurs possible que l'actuelle Normande, par sa génétique, soit plus proche de la Jersiaise que des autres races françaises. L'Augeronne, a priori proche de races anciennes d'Ecosse (Highland, Galloway), mais également de la Pie-rouge originaire des Pays-Bas, était quant à elle

plutôt présente dans le Calvados, l'Orne et l'Eure. Une race Cauchoise était également présente dans le Pays de Caux au XIX^e siècle, en Seine-Maritime, ainsi qu'une variante Brayonne dans le pays de Bray.

Aujourd'hui toutes ces races ou variétés anciennes ont disparu, il ne reste plus que la Normande, issue du croisement et de la sélection de ces différentes races anciennes. Elle a eu une très forte influence au cours du XX^e siècle grâce à sa double vocation laitière et viande, la forte teneur en matière grasse et en protéine de son lait (indispensable aux fameux fromages normands : Camembert, Neufchâtel, Pont-lévéque, etc.), sa solidité et sa docilité. Au cours du siècle dernier c'est elle qui permet aux marais de rester ouverts. Les prairies humides (prairies alluviales, marais, tourbières, roselières, etc...) sont utilisées comme pâturages d'été.

Traditionnellement le pâturage est saisonnier en zones humides de mai/juin à octobre/novembre. La date du premier mai est souvent retenue pour mettre les animaux aux marais, période qui marque « le passage de l'hibernation - des hommes et des bêtes - à celle de l'estivage » (BERGUES, 1995). Cette tradition se perpétue au marais Vernier, chaque premier mai depuis 1793, avec la fête de l'Étampage. À cette époque, pour reconnaître leurs animaux, les habitants marquaient au fer rouge les cornes des bovins et les sabots des équins avant de les mettre à pâture dans les marais communaux du marais Vernier. Depuis 20-25 ans la pratique se fait plus pour le folklore et seule une quinzaine de bêtes sont marquées (les bagues aux oreilles du bétail ayant rendu inutile l'étampage), mais elles étaient encore 900 à être marquées dans les années 1960 et 300 vers 1990.

L'utilisation d'animaux « domestiques » dont la finalité est la production de lait ou de viande pour la gestion des milieux naturels est bien sûr envisageable. Mais si l'on se réfère à ce qui se fait ou se faisait au marais Vernier, elle nécessite un suivi et une attention nécessitant du temps humain et des moyens complémentaires. Les animaux sont notamment sélectifs sur la ressource, et les refus (joncs, arbustes, etc.) faisaient l'objet d'une fauche manuelle ou mécanique afin de favoriser les graminées et la qualité des pâtures. Des pâtures plus sèches et des bâtiments sont également nécessaires pour les mauvaises saisons.



Photographie ancienne de l'arrivée des animaux pour l'étampage au marais Vernier
- collection AREHN



Pâturage bovin (charolais et normands), marais du Trait (76)
- E. Cléré



1 : Chevaux de race Camargue pâturant une parcelle dans le Marais Vernier - J. Buchet ; 2 : Chevaux Mérins pâturant sur une prairie humide sur le plateau du Lieuvin - C. Dutilleul ; 3 : Vaches Prim' Holstein pâturant sur les sources de la Durdent, complémentarité des milieux secs et humides - AREHN ; 4 : Vaches Highland pâturant sur les courtis au Marais Vernier - J. Buchet

C'est pourquoi l'utilisation d'animaux de races dites rustiques capables de s'adapter à des conditions de pâturage plus ou moins difficiles, à des régimes alimentaires diversifiés une grande partie de l'année, voire tout au long de l'année (permettant ainsi de limiter, voire d'éviter les apports de fourrage en hiver) est à privilégier pour les gestionnaires. Ces animaux nécessitent également moins de soins, notamment en matière de mise bas et de surveillance sanitaire.

Quel que soit le degré d'hydromorphie du milieu, le pâturage exerce une pression sélective sur les peuplements végétaux conditionnant ainsi leur diversité floristique. En effet, il limite le développement des espèces les plus appétantes qui peuvent être des espèces compétitives. Il accroît aussi sensiblement l'hétérogénéité du tapis végétal par la diversification de sa structure (abrutissement des espèces appétantes et refus d'autres espèces, utilisation de zones reposoirs, de parcours alimentaires chez les équidés, etc.) et par l'impact du piétinement qui crée des zones de sol nu et accentue la microtopographie, ce qui est propice au développement de nombreuses espèces patrimoniales (*Helosciadium repens*, *Lysimachia tenella*, *Rhynchospora alba*, *Drosera* sp.) et de communautés végétales spécifiques. De surcroît, la diversité structurale de la végétation est un facteur très important pour la diversité en invertébrés ainsi que pour les oiseaux nicheurs prairiaux (passereaux, limicoles, etc.).



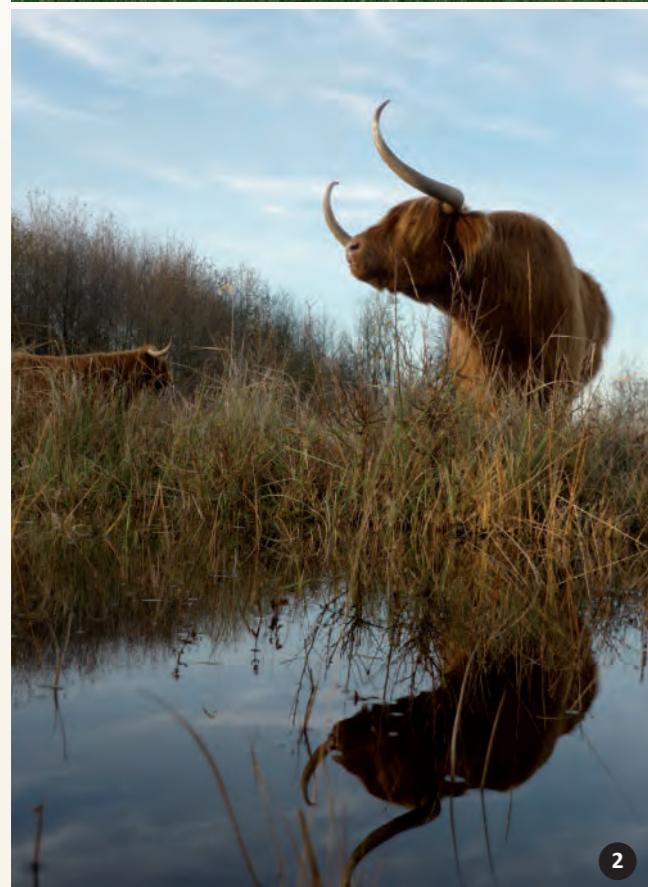
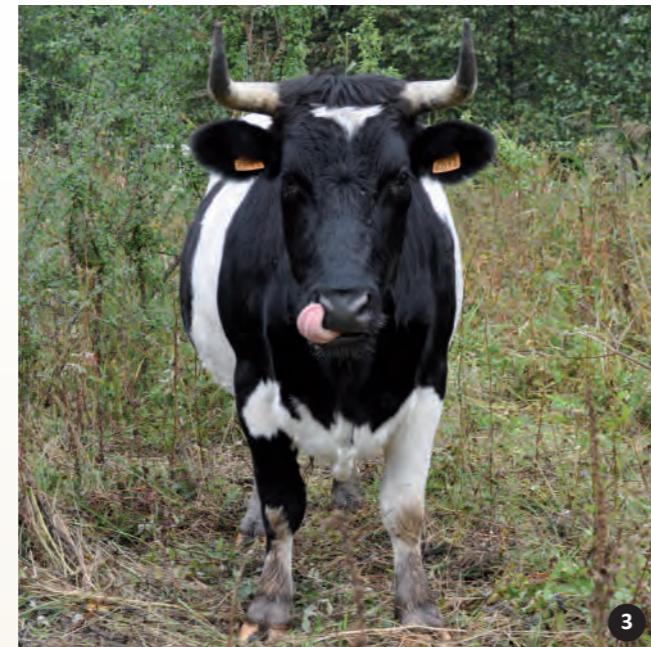
Espèces favorisées par les micro-ornières liées au pâturage en zones humides - 1 : *Helosciadium repens*, espèce d'enjeu européen germanant sur des sols nus humides - E. Cléré ; 2 : *Drosera rotundifolia* et *Sphagnum* sp. - E. Vochelet ; 3 : *Rhynchospora alba* - J. Buchet

Méthodes

Plusieurs aspects seront à prendre en considération avant de mettre en place du pâturage sur un site : le choix des espèces et des races, la pression de pâturage et les itinéraires techniques.

Le choix des animaux

Trois grandes familles d'herbivores sont principalement utilisées pour le pâturage extensif en zones humides : les équins, les bovins et les ovins. (Ponctuellement des caprins peuvent également intervenir, comme la Chèvre des fossés, espèce commune de l'ensemble de la Normandie, mais elles sont plus difficiles à contenir en enclos et leur utilisation reste exceptionnelle).



Pâturage par des races rustiques :

1 : Poulain de race Camargue pâturent la RNN des Manneville - A.Dardillac ; 2 : Vache Highland dans la RNN de Bouquelon - J.F. Dufaux ; 3 : Vache Pie noir bretonne sur la vallée de l'Andelle - J.F. Dufaux ; 4 : Mouton Ouessant chez un particulier - C. Dutilleul ; 5 : Poney konik polsky sur la vallée de l'Andelle - J.F. Dufaux

1

3

2

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

1

2

3

La pression et les dates de pâturage

La deuxième étape consiste à bien mesurer la charge pastorale qui est fonction de la nature du site, des végétations et des objectifs à atteindre. L'objectif est de trouver le juste milieu entre un sous-pâturage qui ne permet pas de limiter les espèces envahissantes et le surpâturage qui nuit au milieu et qui serait difficilement restaurable par la suite (diminution de la diversité floristique, augmentation de la trophie du sol, tassement excessif du sol, risque d'érosion, etc.). C'est un point qui s'avère délicat et qui doit souvent être réévalué d'une année sur l'autre, en se basant sur les suivis scientifiques mais aussi sur les connaissances des zootechniciens. Pour calculer le chargement, il faut d'abord évaluer les ressources alimentaires du site (connaissance des végétations et de leur valeur fourragère pondérée par la prise en compte d'autres paramètres de gestion tels que celui des niveaux d'eau qui conditionnent les possibilités d'accès à la ressource selon la saison), puis limiter celui-ci en fonction du type d'animal et de la nature du milieu.

Pour exprimer la pression de pâturage il existe différentes unités et modes de calcul, mais parmi ceux-ci, l'Unité Gros Bovin ou Unité Gros Bétail (UGB) est la plus communément utilisée et quasiment la seule utilisée par les éleveurs professionnels. Par définition, 1 UGB correspond aux besoins alimentaires d'une vache allaitante de plus de 3 ans et pesant 600 kg. Sur cette base, les besoins alimentaires des différentes races peuvent donc s'exprimer en UGB. Cependant, il est important de rappeler que cette unité a été conçue pour l'élevage agricole traditionnel et qu'elle se rapporte à des surfaces fourragères considérées comme homogènes. Ce qui est loin d'être le cas en milieux naturels. D'autant plus qu'en pâturage extensif, les animaux associent un comportement collectif et un comportement individuel et vont utiliser de façon hétérogène l'espace en broutant rarement la végétation au ras du sol. Même si elle n'est pas la plus adaptée à la gestion des milieux naturels, cette unité permet d'avoir un langage commun avec les éleveurs professionnels.

À titre d'exemple le tableau suivant reprend les principales races utilisées pour la gestion écologique des zones humides ainsi que leur équivalence en UGB.

	Race	Coefficient de conversion UGB
Bovins	Highland	0,74
	Pie Noire Bretonne	0,64
	Galloway	0,8
Équins	Camargue	0,8
	New Forest	0,69
	Landais	0,64
	Potock	0,52
	Konik Polski	0,74
Ovins	Cob normand	0,9
	Ouessant	0,04

Dans le cadre d'un pâturage extensif en milieux humides, les pressions de pâturage sont généralement comprises entre 1 UGB et 0,15 UGB, avec une moyenne de 0,4 UGB

(DUPIEUX, 1998). Quelques valeurs de chargements sont proposées dans le tableau suivant, elles sont données à titre indicatif et nécessitent d'être adaptées en fonction des conditions locales, de la météo annuelle (ayant un impact fort sur la productivité herbacée) et les résultats constatés sur la dynamique de végétation.

	Chargement	Remarque itinéraire technique
Tourbières et bas-marais	0,5 UGB/ha au maximum	<ul style="list-style-type: none"> Sur une courte période de mise à l'herbe À réservé aux secteurs portants
Landes humides	0,5 à 0,8 UGB/ha	<ul style="list-style-type: none"> Pâturage uniquement en période estivale Un débroussaillage préalable de la lande peut s'avérer nécessaire
Prairies humides eutrophes	0,8 à 1,5 UGB/ha	<ul style="list-style-type: none"> Mise à l'herbe au printemps sur sol ressuyé
Prairies humides oligotrophes	0,5 à 0,8 UGB/ha	<ul style="list-style-type: none"> Mise à l'herbe en fin de printemps ou début d'été sur sol ressuyé
Roselières	0,5 à 0,8 UGB/ha	<ul style="list-style-type: none"> Pâturage des repousses de printemps sur sols ressuyés pour favoriser un milieu prairial Pâturage de fin d'été pour maintenir la roselière
Mégaphorbiaies	0,5 UGB/ha au maximum	<ul style="list-style-type: none"> Éviter les pâturages annuels ou alors uniquement sur les mosaïques de prairies et mégaphorbiaies

Préconisations de chargement en fonction des milieux
- Adapté depuis DUPIEUX N, et Conseil départemental du Finistère

Il est également important de pouvoir distinguer le chargement instantané qui correspond au chargement à un instant donné exprimé en UGB/ha et le chargement moyen ou annuel qui correspond à la moyenne annuelle des chargements instantanés calculée proportionnellement à leur durée respective et qui lui va s'exprimer en UGB/ha/an. Un même chargement annuel aura des conséquences différentes sur la végétation selon la pression instantanée. À titre d'exemple : 25 bovins pendant deux semaines sur une parcelle d'un hectare auront le même chargement moyen annuel que 2 bovins pendant 25 semaines (soit environ 0,76 UGB/ha/an avec des Galloway), mais pour une parcelle de 20 ha, dans le premier cas, le pâturage instantané sera de 1 UGB/ha et dans le second de 0,08 UGB/ha. En théorie, pour un même chargement annuel, un chargement instantané élevé aura tendance à plus homogénéiser la végétation qu'un chargement



Pâturage hivernal d'une roselière par un Konik polski - J.F. Dufaux



Progression des aulnes, favorisés par le pâturage hivernal sur la prairie humide - J.F. Dufaux

instantané faible. Ces chargements sont à adapter en fonction des objectifs de gestion recherchés.

En fonction de la saison et de la période de végétation les impacts du pâturage seront également très différents. Il est important de pouvoir définir les dates idéales de pâturage en fonction des espèces végétales visées par le plan de gestion, que ce soit pour limiter leur expansion ou au contraire les favoriser. Par exemple, un pâturage hivernal des roselières sera favorable à leur maintien en permettant de limiter l'accumulation de la litière, en revanche un pâturage pendant la période de croissance des phragmites, au printemps, leur sera défavorable et entraînera leur régression au profit des espèces de prairies. Le développement de certains ligneux est également favorisé par le pâturage hivernal. On peut citer l'exemple de l'Aulne glutineux, dont le piétinement des animaux en hiver sur sol humide va favoriser l'enfouissement des graines et leur germination (DUFAUX, com. pers.). Alors qu'un pâturage de printemps au moment des bourgeons peut entraîner leur régression.

Les suivis

Les suivis scientifiques et zootechniques du pâturage sont indispensables afin de comprendre l'évolution de la végétation en vue de l'adapter ou de moduler le chargement. Les animaux doivent être suivis, notamment au niveau de leurs réserves corporelles, qui doivent être suffisantes à l'approche et pendant la mauvaise saison pour augmenter les chances de survie des animaux et de succès de la reproduction. En cas d'année particulièrement sèche, il faut aussi veiller à la disponibilité en eau sur le site.

Les équipements

Enfin, pour mettre en place le pâturage, des équipements sont à acquérir : clôtures et parc de contention sont quasiment obligatoires, abris, et abreuvoirs à mettre en place en fonction des caractéristiques du site et des conditions climatiques.

Pour limiter les impacts sur les milieux humides et garantir le bien être des animaux, il est nécessaire que les animaux aient accès à des milieux connexes à faible hydromorphie (zone d'alimentation complémentaire et d'abri, de refuge ou de reposoir).



Abreuvoir naturel sur la Bresle, les clôtures limitent l'accès à l'ensemble de la rivière - R. François

Limites et précautions

Les chargements moyens et instantanés

Selon l'objectif de la gestion, soit d'entretien ou le maintien d'un milieu, soit la restauration d'un milieu, les interventions de pâturage vont différer.

L'entretien d'un site par pâturage nécessite des chargements plus faibles que la restauration. Lorsque l'on commence l'entretien d'un site par le pâturage extensif, il peut être préférable de commencer avec un chargement moyen à faible, qui pourra par la suite être augmenté s'il s'avère insuffisant. Par précaution, on évaluera la pression de charge initiale en fonction de la disponibilité des pâturages pendant la plus mauvaise saison (le surpâturage peut engendrer des effets dramatiques : destruction d'espèces et/ou de communautés végétales rares, malnutrition induisant une surmortalité des animaux, etc.).

A contrario, dans le cas de la restauration de prairies mésohygrophiles à partir de zones assez hautes et denses

(types mégaphorbiaies ponctuées de saules), il est souvent nécessaire de commencer la ou les premières années par des chargements instantanés plus élevés (entre 1,5 et 3 UGB/ha), afin d'exporter un maximum de matière organique. Si le milieu initial est particulièrement eutrophe et haut, des fauches exportatrices complémentaires peuvent s'avérer nécessaires.

Fauche ou pâturage ? Fauche et pâturage ?

Les herbivores sont parfois peu efficaces pour contrôler certaines espèces moins appétantes, ce qui peut obliger à entreprendre des interventions complémentaires (fauche des refus, coupe des ligneux, etc.). Les combinaisons de fauches et de pâturages sont souvent les plus pertinentes à l'échelle d'un même site ou de réseaux de sites.

En système alluvial inondable type vallée de l'Epte, la diversité floristique d'une communauté végétale de prairie pâturée apparaît souvent inférieure à celle d'une prairie fauchée pour un même niveau hydrique. Cependant, dans les prairies pâturées, la différenciation de micro-habitats permet la coexistence de plusieurs communautés végétales (pelouses annuelles des sols dénudés, végétations des refus, etc.). L'intérêt est surtout pour la microfaune, pour la flore ou la végétation remarquables dans les milieux oligotrophes.

	Prairie très hygrophile	Prairie hygrophile	Prairie moyenement hygrophile
Fauche	30	33	36
Pâturage	15	18	28

Nombre d'espèces végétales de prairies alluviales inondables en fonction de l'humidité du substrat et du mode d'exploitation
- D'après MÜLLER, 2000.

Cependant, indépendamment de cette diversité floristique plus faible, ce sont l'originalité et la rareté intrinsèques de diverses communautés végétales pâturées qui doivent être considérées sur le plan patrimonial, sans pour cela opter systématiquement pour le tout pâturage extensif au détriment de la fauche traditionnelle pour le foin.

En marais tourbeux alcalin, les bas-marais pâturés peuvent être plus riches en espèces que les prairies fauchées.

Le maître mot de la gestion écologique est souvent « le système mixte en mosaïque ».

Le pâturage n'est pas adapté à la gestion de tous les milieux, en particulier les tourbières à sphagnes très sensibles au piétinement, les aulnaies glutineuses tourbeuses et les phragmitaies eutrophiles. Certains nécessitent des précautions comme les landes tourbeuses et les bas-marais sur sols tremblants.

Hétérogénéité de la pression

L'apport de fourrage en hiver peut entraîner des effets non désirables : surpiétinement et défoncement profond du sol autour des râteliers, désaffection des animaux pour les refus et les ligneux, prolifération des plantes nitrophiles, etc. Il en va de même autour des abris et des entrées de parcs. Il est cependant nécessaire que les animaux

disposent d'abris naturels, arbres, haies, reposoirs secs, etc., ces éléments sont à prendre en considération lors de la conception du parc.

Les animaux vont avoir tendance à se concentrer dans certaines zones particulières de leur enclos, en particulier sur les zones les plus sèches, ce qui conduit à une eutrophisation locale de la végétation. Pour éviter ces phénomènes de trop grande hétérogénéité de l'impact sur la végétation, en particulier pour les équins, un pâturage tournant dans des enclos différents est souvent opportun, ainsi qu'une limitation de l'affouragement.



Piétinement important sur les zones de « reposoir », ici zone d'ombrage privilégiée par des Konik polski - A. Dardillac

A contrario, dans un enclos composé de végétations de niveaux trophiques très différents, l'effet induit par les déjections à long terme peut conduire à une homogénéisation de la parcelle.

La pression pastorale contrôle de manière directe la diversité faunistique, et plus particulièrement les arthropodes des milieux herbacés. En effet, la pression de pâturage influe sur la structure de la végétation, facteur qui semble être le plus important dans la diversité en invertébrés, ainsi que pour les oiseaux prairiaux (passereaux, limicoles...).

Préservation d'espèces sensibles

Le pâturage peut entraîner une consommation d'espèces sensibles, soit d'intérêt patrimonial (cas observés de *Myrica gale* par des équins et des bovins aux courtis de Bouquelon), soit structurantes d'une végétation à conserver (cas de *Phragmites australis* en roselière). Ainsi, il sera parfois nécessaire de mettre en défens (exclos) certaines zones. Elles peuvent alors être gérées par une fauche exportatrice ou, éventuellement dans certains cas en fin de saison par pâturage, avec une ouverture aux animaux une fois la fructification assurée.

Ces exclos peuvent être fixes (grillages solides de type Ursus, barbelés, etc.) ou temporaires (clôtures électriques, cages grillagées, etc.). Parfois, les bovins et équins ont tendance à défoncer les clôtures des exclos fixes au fil des ans. Il peut être nécessaire de les renforcer.

De même, certains milieux très sensibles ne doivent pas faire l'objet de pâturage, c'est le cas des roselières inondées où niche le Butor étoilé (Estuaire de la Seine).



1



2



3



4

Restauration par le Conservatoire d'espaces naturels Normandie Seine d'une prairie embroussaillée par pâturage et quelques interventions de fauche complémentaire, Concheville (27) - E. Vochelet

1 : avant travaux ; 2 : pâturage par des Konik polski ; 3 : après pâturage ; 4 : un an après.

En particulier, la circulation des troupeaux permet une zoothorie (endozoochorie et exozoochorie) souvent importante pour des espèces végétales patrimoniales (*Helosciadium repens*, *Triglochin palustris*, *Cyperus fuscus* et *Cyperus flavescens*, *Blysmus compressus*, *Juncus compressus*, etc.) et une hétérogénéité de structure de végétations essentielle pour la faune, notamment invertébrée, que la seule fauche ne peut assurer.

Bibliographie

- ANONYME, 1998
- BAKKER, & RUYTER, 1981
- BAKKER, 1985
- BERGUES, 1995
- CLÉMENT & MALTBY, 1996
- CORRE, BIGOT & POINSOT-BALAGUER, 1979
- CRASSOUS & KARAS (coord.), 2007
- DUPIEUX, 1998
- FRANÇOIS, 2005
- GRÉVILLIOT & MÜLLER, 1996
- LECOMTE, LE NEVEU & JAUNEAU, 1981
- MAILLIER & MEIRE, 2009
- MEIRE & RIVIÈRE, 2011
- PETIT-BERGHEM, 2004
- ROZÉ, 1993
- MULLER, 2000

Contrôle de la végétation ligneuse



Objectifs

- contrôler la dynamique arbustive (élimination, réduction ou maintien de communautés arbustives) ;
- restaurer ou maintenir des milieux ouverts ;
- favoriser les espèces et les communautés végétales liées aux milieux ouverts ;
- revenir à des stades antérieurs dans la succession écologique ;
- contribuer à augmenter le niveau d'humidité édaphique ;
- éliminer des plantations d'arbres effectuées à mauvais escient.

Restauration d'un milieu ouvert par abattage d'arbres, Giverny (27)
- CenNS / E. Vochelet

Contexte

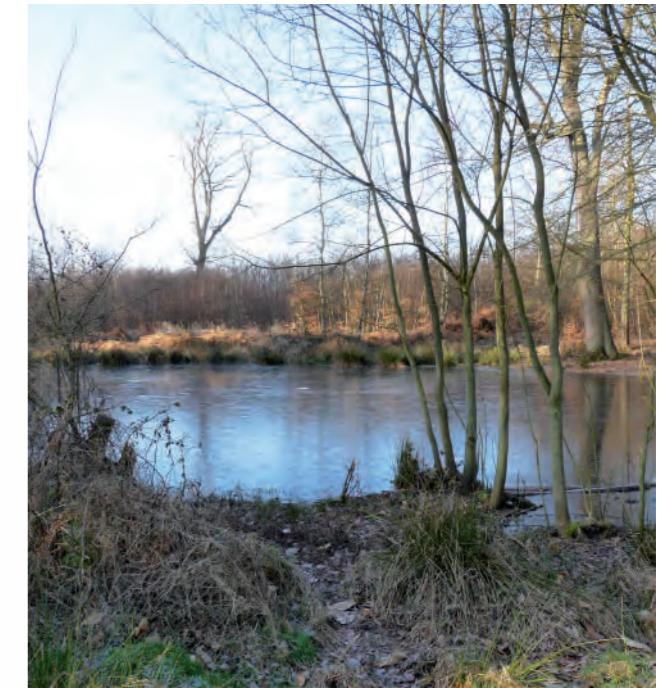
Sous nos climats tempérés, la dynamique végétale spontanée amène les végétations terrestres à évoluer vers des végétations arbustives puis arborescentes. Les végétations amphibiennes (roselières les plus inondées, gazon vivace des *Littorelletea uniflorae*, etc.) et aquatiques sont soumises, quant à elles, au comblement de la pièce d'eau et évoluent, plus ou moins rapidement, en végétations terrestres qui elles-mêmes évolueront alors vers le boisement.

La plupart des végétations d'Europe tempérée sont donc amenées à évoluer à moyen ou long terme vers des végétations forestières (stade climacique). Ces dynamiques de boisement de milieux ouverts sont rapides : quelques dizaines d'années en général en Normandie, où les zones humides sont essentiellement eutrophes à mésotrophes, donc favorables à des croissances ligneuses rapides.

Seules certaines conditions écologiques très contraignantes (sols salés, vents forts chargés d'embruns...) s'opposent à la colonisation forestière dans nos régions (falaises littorales, estuaires, cordons de galets...).



Fermeture du milieu par l'embroussaillement sur les berges de la Grand'Mare (27) - PnrBSN



Les mares forestières sont particulièrement sensibles à la fermeture par les ligneux et le comblement dû à la chute des feuilles en automne
- Mare de grands champs en Forêt de Roumare (76) - A. Dardillac

pour rentabiliser des espaces peu productifs, espaces qui hébergent souvent les dernières reliques des végétations exploitées « traditionnellement ».

Face à cette double évolution des pratiques agropastorales, il s'avère nécessaire, sur les sites naturels d'intérêt patrimonial, d'une part de restaurer des pratiques extensives (cf. fiches « fauche exportatrice » et « pâturage extensif ») et, d'autre part, de débroussailler certains sites.

En effet, si la végétation arbustive et *a fortiori* la végétation arborescente, présentent des intérêts structural, fonctionnel, écologique et paysager indiscutables, les stades herbacés sont souvent plus diversifiés. Cette diversité des structures de végétations (végétation herbacée annuelle, végétation herbacée vivace, végétation chaméphytique, végétation arbustive, végétation arborescente) accroît la richesse d'un site. Or, dans des paysages humanisés de très longue date comme ceux du nord-ouest de l'Europe, il est illusoire d'espérer revenir à de très grands sites naturels, suffisamment étendus pour que le fonctionnement écosystémique permette à chaque stade de la dynamique végétale de s'exprimer simultanément. Le gestionnaire d'espaces naturels n'a pas d'autre choix que d'intervenir si son objectif est que l'embroussaillement ne compromette pas l'expression des végétations herbacées.

Il ne s'agit pas d'éradiquer les végétations ligneuses (certaines ont d'ailleurs un très grand intérêt patrimonial : saulaies turficoles, boulaines à sphagnes, etc.), mais de pérenniser l'expression de certaines végétations herbacées et de favoriser la diversité des structures végétales.

Les zones humides concernées sont les zones vieillissantes en cours de fermeture, les zones abandonnées suite à l'arrêt des pratiques de fauche ou de pâturage, les zones déjà boisées (de façon spontanée ou plantées).

Méthodes

Les méthodes de contrôle de la végétation ligneuse sont nombreuses et sont à adapter à chaque situation. Les principales sont souvent mécaniques : l'arrachage, la coupe, le broyage, la fauche, mais elles peuvent également être complétées par des opérations de pâturage, de « cerclage », des modifications des conditions écologiques (de type inondations des parcelles). Ces méthodes sont détaillées dans le tableau suivant.

La mise en œuvre de ces différentes interventions nécessite une réflexion préalable afin de pouvoir prendre en compte l'ensemble des paramètres liés : aux ligneux à éliminer (broussaille, rejets, fruticées, taillis, futaie, etc.), aux objectifs finaux attendus (milieux ouverts, semi-ouverts, mosaïque de milieux, etc.) et à la configuration du site (moyen d'accès, topographie, portance des sols, etc.).

Plusieurs étapes sont nécessaires lors de l'élimination des ligneux sur un site. Elles peuvent se dérouler de la façon suivante, mais sont à adapter ou à effectuer partiellement selon les éléments cités précédemment : le débroussaillage, l'abattage, le dessouchage/arrachage, l'exportation / le débardage, le « nettoyage » de la parcelle.

Le débroussaillage s'applique essentiellement aux arbustes ou aux rejets, sur des ligneux de diamètre généralement ne dépassant pas 7 cm, et s'effectue manuellement à l'aide d'outils (ébrancheur, débroussailleuse, tronçonneuse, scie, etc.) ou de façon mécanisée (faucheuse, broyeur, etc.).

L'abattage vise essentiellement les arbres matures, il peut s'effectuer de façon manuelle ou semi-mécanisée (tronçonneuse, filins, treuils ...), ce qui permet d'avoir accès à tous les types de terrain, ou totalement mécanisée (intervention d'engins forestiers de type abatteuse à roues), ce qui suppose de disposer d'un site facile d'accès et suffisamment portant.

En fonction des objectifs de gestion retenus pour le site après le déboisement, un dessouchage pourra être envisagé. Celui-ci peut être réalisé par rognage des souches (utilisation d'une rogneuse dont le principe est de réduire la souche en petits fragments sous le niveau du sol), ou par arrachage des souches (manuellement à l'aide de treuil, palan ou mécaniquement à l'aide de pelleteuse ou treuil attelé à un tracteur agricole ou forestier).



1 : Highland sur la RNN du marais de Bouquelon - A.Dardillac ; 2 : Équin sur une prairie humide de plateau argileux près d'Epaiges - C. Dutilleul

Les souches peuvent également être maintenues en place. Ceci présente l'intérêt de réduire le nombre d'intervention sur le site, mais les rejets devront être traités au cours des années suivantes (pâturage, fauche, etc.), au risque de voir la formation de cépées se développer et rendre caduques les opérations réalisées.



Cerclage : retrait d'une bande d'écorce sur les troncs, entraînant le dépérissement des arbres - CenNS / E. Vochelet



Destruction de souche à la dent Becker, Giverny (27) - CenNS / E. Vochelet



Gestion des ligneux par le pâturage :

Technique	Mise en œuvre	Avantages	Inconvénients
Arrachage	<ul style="list-style-type: none"> Arrachage manuel des ligneux les plus jeunes, éventuellement après avoir sectionné les racines traçantes ; Arrachage mécanique selon les souches à extraire (tire-fort, treuil hydraulique, palan, mini-pelle etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> Absence de repousse ultérieure, intérêt vis-à-vis des espèces qui rejettent de souche (saules, aulne glutineux, bouleau pubescent, etc.) ; Création de mares et dépressions secondaires Mode de gestion réservé à de petites surfaces ; Efficacité sur les jeunes pousses. 	<ul style="list-style-type: none"> Déstructuration de la tourbe et de tapis végétaux très fragiles (sphaignes notamment) ; Possible semis de ligneux issu de la banque de semences du sol mise à jour ; Perturbation du sol si arrachage mécanique.
Coupe	<ul style="list-style-type: none"> Coupe des ligneux au ras du sol si le milieu doit être géré par la suite par la fauche ; Coupe des ligneux à environ un mètre de haut dans le cas d'une gestion des rejets (tire-sèves) 	<ul style="list-style-type: none"> Intérêt vis-à-vis des conifères car ils ne rejettent pas de souche Seule méthode vraiment adaptée à la coupe d'arbres de taille adulte. 	<ul style="list-style-type: none"> Feuillu : nécessité de traiter les rejets de souche ; par épuisement en les coupant annuellement et/ou en favorisant le pourrissement par fendage des souches en utilisant une dessoucheuse.
Broyage	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation d'un matériel classique de fauche pour les ligneux de diamètre inférieur à 5 cm ; Utilisation d'un broyeur plus puissant (broyeur à marteaux) pour les diamètres de 5 à 10 cm. 	<ul style="list-style-type: none"> Possibilité de tailler le fourré sans le détruire, ce qui permet le traitement des manteaux et des haies ; Débroussaillage des fourrés de colonisation ; Permet de traiter de grandes surfaces. 	<ul style="list-style-type: none"> Production d'un broyat sur le sol qui devra être ramassé et exporté ; Difficile ou impossible pour les diamètres supérieurs à 10 cm
Cerclage	<ul style="list-style-type: none"> Retirer une bande d'écorce large (pour éviter la cicatrisation) sur tout le pourtour du tronc, de préférence après fructification. 	<ul style="list-style-type: none"> Mort de l'arbre sur pied, ce qui permet l'installation de la faune xylophage et saproxylque et de la fonge 	<ul style="list-style-type: none"> Les arbres morts sur pied sont susceptibles de gêner la gestion future du site.
Ennoiement	<ul style="list-style-type: none"> Inondation prolongée entraînant la mort des ligneux. 	<ul style="list-style-type: none"> Coût financier faible ; Arbres morts sur pied, favorables à la faune xylophage et saproxylque. 	<ul style="list-style-type: none"> Ligneux morts : peuvent gêner la gestion future Limité aux sites avec contrôle des niveaux d'eau Modifie les caractéristiques hydrologiques du site

Après ces opérations, il subsiste un volume plus ou moins important de rémanents. Lorsqu'un pâturage ou un entretien mécanique est envisagé par la suite pour la gestion de la parcelle, il est préférable de les exporter. Le débardage et le transport peuvent s'enviser par des interventions mécaniques (tracteur, porteur forestier, treuil), ou par la traction animale. L'utilisation d'animaux (bovins ou équins) permet d'accéder à des zones difficiles



Exportation des rémanents après la coupe des ligneux
- CenNS / E. Vochelet

et de faible portance et leur impact sur le milieu est très faible par rapport aux solutions mécaniques. Le débardage par câble aérien, est plus complexe à mettre en œuvre mais permet également de limiter les impacts au sol.

Les rémanents peuvent être soit brûlés sur place et sur tôle, soit exportés (directement ou après un broyage préliminaire des branches). Le broyage permet de réduire le volume des branchages dans un rapport de 1 à 10 environ. Le broyage ou le stockage en périphérie du site sont préférables au brûlage, qui, s'il est plus économique est très négatif en terme de bilan carbone. Par ailleurs, de plus en plus de filières bois locales récupèrent et valorisent les résidus de broyage, pour alimenter des chaudières, pour les couvre-sols (*mulch*) des parterres et jardins, pour le compostage, les piquets... Une gestion écologique de zones humides doit être aussi la plus cohérente possible sur le plan énergétique.

Quelques tas de branches ou de bûches peuvent également être maintenus dans des secteurs peu sensibles, pour créer des abris pour les amphibiens, certains reptiles et micromammifères, etc. Il est également recommandé de laisser sur pied de nombreux vieux arbres, des arbres morts ou cariés (sauf

près des chemins d'accès et fréquentés par le public), et des troncs à terre. En effet, le bois « mort », sur pied et à terre est au contraire du « bois vivant » fondamental pour la fonge, certaines bryophytes et fougères, les insectes saproxylophages, les oiseaux et chiroptères cavernicoles, etc. Le bois « mort » permet aussi de stocker du carbone. L'avantage des bois tendres comme les bouleaux, les saules ou encore les érables, est leur rapidité de vieillissement et de sénescence (à la différence des chênes) : ils sont plus vite cariés, cassés, troués, morts, et donc plus vite favorables à la faune et à la fonge des vieux bois.

Sur des sites de grande surface et si des végétations d'intérêt patrimonial ne sont pas menacées, une gestion des fourrés par débroussaillage tournant peut être envisagée. L'espace à débroussailler peut être divisé en plusieurs secteurs que l'on débroussaillera tour à tour selon une fréquence donnée, comme pour la fauche. Par exemple, une roselière partagée en cinq secteurs avec un débroussaillage tous les trois ans, permettra à chaque secteur d'être débroussaillé tous les quinze ans.



Gestion manuelle des ligneux dans le marais de Bouquelon (27) par coupe et brûlage sur place - A.Dardillac

Ainsi, les différentes communautés végétales liées à l'évolution dynamique de la végétation sont maintenues sur le site tout en évoluant dans l'espace.

Les périodes des travaux de débroussaillage ou de déboisement seront fixées de manière à :

- éviter les périodes de reproduction des espèces animales et de libération des semences des espèces ligneuses concernées (sinon l'opération risque au contraire de favoriser une repousse massive des semis),
- endommager le moins possible le sol (lorsque le niveau de la nappe est au plus bas ou en hiver quand le sol est gelé).

De façon préférentielle elles sont également à réaliser en période « hors sève », en automne / hiver, ce qui permet de manipuler du bois moins lourd du fait d'une teneur en eau plus faible, l'encombrement est moins important du fait de l'absence de feuillage, le bois est moins sensible par la suite aux attaques de parasites et son temps de séchage est plus court.

Limites et précautions

Avant tout projet d'intervention sur la végétation ligneuse, il est nécessaire de comprendre les causes qui ont conduit au développement des fourrés, manteaux ou boisements. Si la colonisation par les ligneux n'est pas seulement la conséquence de l'arrêt d'une pratique de fauche ou de pâturage, il faudra aussi accompagner l'après-coupe par des mesures de gestion adaptées aux autres causes d'atterrissement ou d'assèchement du milieu (rehaussement de la nappe, limitation de certains phénomènes d'atterrissement par sédimentation, restauration de la morphodynamique des cours d'eau, etc.).

Il est essentiel de mettre en place un suivi post-travaux pour évaluer leur pertinence (suivis faune, flore, habitats, niveau de la nappe, reprise des ligneux, etc.) et pour les milieux ouverts, d'appliquer une gestion d'entretien par pâturage extensif et/ou par fauche exportatrice.

Le contrôle de la végétation ligneuse ne vise pas à éradiquer systématique toute forme de végétation ligneuse présente sur un site. C'est la généralisation de la structure arbustive ou arborée qui est néfaste à la biodiversité des habitats des milieux ouverts, semi-ouverts et aquatiques. Toutefois, pour quelques habitats ponctuels et très fragiles comme les tourbières hautes, aucun arbre semencier ou risquant de le devenir n'est à conserver. *A contrario*, sur certains secteurs boisés remarquables, par exemple des boisements à sphagnes du *Sphagno - Betuletum*, les ligneux seront conservés et laissés en libre-évolution sans aucune intervention.

Dans les cas de surfaces importantes à traiter, il est recommandé de procéder par étapes, en divisant le site en plusieurs parcelles qui seront traitées successivement, à raison d'une parcelle par an. Les secteurs non traités servent ainsi de zones de refuge pour la faune.

L'exploitation forestière mécanisée peut générer d'importantes perturbations édaphiques (ornière, tassement, dégradation des cours d'eau franchis) qu'il convient de limiter. La mesure la plus simple est d'éviter le plus possible l'utilisation d'engins trop lourds. Mais certains



Les landes humides à éricacées constituent des milieux très sensibles à l'envasissement par les ligneux : 1 : Lande humide en court de fermeture à Mésangueville (76) - A.Dardillac ; 2 : La restauration par débroussaillage mise en œuvre par le Conservatoire d'espaces naturels Normandie Seine a permis le maintien de ce milieu ouvert - A.Dardillac

chantiers nécessitent du gros matériel et la multiplication des trajets d'engins légers n'est pas forcément préférable à l'utilisation brève d'engins de grande dimension. On aura alors recours à des engins munis d'équipements adaptés (chenilles, semichenilles, pneus basse pression) et on limitera les trajets par un plan d'exploitation bien pensé. Ce sont les porteurs (parce qu'ils sont très lourds) et les débardeuses (parce que les travaux de traction occasionnent une très forte pression au sol) qui occasionnent le plus de dégâts (DE PAUL & BAILLY, 2005). Pour éviter l'ornierage et le tassement des sols dans la voie de circulation des engins, on peut disposer des rondins de bois et les retirer après exploitation.

De même, pour limiter la pollution des eaux par des sédiments soulevés par le passage des engins, on pourra disposer des fascines en aval du tronçon de cours d'eau franchi. Pour limiter les dégradations et la perte de temps dues au dégagement des branchages dans le lit des petits cours d'eau, on peut le recouvrir totalement de rondins coupés à proximité et, en fin d'exploitation, retirer rondins et branchages (DE PAUL, 2005).

Le recours au débardage à cheval sur les sites aux sols et végétations les plus précieux et sensibles, est à privilégier quand les disponibilités financières le permettent.

Le brûlage des rémanents sur les sols tourbeux les plus sensibles doit être effectué sur des braseros de tôles, surélevées à 40-50 cm du sol ou dans des grandes cuves spécifiques. Les cendres sont ensuite obligatoirement exportées pour éviter l'eutrophisation du sol.

L'utilisation de phytocides est à proscrire en milieux humides. Il peut cependant être envisageable d'utiliser des produits moins nocifs comme le sel de mer pour dévitaliser des souches qui donne de bons résultats (MAILLIER & FRANÇOIS, 2008), mais reste anecdotique.

Afin de limiter la pollution chimique des eaux et des sols, le recours à des huiles de chaîne végétales « biologiques » pour les tronçonneuses est à privilégier.

Il est utile de préciser que la nécessité de réduire la végétation ligneuse est la conséquence de la réduction des sites naturels à des petites surfaces, non compatibles avec le fonctionnement écosystémique global. Dans l'idéal, les milieux naturels devraient présenter des superficies suffisantes pour que tous les stades dynamiques s'expriment, à la faveur des chablis et des recolonisations, des milieux neufs aux forêts pluricentenaires.

La réalité dans nos régions est très différente : elle oblige à de lourdes interventions afin de conserver une certaine biodiversité, au détriment du fonctionnement strictement naturel de l'écosystème. Dans cet esprit, le gestionnaire devra, dans les cas où la surface à gérer est suffisante, favoriser le plus possible la dynamique naturelle qui permettra l'expression de tous les stades dynamiques, depuis les très vieilles forêts jusqu'aux habitats pionniers oligotrophes pâturés, à un coût financier plus limité.



Abattage d'arbre en forêt alluviale (1) afin de créer une clairière favorable aux Magnocariacées (2), Ponts-et-Marais (76) - CenNS / C. Archeray

Bibliographie

- | | |
|-----------------------------|--|
| DUPIEUX, 1998 | CRASSOUS & KARAS (coord.), 2007 |
| BARDAT <i>et al.</i> , 2002 | MAILLIER & FRANÇOIS, 2008 |
| DAY, 2005. | DE PAUL, 2005 |
| DE PAUL, 2005 | DE PAUL & BAILLY, 2005 |
| FRANKARD, 2004 | CATTEAU, DUHAMEL <i>et al.</i> , 2010. |

Faucardage



Objectifs

- réduire la biomasse des herbiers aquatiques tout en les conservant ;
- favoriser les végétations et les espèces pionnières ;
- limiter l'atterrissement des plans d'eau ;
- augmenter la section et/ou la vitesse d'écoulement de l'eau pour limiter, localement, le risque d'inondation ;
- atténuer les variations journalières de la qualité physico-chimique de l'eau (par exemple le rythme nycthéméral de la concentration en oxygène dissous).

Bateau faucaudeur exportateur - A. Watterlot

Contexte

Les rejets d'effluents enrichis en azote et surtout en phosphore provenant des activités humaines conduisent à l'eutrophisation excessive des eaux superficielles des milieux aquatiques récepteurs : cours d'eau, plans d'eau artificiels, mares, etc. (cf. fiche « qualité physicochimique de l'eau »). Cette pollution, éventuellement associée dans les cours d'eau à d'autres facteurs, comme : le recalibrage de voies d'eau qui diminue la vitesse d'écoulement des eaux, l'absence ou la qualité insuffisante de la ripisylve, la progression de plantes exotiques envahissantes, l'artificialisation des débits (barrages, biefs, seuils, etc.), la raréfaction des crues importantes susceptibles de remanier suffisamment en profondeur le fond du lit, conduit parfois à un développement excessif des végétations à hydrophytes ou hélophytes (cf. fiche « dynamique fluviale et espace de liberté »).

La prolifération de ces végétations peut être néfaste au maintien de végétations aquatiques patrimoniales pionnières comme par exemple les herbiers à nitelles et charas des eaux peu minéralisées (*Nitellion flexilis*), végétation très rare d'intérêt communautaire qui se développe dans les eaux stagnantes, ou les herbiers immergés à Potamot luisant (*Potametum lucentis*),

végétation des rivières à cours lent, exceptionnelle, très fortement menacée en Normandie orientale et d'intérêt communautaire.

Ces végétations pionnières sont susceptibles d'évoluer rapidement vers des formations plus matures, comme les herbiers à callitriches, les herbiers denses à *Nénuphar jaune*, etc. Par leur grande productivité, ces dernières végétations participent aux processus d'atterrissement par envasement du substrat et peuvent faciliter le développement de roselières (*Phragmito australis* - *Magnocaricetea elatae*).

La prolifération des végétations aquatiques peut également entraîner des gênes pour la navigation ou quelques activités humaines de loisirs comme la pêche. En cas d'épisode orageux, les herbiers aquatiques trop denses peuvent également accentuer le risque d'inondation locale du fait de la formation d'embâcles, de la réduction de la section et/ou de la vitesse moyenne d'écoulement du cours d'eau. Les herbiers aquatiques peuvent aussi modifier de manière importante des caractéristiques physicochimiques de l'eau en fonction du jour et de la nuit (teneur en oxygène dissous, pH), susceptibles de provoquer une perte de diversité chez les poissons et les invertébrés aquatiques (macro invertébrés benthiques en particulier).

Que ce soit pour la restauration et la conservation des milieux naturels ou les autres causes la pratique du faucaudage peut être envisagée, sous certaines restrictions. Le faucaudage est une technique de fauchage et d'exportation des végétaux aquatiques (hydrophytes et hélophytes), qui permet de réduire la biomasse macrophytique dans les milieux aquatiques. Bien effectué, l'impact sur l'environnement peut rester relativement mesuré en comparaison avec d'autres techniques parfois utilisées pour l'entretien des canaux, cours d'eau ou plans d'eau de loisirs et qui peuvent être plus dommageables (dragage, curage, scariffrage, etc.).

Méthodes

Le principe du faucaudage est une intervention légère qui consiste à couper les macrophytes dans leur hauteur, sur les berges et le fond des surfaces en eau, puis à exporter les produits de fauche. (L'opération peut parfois être associée à un curage de la vase lorsque c'est nécessaire).

Le faucaudage peut être réalisé soit manuellement pour des petites surfaces (avec une faux, des crochets, un « taille-haie » aquatique depuis la rive ou sur une barque), soit à l'aide d'un bateau faucaudeur ou d'un tracteur équipé d'un broyeur pour les plans et cours d'eau plus importants. Le faucaudage chimique est interdit et à proscrire.

Avant toute intervention de faucaudage, il est nécessaire d'identifier et de localiser les espèces et les communautés végétales du milieu à faucauder pour les éviter. En effet, certaines espèces d'hydrophytes sont remarquables et peuvent être protégées au niveau régional ou national. Elles ne peuvent donc pas être détruites. De même, certaines associations végétales ont un intérêt patrimonial élevé aux échelles européennes à régionales. Elles doivent donc être préservées lors des travaux de faucaudage. Leur préservation, pourra par ailleurs permettre de recoloniser le milieu.

D'une manière générale, il est préférable d'éviter de faucauder sur toute la largeur de la section d'écoulement ou sur l'ensemble du plan d'eau. Un faucaudage zonal dans la partie centrale du cours d'eau permet de conserver une bande d'herbier le long des deux rives. Sur les plans d'eau, l'ouverture de « chenaux » libres de végétation peut être envisagée. Ceci permet une diversification des habitats, la conservation de zones refuges pour la faune aquatique, tout en permettant une augmentation de la vitesse du courant (limitant la sédimentation) sur les cours d'eau.



Mare atterie par le développement des hélophytes - E. Bernet



Engin motorisé pour travaux de fauche, faucaudage, ramassage, etc. en milieu aquatique - A. Watterlot



Habitat de l'Agrion de mercure, correspondant aux cressonnières à Ache nodiflore ou Cresson officinal (*Apion nodiflori*), pour lequel le fauçardage est fortement déconseillé. 1 : Agrion de mercure, odonate menacé, d'intérêt communautaire - A. Simon ; 2 : Vallée de la Méline, Ellecourt (76)- A. Simon

Il est préférable de réaliser les travaux entre septembre/octobre et mars : une coupe réalisée en période de croissance a pour effet de stimuler la croissance de certains végétaux aquatiques. Les végétaux les mieux adaptés à la repousse finissent par dominer largement et le fauçardage prend des allures de cercle vicieux. Par ailleurs, cette période correspond à la fin de la floraison et fructification d'une grande majorité des herbiers. De façon exceptionnelle sur les cours d'eau où le risque de débordement est important en cas d'orage et lorsque la végétation recouvre plus de 70% de la largeur du cours d'eau, un fauçardage estival peut être à envisager.

Dans les marais aménagés, les dates et la fréquence du fauçardage sont fonction du dynamisme de la végétation, qui résulte entre autres des niveaux d'eau et des conditions climatiques hivernales. Ainsi, des niveaux d'eau bas, couplés à des gelées hivernales, peuvent limiter le développement de la végétation aquatique au printemps.

Les produits du fauçardage doivent être évacués. Ils ne doivent surtout pas être déposés sur les berges car leur décomposition s'accompagne d'une eutrophisation du substrat, qui entraîne le développement d'une flore nitrophile (orties, ronces, chardons, etc.). Ils doivent également être exportés hors du cours d'eau afin d'éviter qu'ils ne forment un embâcle. Il est parfois indispensable de disposer, à l'aval du tronçon à fauçonner, de filets aux mailles fines qui retiendront les morceaux de végétaux qui auraient pu échapper au ramassage. Des filières locales de recyclage des produits du fauçardage sont parfois envisageables (compost, alimentation du bétail, biogaz, etc.).

L'efficacité du fauçardage dépend des espèces visées, de la profondeur de coupe, de la période, de la fréquence de coupe et du soin apporté au ramassage. Le gestionnaire devra donc veiller, en fonction des objectifs visés, à bien choisir la zone de coupe, sa profondeur, sa période et sa fréquence. Le fauçardage doit être mené en concertation avec des référents scientifiques pour évaluer les enjeux patrimoniaux et les conséquences du fauçardage.

La répétition des interventions favorise les espèces à fort pouvoir multiplicatif et les plus concurrentielles (ex : Myriophylle en épi, élodées, etc.) et diminue ainsi la biodiversité des milieux. Par ailleurs, il est à proscrire en présence d'espèces exotiques envahissantes, telles que les jussies, la Crassule de Helms, le Myriophylle du Brésil qui ont la capacité de se régénérer à partir d'un fragment infime de la plante. Le fauçardage deviendrait alors un vecteur d'expansion de ces espèces.

D'une manière générale, le fauçardage s'attaque aux conséquences de l'eutrophisation des cours d'eau et non aux causes. C'est un processus curatif et non préventif. Cette intervention au coût élevé pourrait être limitée si, en amont, la politique d'amélioration de la qualité de l'eau menée à l'échelle du bassin versant était renforcée. Elle devrait aussi être accompagnée par une politique de restauration ou de gestion douce de la ripisylve. Cette dernière, en apportant de l'ombrage et en limitant de ce fait l'élévation de la température de l'eau en été, peut contribuer à limiter le développement des herbiers.

Le fauçardage ne peut être justifié que par un faisceau de nécessités, des impacts limités sur l'écosystème et une réelle nécessité écologique de limitation des herbiers aquatiques.

Bibliographie

- DUTARTRE & OYARZABAL, 1993
- SAJALOLI & AMMON, 1993
- BARRAT-SEGRETAIN & AMOROS, 1996
- UNIMA, 1999 & 2001
- DAMIEN, 2001
- GOUCHE, 2001
- PIPET & CHOURRE, 2001
- DUTARTRE & FARE, 2002
- FOUGÈRE, 2002
- LEGRAND, 2002
- COMITÉ DES PAYS DE LA LOIRE, 2004
- DAS GRACAS & LEBRUN, 2005
- LIMOUSIN, 2005
- PRYGIEL, (non daté)
- CATTEAU, DUHAMEL *et al.*, 2009

Restauration et entretien des ripisylves

Objectifs

- limiter les risques d'érosion et d'inondation ;
- contribuer à l'amélioration de la qualité de la ressource en eau ;
- favoriser la diversité biologique, en particulier la faune aquatique et semi-aquatique ;
- contribuer à la conservation de végétations et d'espèces végétales rares et menacées ;
- développer un réseau de corridors biologiques forestiers ;
- limiter le développement des herbiers de plantes aquatiques envahissantes ;
- améliorer la qualité paysagère.



L'Aulne glutineux et les saules sont les espèces les plus fréquentes des ripisylves, Bresle (76) - J. Buchet

Contexte

La ripisylve désigne l'ensemble de la végétation arborée et arbustive des berges d'un cours d'eau, elle se développe en bande, de 4 à 30 mètres, au-delà il s'agit plutôt de forêts alluviales. Mais la plupart du temps, la ripisylve se trouve réduite, notamment sur les plus petits cours d'eau, à une formation linéaire de quelques arbres plus ou moins isolés, voire inexistants.

Au sein de la ripisylve, on peut distinguer deux types de boisements :

- celui de la bordure immédiate de la berge, situé au plus près du lit mineur et fréquemment soumis aux crues ;
- celui des berges moins inondées, du fait de leur hauteur ou de leur recul par rapport au lit mineur et qui s'apparente plus aux formations de la forêt alluviale, écosystème forestier naturel lié à la présence d'une nappe phréatique peu profonde et inondé de façon régulière ou plus exceptionnelle.

Les fonctionnalités de la ripisylve sont nombreuses. Elle améliore la qualité physico-chimique des eaux de deux manières. D'une part, elle piège des matières

en suspension riches en matières polluantes (fort pouvoir adsorbant des matières colloïdales pour les métaux lourds) et qui sont susceptibles de colmater les fonds graveleux des rivières. D'autre part, les systèmes racinaires très développés des ligneux ripicoles ainsi que les micro-organismes dénitritificateurs du sol épurent les eaux d'inondation infiltrées, et celles de la nappe alluviale, des éléments nutritifs qu'elles contiennent.

Des travaux de recherches (CARBIENER *et al.*, 1991) ont montré qu'en période de végétation, la frênaie-ormaie alluviale rhénane assimile de manière quasi totale les phosphates et nitrates contenus dans la nappe ; l'épuration des eaux est d'autant plus efficace que les boisements sont structurés, diversifiés et matures (complémentarité structurale interspécifique et des strates).

La ripisylve, en augmentant la rugosité du lit, diminue les vitesses d'écoulement et ralentit la propagation des crues. En effet, elle constitue un obstacle plus ou moins souple grâce à sa strate arbustive (notamment celle formée par les saules buissonnants) et plus ou moins perméable aux écoulements (importance d'une densité suffisante d'arbres pour la rétention des bois flottants). Cet effet tampon, couplé à l'adaptabilité des systèmes racinaires des espèces ligneuses ripicoles spontanées (saules, aulnes), qui stabilisent les berges, assure une certaine protection des terres riveraines contre l'érosion.

Les boisements riverains sont un facteur de diversité biologique pour le cours d'eau : apport de matière organique provenant de la litière à la base de l'alimentation

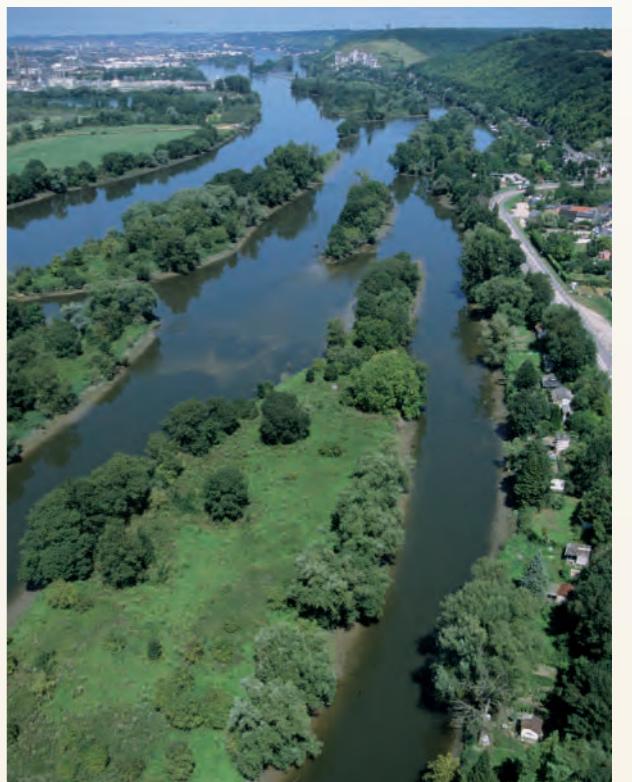


Ripisylve naturelle (aulnaie), Epte (27), l'ombre fournie par les arbres de la ripisylve est un facteur important pour l'écosystème aquatique du cours d'eau. Plus l'eau est fraîche, plus elle est oxygénée et favorable à la vie aquatique. L'ombrage limite également le développement de certaines espèces exotiques ou algues envahissantes - B. Toussaint

de nombreux invertébrés benthiques détritivores, source d'habitats, en particulier piscicoles, grâce aux apports de bois mort et aux systèmes racinaires, atténuation des écarts thermiques en période estivale grâce à l'ombrage (souhaitable pour les rivières à salmonidés), fonction de corridor pour la faune terrestre, diversification structurale des écosystèmes de vallées, etc. Plusieurs végétations ou espèces végétales rarissimes pour le territoire se développent sur ces espaces telles que : le fourré à Saule à trois étamines (*Salicetum triandrae*) rare et menacé, uniquement présent le long de la vallée de la Seine, en amont de Rouen ; la forêt pionnière à Saule Blanc (*Salicetum albae*), uniquement présente le long de la vallée de la Seine et ses principaux affluents (la Risle et l'Eure en particulier), le Saule pourpre (*Salix purpurea*) très rare, le Saule fragile (*Salix fragilis*) assez rare, etc.

L'ombre apportée par les boisements ripicoles, en limitant l'éclairement de la lame d'eau et son réchauffement en été, réduit la production primaire et de ce fait peut contribuer à limiter le développement des herbiers aquatiques dans les cours d'eau. Souvent la ripisylve, en apportant un ombrage des berges et en limitant l'érosion, freine les possibilités d'installation d'espèces invasives sur les berges (*Reynoutria sp.*, *Impatiens glandulifera*, *Ludwigia grandiflora*, etc.).

Au même titre que les haies et comme toutes les marges boisées, les ripisylves ont une fonction paysagère, en particulier dans les vallées à forte vocation agropastorale où leur capacité à structurer un paysage ouvert et parfois monotone devient essentielle.



Les îles et berges de la vallée de Seine en amont de Rouen abritent des ripisylves naturelles et fonctionnelles, baignées régulièrement par le rythme des marées et un hydrosystème fluvial dynamique - P. Housset



Ripisylve naturelle de la Vallée de la Seine, abritant les rares végétations des Saulaies blanches et des Fourrés à saule à trois étamines - J. Buchet

Les forêts riveraines des cours d'eau apparaissent souvent comme un élément important pour de nombreux usagers de la rivière (pêcheurs, chasseurs, canoéistes, randonneurs, etc.) ainsi que pour toute politique de développement du territoire orientée vers un tourisme vert.

Mais la Normandie orientale souffre d'un défaut de ripisylve. Elles ont été dégradées par plusieurs siècles d'aménagements des lits majeurs (drainages, assèchement, etc.) et d'artificialisation des rivières (canalisation, endiguement, régulation hydraulique, etc.). Pour faciliter l'entretien des rivières recalibrées et des chenaux, la végétation ligneuse de bordure a également été réduite voire éliminée. Au même titre que les haies, les ripisylves ont pu jouer un rôle économique important aux siècles derniers, par la production de bois, ainsi que l'utilisation des branchages comme fourrage pour les bêtes. Mais elles ont peu à peu perdu de leur intérêt et ont été remplacées par des cultures agricoles, des pâtures et des plantations ou des alignements de peupliers jusqu'à sur les berges.



Ripisylve quasiment inexiste, réduite à quelques arbres isolés, vallée de la Bresle (76) - J. Buchet

Au contraire des aulnes, ou des saules qui ont un système racinaire permettant de consolider les berges, les peupliers hybrides ont une très faible capacité d'enracinement sur les sols engorgés, et sont sensibles aux chutes lors des coups de vent, ce qui déstabilise d'autant plus les berges et augmente les risques d'embâcles. Par ailleurs ces peupliers, plantés pour former des boisements de production au détriment des forêts alluviales, nécessitent souvent un drainage préalable et n'assurent en aucune mesure une fonction écologique comparable à celle des ripisylves naturelles (boisement monostrate, apport de phénols, assèchement supérieur par évaporation, appauvrissement floristique des strates herbacées et arbustives, etc.).

Aussi, des opérations de restauration ou de réhabilitation écologique de ripisylves, et d'entretien raisonnable de celles qui existent encore, apparaissent nécessaires pour que les rivières retrouvent un bon fonctionnement écologique.



Le réseau racinaire des espèces herbacées n'est pas suffisant pour retenir la terre des berges, l'absence d'arbres favorise l'érosion et la dégradation des berges, Pont-de-l'Arche (27) - J. Buchet



Alignement de peupliers le long de la berge, peu efficace contre l'érosion de la berge et peu favorable à la biodiversité, vallée de la Bresle (76) - J. Buchet

Méthodes

Plusieurs types d'actions sont préconisés pour réhabiliter les ripisylves. La solution la plus commune dans un milieu riverain fortement déboisé est la replantation de végétaux ligneux. Les espèces choisies doivent être des espèces ripicoles indigènes dont l'origine est locale (par exemple des boutures récoltées à proximité, des plants d'origine locale contrôlée). Pour des petites rivières à vallée étroite, on choisira des espèces caractéristiques de l'*Alnion glutinoso - incanae* (Saule blanc, Aulne glutineux, Frêne commun, Viorne obier...).

Pour des rivières plus importantes et à vallée plus large, on répartira les espèces dites « à bois tendres » au plus près de la rive (Saule des vanniers, Saule blanc, Saule fragile) ; puis en s'éloignant progressivement de la berge, on privilégiera l'Aulne glutineux et, dans les secteurs les plus rarement inondés, les essences dites « à bois plus dur » (Frêne commun, Chêne pédonculé, Charme, Tremble, etc.). La priorité est de privilégier des espèces à enracinement profond ou assez profond, même sur des sols engorgés, qui seront des espèces stabilisatrices pour les berges.

Il est conseillé de favoriser des bandes reboisées de grande largeur, afin d'assurer un bon fonctionnement écologique de la ripisylve : au moins 10 mètres de large pour un petit cours d'eau (de 10 à 20 mètres de large). Au-delà, une largeur de 30 mètres est souhaitable. Il est important de ne pas négliger la plantation d'arbustes et d'arbrisseaux car c'est la strate arbustive qui joue un rôle essentiel dans le piégeage des sédiments et pour freiner les eaux de débordement. La reconstitution d'un boisement à plusieurs strates est aussi essentielle pour la fonction de zone-tampon épuratrice.

Ces mesures de reboisement, sont à associer à l'élimination des peupliers introduits (coupe rase ou sélective selon qu'il s'agit d'une peupleraie ou d'une aulnaie-peupleraie à hautes herbes) et à une obturation des éventuels fossés de drainage si nécessaire (cf. fiche « gestion des niveaux d'eau »).



Restauration du profil de la berge avant l'implantation d'une ripisylve, Eaulne (76) - CenNS

Lorsque les conditions stationnelles très dégradées ne permettent pas l'implantation et le maintien du jeune boisement, des actions spécifiques de restauration ou de réhabilitation portant sur le milieu physique, et au premier chef sur son fonctionnement hydrologique, sont alors nécessaires.

La rivière est un espace qui concerne de très nombreux acteurs n'ayant pas nécessairement les mêmes besoins tout le long de son parcours. L'entretien de la ripisylve, qui doit être adapté aux enjeux locaux, est par conséquent différent tout le long de la rivière : une sectorisation est nécessaire.

Tout plan de gestion de végétation riveraine repose successivement sur :

- un état des lieux détaillé qui permet de faire apparaître les enjeux écologiques et socio-économiques situés dans les zones riveraines ;
- une carte d'objectifs et d'entretien sectorisés, indiquant, secteur par secteur, dans quels buts sont réalisés les travaux d'entretien, de restauration ou de récréation ;
- un programme pluriannuel de travaux défini à partir de la confrontation de l'état actuel et de l'état souhaité de la ripisylve ; cette confrontation doit être le résultat d'une expertise écologique réalisée avant les travaux ;
- un protocole de suivi écologique (en particulier de la végétation) afin d'évaluer l'efficience des travaux et éventuellement de les réorienter.

Pour évaluer l'état de la ripisylve, des tronçons caractérisés par une certaine homogénéité du boisement riverain sont identifiés en prenant en compte, notamment, les critères suivants : sa largeur, la richesse spécifique des strates arbustives et arborescentes, et l'état sanitaire des arbres.

D'une manière générale, les travaux d'entretien sont caractérisés par une grande sélectivité. Ils doivent permettre le développement et le maintien d'un boisement pérenne et fonctionnel d'un point de vue écologique (diversité spécifique des strates et des classes d'âge).



Déplacement de la clôture vers le haut de la berge afin de laisser de l'espace à la régénération spontanée d'une ripisylve, Fesques (76) - CenNS

Globalement, nous préconisons le moins d'interventions possible sur les ripisylves, existantes ou recréées. En effet, il importe d'intervenir uniquement si cela s'avère nécessaire, pour des souhaits de maîtrise des coûts autant que pour favoriser des forêts naturelles.

Quelques conseils généraux pouvant être appliqués en fonction de l'état de la ripisylve sont mentionnés ci-dessous :

- faire des coupes avec le souci complémentaire de permettre une meilleure régénération des arbres (conserver de beaux semenciers, des individus de classes d'âge différentes) ;
- sur les rives aménagées (linéaires de peupliers ou de frênes), diversifier les essences et, à terme, remplacer les peupliers par d'autres essences ;
- favoriser en pied de berge les essences qui ont un système racinaire adapté (saules, Aulne glutineux) au détriment de celles à enracinement superficiel et peu résistant à l'érosion (peupliers hybrides) ;
- conserver les arbres morts ou dépréssants, dès lors qu'ils ne sont pas situés sur des tronçons où la formation d'embâcles n'est pas souhaitable (zones d'habitations, ouvrages d'art à proximité, etc.) ; laisser vieillir certains arbres le plus possible et favoriser les vieux et très vieux bois, gages de biodiversité ;
- conserver les espèces rares et menacées, auxquelles il convient également d'ajouter le Peuplier à feuilles de Bouleau (*Populus nigra* subsp. *betulifolia*), en effet en Normandie orientale l'indigénat de ce peuplier principalement présent dans les vallées de la Seine et de l'Avre (BUCHET *et al.* 2015) est incertain, mais par précaution il est préférable de le conserver ;
- éclaircir les cépées (notamment de l'Aulne glutineux qui pousse souvent de cette manière) pour faciliter la croissance du ou des brins conservés ;
- alterner des portions plutôt exposées à l'ensoleillement et d'autres à l'ombrage en fonction de la position par rapport à la zonation¹ du cours d'eau, des faciès d'écoulement, des besoins des espèces piscicoles présentes, etc. ;
- éviter ou limiter l'accès du bétail aux cours d'eau pour s'abreuver, qui entraîne un surélargissement

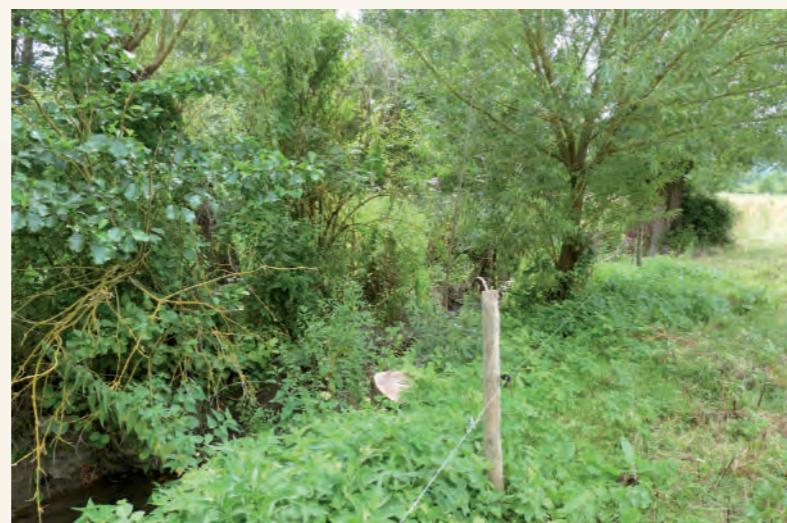


Le libre accès des animaux au cours d'eau empêche la régénération naturelle de la ripisylve, Varenne (76) - A. Dardillac

du cours d'eau, une destabilisation des berges et un colmatage du fond par le piétinement et les apports en sédiment ; la pose de clôtures peut solutionner rapidement ce problème, mais nécessite de trouver d'autres solution pour l'abreuvement des animaux (comme des pompes à nez ou des encoches dans la clôtures).

La gestion des peupleraies peut constituer un cas particulier. En effet de façon ponctuelle, certaines peupleraies peu entretenues possèdent des possibilités de réhabilitation écologique intéressantes. Dans les peupleraies peu denses et périodiquement débroussaillées, on peut observer des végétations herbacées d'ourlets ou de mégaphorbiaies, souvent nitrophiles (respectivement de l'*Aegopodium podagrariae* ou du *Geo urbani - Alliaria petiolatae* et du *Convolvulion sepium*) mais parfois méso-eutrophiles (*Thalictrum flavum* - *Filipendulion ulmariae*). Dans les peupleraies plus denses et non entretenues, qui sont des cas rares, on peut relever un sous-étage intéressant, assez semblable à ce que serait celui de la forêt alluviale potentielle (*Alnion incanae*). Toutefois, ces végétations sont toujours passablement dégradées. On peut pourtant, dans les sites à moindre enjeu patrimonial ou en complément de mesures de gestion plus ambitieuses, mettre en place une gestion de transition qui préserve les végétations du sous-étage tout en maintenant les peupliers jusqu'à leur âge d'exploitabilité.

Il faut partout proscrire l'utilisation de produits phytosanitaires. Les débroussaillages doivent être peu fréquents (tous les cinq ans maximum) et accompagnés de l'exportation des produits de coupe. Selon la végétation à favoriser, on pourra couper quelques peupliers ou des lignes complètes de peupliers pour améliorer la mise en lumière des berges et éviter les arrachages de berges. Dans les peupleraies denses, on appliquera une gestion forestière sans intrants et on favorisera le développement des recrus d'essences indigènes afin de préparer la conversion de la peupleraie en forêt alluviale naturelle. Lors de l'exploitation, on procèdera par parquets en préservant les arbres du sous-étage.



Pose d'une clôture en bordure de boisement afin de protéger la ripisylve, Epte (27) - E. Vochelet

Limites et précautions

La ripisylve est nécessaire au bon fonctionnement de l'écosystème des cours d'eau et la plupart du temps son entretien n'est réalisé uniquement que pour assurer des activités humaines (navigation, lutte contre les inondations...), il faut donc privilégier un développement spontané des arbres et n'intervenir qu'en dernier recours, lorsqu'une activité est menacée.

L'absence d'arbres sur les berges favorise l'érosion des berges et le réchauffement du cours d'eau, préserver la présence des arbres est donc primordial, cependant une alternance d'ombre et de lumière favorise également la diversité des espèces.

Aujourd'hui, deux espèces classiquement utilisées en bord de cours d'eau sont atteints de dépréssissement sur le territoire. L'Aulne glutineux (*Alnus glutinosa*) est touché par un champignon pathogène du genre *Phytophthora* entraînant le dépréssissement de l'arbre. Il n'existe à ce jour aucun traitement phytosanitaire efficace ni *a priori* de souches d'Aulne résistantes. Dans ce contexte afin de limiter la propagation, certaines précautions peuvent être prises : abattage des arbres atteints, nettoyage et désinfection du matériel, brûlage des produits de l'abattage sur place. La deuxième espèce est le Frêne commun (*Fraxinus excelsior*), également atteinte par un champignon : *Chalara fraxinea*. Pour limiter sa propagation, les mêmes préconisations que pour l'Aulne peuvent être suivies, cependant, elles ne s'avèrent pas suffisantes au regard du nombre d'individus concernés aujourd'hui. La meilleure solution préventive reste d'éviter tout peuplement pur et de diversifier au maximum les espèces le long des cours d'eau, en introduisant d'autres espèces indigènes comme des saules, des trembles, des charmes, etc.

En ce qui concerne la restauration et la réhabilitation écologiques, les points suivants sont à prendre en compte :

- opérations coûteuses car nécessitant la maîtrise foncière d'une bande riveraine plus ou moins longue et large, l'achat et la plantation d'un grand nombre de plants, et un entretien par débroussaillage les premières années ;
- laisser la ripisylve s'installer spontanément coûte beaucoup moins cher, est plus naturel, mais reste beaucoup plus lent ;
- les opérations de reboisement risquent d'être peu efficaces si le fonctionnement hydrologique et géomorphologique du cours d'eau n'est pas satisfaisant (cf. fiche « dynamique fluviale ») ;
- vouloir réhabiliter une ripisylve dans le seul but de restaurer la qualité des eaux d'un cours d'eau est illusoire : le boisement ne peut pas agir de manière significative sur une rivière trop polluée en amont.

Pour l'entretien de la végétation riveraine, il conviendra de porter son attention sur les points suivants :

- l'obtention d'une ripisylve « équilibrée », satisfaisant à l'ensemble des usages et des usagers des cours d'eau est une œuvre de longue haleine, nécessitant des efforts continus de maintenance, et non le

résultat de travaux d'entretien ponctuels ; aussi, le suivi des caractéristiques et de l'état des boisements doit être répété régulièrement pour apprécier l'efficacité du plan de gestion ;

- l'entretien de la ripisylve ne se limite pas à l'étude technique préalable et aux travaux sur le terrain ; il comporte un volet juridique important. Sur les cours d'eau de droit privé, c'est aux propriétaires riverains qu'incombe l'entretien des berges et du lit. Néanmoins, dans le but de programmer durablement l'entretien, la loi autorise l'État et les Agences de l'eau à inciter financièrement les collectivités locales à aller dans ce sens. Pour que ces dernières puissent intervenir sur l'entretien d'un cours d'eau de droit privé, elles devront lancer une enquête d'utilité publique ;
- l'entretien doit toujours être justifié : sur une rivière qui dispose d'un espace de liberté² suffisant et dont le débit n'est pas régulé, la ripisylve ne nécessite aucune intervention particulière pour se maintenir ou se développer. La majorité du temps, on laissera évoluer spontanément les ripisylves, sans intervention sauf celles liées aux risques de crues (embâcles). Ces forêts nécessitent d'être les plus naturelles possibles.

Bibliographie

- BUCHET *et al.* 2015
 BOYER, 1998
 BOYER & PIEGAY, 2003
 CARBIENER, SANCHEZ-PEREZ & TRÉMOLIÈRES, 1991
 CATTEAU & DUHAMEL *et al.*, 2009
 DUTARTRE, 1991
 GILBERT, 2000
 PIEGAY, PAUTOU & RUFFINONI, 2003

¹ La zonation d'un cours d'eau correspond à un découpage longitudinal de celui-ci en différentes zones sur la base de critères géomorphologiques (pente, section d'écoulement, phénomènes d'érosion et/ou de sédimentation, etc.) et hydrologiques (production ou accumulation de l'eau, vitesse du courant, etc.).

² Qualifie l'espace dans lequel divague librement un cours d'eau dont la dynamique d'érosion/sédimentation n'est pas entravée.

Gestion des plantes exotiques envahissantes



Objectifs

- identifier les problématiques liées à la présence des espèces exotiques envahissantes ;
- adopter la bonne démarche afin de mener des opérations d'éradication ou de limitation de stations de plantes exotiques envahissantes en zone humide.

Contexte

Définition

La dernière définition en date d'une espèce exotique envahissante est donnée par la Stratégie nationale relative aux espèces exotiques envahissantes (MÜLLER, coord., 2017) : « Une espèce exotique envahissante dans un territoire est une espèce animale ou végétale exotique, c'est-à-dire non indigène sur ce territoire, dont l'introduction par l'homme, volontaire ou fortuite, y menace les écosystèmes, les habitats ou les espèces indigènes avec des conséquences écologiques, économiques et sanitaires négatives ».

La Normandie orientale est fortement concernée par le phénomène de prolifération des plantes exotiques envahissantes, en particulier en zones humides, où 62 % des espèces exotiques envahissantes du territoire sont

Mise en place d'un chantier d'arrachage manuel de la Jussie à grandes fleurs - CenNS

présentes. La région est malheureusement loin d'être un cas isolé puisque l'introduction d'espèces exotiques envahissantes est considérée comme la 3^e cause mondiale de déclin de la biodiversité, après la destruction des habitats naturels et la surexploitation des espèces (IUCN, 2014). D'après les dernières estimations de la Liste rouge des espèces menacées de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature, les espèces exotiques envahissantes constituent une menace pour près d'un tiers des espèces terrestres menacées et sont impliquées dans la moitié des extinctions connues à l'échelle mondiale. Dès 1992, lors de la Conférence de la Diversité Biologique (CDB) de Rio de Janeiro, les espèces exotiques envahissantes sont une préoccupation pour les Nations Unies, qui sera reprise en 2010 lors de la 10^e CDB à Nagoya avec des objectifs identifiés : « d'ici à 2020, les espèces exotiques envahissantes et les voies d'introduction sont identifiées et classées en ordre de priorité, les espèces prioritaires sont contrôlées ou éradiquées et des mesures sont mises en place pour gérer les voies de pénétration, afin d'empêcher l'introduction et l'établissement de ces espèces », (CDB, 2010).



1- Mimule tacheté (*Erythranthe guttata*), plante exotique envahissante potentielle -2- Balsamine de l'Himalaya (*Impatiens glandulifera*), plante exotique envahissante avérée -3- Jussie à grandes fleurs (*Ludwigia grandiflora*), plante exotique envahissante avérée - A. Dardillac

L'Union Européenne s'est inscrite dans ces démarches internationales et a mis en place un Règlement européen relatif à la prévention et à la gestion de l'introduction et de la propagation des espèces exotiques envahissantes (Règlement UE N1143/2014) le 22 octobre 2014. Il est complété par deux règlements d'exécution : le règlement UE 2016/1141 du 13 juillet 2016, qui publie la première liste d'espèces exotiques envahissantes préoccupantes (dont 14 espèces végétales) et le règlement UE 2017/1263 du 12 juillet 2017 qui publie la deuxième liste d'espèces exotiques envahissantes préoccupantes (dont 9 espèces végétales). Sur les 23 espèces végétales retenues, 10 sont présentes en Normandie orientale dont 9 en zones humides. Pour ces espèces, le règlement européen a prévu :

- des interventions de prévention pour limiter leur dissémination ;
- des interventions d'alerte précoce et de réaction rapide (mise en place d'un système de surveillance et de mesures d'urgence) ;
- des interventions de gestion des espèces exotiques envahissantes déjà installées.

Ce règlement a également prévu la mise en œuvre par les États membres d'un certain nombre de mesures (analyse complète des voies d'introduction et de propagation non-intentionnelles, contrôles officiels opérationnels, sanctions, système de surveillance, etc.), selon un calendrier arrêté, dont l'échéance est fixée à l'année 2019.

Au niveau national, la réglementation européenne a été traduite dans le droit français et une Stratégie nationale relative aux espèces exotiques envahissantes a été publiée en 2017. Au niveau régional, une Stratégie régionale relative aux Espèces Exotiques Envahissantes de Normandie 2018–2022 est en cours d'application, et s'appuie sur les axes de la stratégie nationale.

Contexte local

En Normandie orientale, la définition des plantes exotiques envahissantes date de 2015 (BUCHET, HOUSSET et al., 2015) et s'appuie sur la synthèse nationale de S. MÜLLER (2004), complétée par quelques cas régionaux avérés ou pressentis, non traités au niveau national. En fonction du caractère envahissant des espèces exotiques, deux catégories ont été distinguées.

Les plantes exotiques envahissantes avérées (A)

Les plantes exotiques envahissantes avérées sont les plantes adaptées aux conditions locales et en extension dans la région, ayant un impact avéré sur les habitats naturels et les espèces d'intérêt patrimonial de la région, ou sur la santé, l'économie et les activités de loisir.

Les plantes exotiques envahissantes potentielles (P)

Les plantes exotiques envahissantes potentielles sont les plantes adaptées très localement dans la région (ou uniquement présentes à l'état cultivé), qui ne sont pas en extension forte, mais qui pourraient le devenir compte tenu des observations faites dans les régions proches, plantes à surveiller tout particulièrement pour limiter leur expansion.

Etat des lieux en Normandie orientale

En Normandie orientale, on dénombre 60 taxons exotiques envahissants, dont 30 avérés et 30 potentiels. Parmi ces 60 taxons, 36 sont présents sur les zones humides, dont 24 avérés et 12 potentiels, soit quelques 62 % de la flore exotique envahissante. Ces milieux déjà fragiles sont fortement touchés par cette problématique.

Liste des plantes exotiques envahissantes présentes dans les zones humides de Normandie orientale		
Nom scientifique	Nom vernaculaire	Écologie
Plantes exotiques envahissantes avérées		
<i>Azolla filiculoides</i> Lam., 1783	Azolla fausse-fougère	Aquatique
<i>Bidens frondosa</i> L., 1753 (inclus les var. <i>frondosa</i> et <i>anomala</i>)	Bident à fruits noirs	Amphibie
<i>Buddleja davidii</i> Franch., 1887	Buddléia du père David	Terrestre
<i>Crassula helmsii</i> (Kirk) Cockayne, 1907	Crassule de Helms	Amphibie / Aquatique
<i>Egeria densa</i> Planch., 1849	Egérie dense	Aquatique
<i>Elodea nuttallii</i> (Planch.) H.St.John, 1920	Elodée de Nuttall	Aquatique
<i>Heracleum mantegazzianum</i> Sommier & Levier, 1895	Berce du Caucase	Terrestre
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i> L.f., 1782	Hydrocotyle fausse-renoncule	Amphibie / Aquatique
<i>Impatiens capensis</i> Meerb., 1775	Balsamine du Cap	Terrestre
<i>Impatiens glandulifera</i> Royle, 1833	Balsamine de l'Himalaya	Terrestre
<i>Lagarosiphon major</i> (Ridl.) Moss, 1928	Grand lagarosiphon	Aquatique
<i>Lemna minuta</i> Kunth, 1816	Lentille d'eau minuscule	Aquatique
<i>Ludwigia grandiflora</i> (Michx.) Greuter & Burdet, 1987 (inclus <i>subsp. hexapetala</i>)	Jussie à grandes fleurs	Amphibie / Aquatique
<i>Ludwigia peploides</i> (Kunth) P.H.Raven, 1963 (inclus <i>subsp. montevidensis</i>)	Jussie rampante	Amphibie / Aquatique
<i>Myriophyllum aquaticum</i> (Vell.) Verdc., 1973	Myriophylle du Brésil	Amphibie / Aquatique
<i>Prunus serotina</i> Ehrh., 1788	Cerisier d'automne	Terrestre
<i>Reynoutria japonica</i> Houtt., 1777	Renouée du Japon	Terrestre
<i>Reynoutria sachalinensis</i> (F.Schmidt) Nakai, 1922	Renouée de Sakhaline	Terrestre
<i>Reynoutria x bohemica</i> Chrtk & Chrtkova, 1983	Renouée de Bohème	Terrestre
<i>Sagittaria latifolia</i> Willd., 1805	Sagittaire à larges feuilles	Amphibie
<i>Solidago canadensis</i> L., 1753	Verge d'or du Canada	Terrestre
<i>Solidago gigantea</i> Aiton, 1789	Verge d'or géante	Terrestre
<i>Spartina anglica</i> C.E.Hubb., 1978	Spartine anglaise	Amphibie
<i>Symphyotrichum lanceolatum</i> (Willd.) G.L.Nesom, 1995	Aster à feuilles lancéolées	Terrestre
Plantes exotiques envahissantes potentielles		
<i>Acer negundo</i> L., 1753	Erable negundo	Terrestre
<i>Bidens connata</i> Muhlenb. ex Willd., 1803	Bident soudé	Amphibie
<i>Erythranthe guttata</i> (Fisch. ex DC.) G.L.Nesom, 2012	Mimule tacheté	Amphibie
<i>Euphorbia x pseudovirgata</i> (Schur) Soó, 1930	Euphorbe fausse-baguette	Terrestre
<i>Glyceria striata</i> (Lam.) Hitchc., 1928 (inclus <i>subsp. difformis</i> et <i>striata</i>)	Glycérie striée	Amphibie
<i>Impatiens balfouri</i> Hook.f., 1903	Balsamine de Balfour	Terrestre
<i>Impatiens parviflora</i> DC., 1824	Balsamine à petites fleurs	Terrestre
<i>Lemna turionifera</i> Landolt, 1975	Lenticule à turion	Aquatique
<i>Lysichiton americanus</i> Hultén & H.St.John	Lysichite d'Amérique	Terrestre
<i>Parthenocissus inserta</i> (A.Kern.) Fritsch, 1922	Vigne vierge	Terrestre
<i>Rumex thyrsiflorus</i> Fingerh., 1829	Oseille à oreillettes	Terrestre
<i>Symphyotrichum x salignum</i> (Willd.) G.L.Nesom, 1995	Aster à feuilles de saule	Terrestre

En bleu : les espèces retenues par le règlement européen du 22 octobre 2014 relatif à la prévention et à la gestion de l'introduction et de la propagation des espèces exotiques envahissantes

Écologie : d'après la Liste des plantes vasculaires exotiques envahissantes de Normandie pour la priorisation des actions de contrôle, de connaissance et d'information (DOUVILLE C., WAYMEL J., 2019)

Impacts

Si certaines espèces végétales exotiques peuvent adopter un comportement envahissant, il en va de même pour certaines espèces indigènes (ex : lentilles d'eau, orties, ronces) qui sont alors simplement définies comme des « espèces envahissantes ». Par ailleurs toutes les espèces exotiques ne deviennent pas systématiquement envahissantes. Seule une espèce introduite sur 1 000 deviendrait envahissante (WILLIAMSON, FITTER, 1996).

Tous les types de milieux humides et aquatiques peuvent être impactés par les plantes exotiques envahissantes : forêt alluviale, roselières, mégaphorbiaies, cours d'eau, mares, prairies, etc. Les espèces exotiques envahissantes ne présentent pas toutes les mêmes menaces. Les impacts générés par ces plantes peuvent être regroupés en deux grandes catégories.

Impacts sur les habitats naturels ou sur les espèces indigènes

Une plante exotique envahissante est considérée comme ayant un impact avéré ou potentiel sur les plantes indigènes si elle menace directement ou si elle risque de menacer, par sa présence la conservation des populations de ces espèces, par exemple en formant des fourrés ou des herbiers monospécifiques fortement concurrentiels pour toutes les ressources (lumière, oxygène dissous, etc.). Cet impact est également avéré lorsque la plante exotique envahissante modifie de façon significative la composition floristique des végétations, menaçant ainsi leur intégrité.

Impacts sur la santé, l'économie et les activités humaines

Certaines plantes exotiques envahissantes posent des problèmes de santé quand elles possèdent des substances dangereuses pour la santé humaine (substances hautement allergènes, ou provoquant des lésions cutanées, ou très toxiques), c'est notamment le cas de la Berce du Caucase.

Les plantes exotiques envahissantes peuvent également porter préjudice à l'économie et aux activités humaines sur le territoire lorsqu'elles ont un impact négatif :

- sur les activités agricoles (baisse de la valeur fourragère, toxicité pour le bétail) ;
- sur les activités sylvicoles (gêne pour la régénération des peuplements forestiers) ;
- sur les réseaux hydrographiques : gêne pour la navigation, diminution de la capacité d'écoulement des eaux ;
- sur les activités de loisirs : chasse, pêche, randonnée, etc. ;
- sur les réseaux d'infrastructures (le long des routes, canaux, rivières, voies ferrées, etc.).

Afin de juguler les proliférations d'espèces exotiques envahissantes, plusieurs types d'actions sont à mener. En premier lieu, il paraît nécessaire de disposer d'une réglementation empêchant leur commercialisation et leur introduction en milieu naturel. Mais à l'heure actuelle, les jussies sont les seules espèces à faire l'objet d'une réglementation nationale interdisant la commercialisation, l'utilisation, et l'introduction dans le milieu naturel (en application de l'article L411-3 du code de l'environnement). Il est à souhaiter que ce dispositif sera étendu à d'autres espèces. En effet de nombreuses autres plantes exotiques envahissantes mériteraient d'être soumises à une interdiction, ne serait-ce que celles qui impactent la santé humaine et qui engendrent des coûts élevés pour les collectivités publiques et les personnes affectées.

En attendant ces évolutions réglementaires urgentes, les opérations de gestion à mettre en œuvre dans les zones humides de Normandie doivent être priorisées vers les espèces les plus problématiques. Mais également sur les secteurs qui constituent les principaux foyers de dispersion sur le territoire.



Forêt alluviale envahie par la Balsamine de l'Himalaya, île-aux-bœufs (76) - S. Lemonnier



Roselière envahie par la Crassule de Helms, entraînant l'atterrissement et le dépérissage de la roselière - C. Douville



Étang envahi par la Jussie à grandes fleurs à Courcelles-sur-Seine (27), menaçant le fonctionnement de l'écosystème aquatique, les végétations et les espèces patrimoniales, ainsi que toutes activités de pêche ou de navigation - CenNS

Méthodes

Assurer une détection précoce

La détection des plantes exotiques envahissantes passe par la capacité à les reconnaître : de nombreux documents abordent cette thématique et permettent d'aider à leur identification. Des initiatives sont également mises en place, à l'échelle de la Normandie, par les Conservatoires botaniques nationaux et les Conservatoires d'espaces naturels, afin de former tous les publics à la reconnaissance de ces plantes.

La connaissance de ces espèces, conjuguée à une présence régulière sur le terrain permet de rester vigilant face à l'apparition de nouvelles stations de plantes exotiques envahissantes, ce qui est déterminant.

En effet, la détection précoce des foyers de plantes exotiques envahissantes est un facteur décisif conditionnant la réussite des opérations de gestion à suivre.

A contrario, une détection tardive, quand plusieurs milliers de mètres carrés ou de nombreux hectares de zones humides, aquatiques, prairiales ou forestières sont déjà touchés, rend les opérations de lutte plus difficiles voire impossibles. Les seuls objectifs réalisables sont alors le confinement ou le contrôle. Dans ces conditions, ces opérations nécessitent des moyens techniques et des financements souvent démesurés.

Afin de prévenir l'apparition de nouveaux foyers de dispersion, la sensibilisation, la formation et l'éradication dès les premiers signes d'apparition restent les leviers les plus efficaces et les moins coûteux.



Début de colonisation de la mare par de jeunes Jussie à grandes fleurs, une intervention précoce permettra de limiter les impacts et diminuera la taille des chantiers, Marais-Vernier (27)- L. Boulland

Établir un premier bilan de l'état de la colonisation d'un site

Afin de dimensionner un chantier de lutte, en termes de moyens techniques, humains et financiers, et par la suite être en mesure d'évaluer l'efficacité des opérations menées, il est nécessaire de dresser un état initial du site. La cartographie des surfaces occupées par l'espèce exotique envahissante doit être relativement fine. En particulier, les petites populations éparses doivent être localisées, afin de ne pas les oublier lors des chantiers d'arrachage. Des protocoles simples pour évaluer ces surfaces peuvent s'avérer nécessaires, ainsi que l'utilisation de GPS permettant de géolocaliser ces surfaces.

Dimensionnement du chantier de lutte et choix des méthodes de gestion

La gestion des plantes exotiques envahissantes est parfois complexe et nécessite la prise en compte de nombreux paramètres, qui conditionnent le choix et les chances de réussite des opérations de lutte envisagées : biologie de l'espèce, mode de propagation, accessibilité et superficie des zones colonisées, moyens humains ou matériels à disposition, etc. Chaque site et chaque plante nécessitent ainsi un diagnostic particulier, et appellent des stratégies de gestion différentes.

Les méthodes de gestion peuvent être classées en deux grandes catégories :

- l'intervention manuelle légère ;
- l'intervention mécanique lourde.



1- La pose de bâche est une solution douce pour lutter contre les Renouées du Japon, Aizier (27)- Collection PnrbSN ; 2- cependant, il est souvent nécessaire d'intervenir le long des bâches pour éviter le déplacement de la station, Gouville (27) - CenNS. Lorsque la bâche est retirée, il est nécessaire d'implanter rapidement un couvert herbacé sur le sol nu afin d'éviter toute nouvelle colonisation.

Pour des petites surfaces colonisées ou dans le cas de premiers signes de colonisation, l'intervention « manuelle » ou avec du matériel léger garantit, dans la majorité des cas, l'obtention de bons résultats. Elle constitue la méthode la plus fine pour éliminer l'intégralité des foyers. Elle est souvent moins traumatisante pour le milieu naturel, et présente un risque moindre de propagation de graines ou de boutures.

Autant que possible, les méthodes douces sont à privilégier. En effet, un des facteurs de prolifération des plantes exotiques envahissantes est la perturbation profonde des milieux, notamment par des interventions d'engins lourds, qui bouleversent les sols et les eaux. Malheureusement, il est parfois nécessaire de faire appel à des moyens de gestion plus lourds, notamment mécaniques, de type pelleteuse.

Évaluer les résultats des opérations de lutte menées

L'évaluation de l'efficacité à long terme des opérations de gestion se révèle difficile en cas d'absence de suivis précis des populations d'espèces et des travaux effectués. De plus, la résistance, ainsi que la formidable capacité de croissance des populations des plantes gérées, associées le plus souvent au caractère ponctuel et irrégulier des travaux, permettent rarement de visualiser les résultats obtenus en un coup d'œil. Ainsi de la même façon qu'il est préconisé d'établir un état initial afin de dimensionner un chantier de lutte, le suivi régulier des travaux et leur évaluation sont nécessaires.

Les suivis visent le recueil d'indicateurs élémentaires qui permettront l'évaluation. Ces indicateurs peuvent être de nature variée : surfaces ou linéaires traités (Berce du Caucase, Renouées du Japon, Balsamine de l'Himalaya, etc.), taux de sénescence, de mortalité, de reprise (arbres coupés), volumes arrachés (plantes aquatiques), nombre de pieds coupés ou arrachés, etc. L'évaluation consiste à comparer lors de chaque campagne de chantier ces indicateurs qui rendent compte des effets des opérations de gestion mises en œuvre.

Sur des surfaces restreintes, et faute de temps, le suivi peut se limiter à une estimation des volumes extraits ou des surfaces traitées. Dans ce cas, le suivi doit être effectué juste après le chantier. Dans le cas de surfaces plus grandes avec des foyers déconnectés les uns des autres, la localisation des zones colonisées (à l'aide d'un GPS ou de cartes de terrain) permet un suivi plus fin. Les informations recueillies permettent d'évaluer l'homogénéité de l'efficacité des techniques employées sur l'ensemble des foyers traités. Les résultats des travaux peuvent en effet varier de façon très significative en fonction de nombreux facteurs : type de substrat, profondeur de la nappe d'eau, etc. De plus, la cartographie des opérations effectuées permet de visualiser les résultats obtenus, chantier après chantier. Une évaluation bien menée peut permettre de réorienter la méthode à employer sur certaines zones.

La cartographie des foyers doit être réalisée juste avant les opérations de gestion. Les mesures réalisées l'année n seraient comparées avec celles de l'année n-1.

L'idéal est de pouvoir disposer de l'ensemble de ces informations (localisation, surfaces occupées, quantités arrachées, surfaces traitées, etc.), mais le facteur limitant est souvent le temps. L'essentiel est de pouvoir disposer d'au moins un indicateur pertinent.

Limites et précautions

Précautions à prendre dans le cadre de la lutte contre les plantes exotiques envahissantes

Les différentes plantes exotiques envahissantes induisent chacune des impacts différents, et ne nécessitent pas les mêmes efforts et les mêmes mesures de gestion. Celles-ci vont varier en fonction de la répartition de l'espèce, de son type biologique, de ses capacités reproductive, de sa vitesse de colonisation, de l'accessibilité des zones colonisées, des surfaces occupées par les plantes, etc. Un grand nombre d'éléments entrent ainsi en jeu dans la capacité à gérer les plantes exotiques envahissantes. Ils conditionnent souvent les objectifs finaux, de l'éradication à la simple stabilisation des zones colonisées.

Il est fortement recommandé de se rapprocher de structures ayant une forte expérience de lutte contre les plantes exotiques envahissantes. En Normandie orientale une brigade d'intervention spécialisée sur ces aspects a été constituée par le Conservatoire d'espaces naturels Normandie Seine, sur le modèle de celle existant depuis plusieurs années en Normandie orientale, et est en capacité de répondre aux sollicitations des propriétaires, gestionnaires, etc.

Certaines espèces indigènes, notamment aquatiques, peuvent avoir un comportement de prolifération anormale : explosions du Myriophylle en épi (*Myriophyllum spicatum*), du Corniflle nageant (*Ceratophyllum demersum*), etc. Ces développements anormaux sont la plupart du temps causés par des dérèglements de la charge trophique des eaux, un réchauffement anormal des eaux (notamment en été), lui-même souvent lié à la faible profondeur des eaux causées par l'envasement des cours d'eau, etc. Ces proliférations d'espèces indigènes ne doivent pas être confondues avec des phénomènes d'envahissement d'espèces exotiques.



Le développement du Mimule tacheté le long des berges est un frein à l'installation d'une végétation plus riche, Saint-Wandrille-Rançon (76)

- A. Dardillac

Certaines pratiques de gestion peuvent entraîner des conséquences plus néfastes pour le milieu naturel que celles causées par la plante exotique visée, notamment sur les plans sanitaire et écologique. Par exemple, l'usage de produits phytosanitaires en milieu aquatique entraînerait la mortalité des végétaux de façon indifférenciée, provoquerait l'accumulation de masses de plantes détruites au fond des plans d'eau, ce qui augmenterait l'eutrophisation et favoriserait la recolonisation rapide du milieu par la plante initialement visée. Pour rappel, l'arrêté du 12/09/2006 interdit tout traitement chimique à moins de cinq mètres minimum de tout point d'eau, cours d'eau, étang, plan d'eau, figurant en traits pleins bleus ou en traits pointillés sur les cartes au 1/25 000^e de l'Institut Géographique National. Il est également important de rappeler les nuisances sur la santé humaine et sur l'environnement des produits phytosanitaires de type herbicides.

Il est essentiel de prendre en compte les vecteurs de dispersion des plantes exotiques envahissantes, quand ils sont clairement identifiés. En particulier, certains milieux naturels dégradés, *a fortiori* les milieux profondément artificialisés, fonctionnent comme de véritables corridors pour ces espèces. Nombreux sont les corridors artificiels très efficaces pour diverses espèces exotiques envahissantes : le réseau de gravières et ballastières, les rivières rectifiées, les voies ferrées, les autoroutes et voies rapides, les réseaux de bassin de rétention des eaux pluviales, les réseaux de zones commerciales et de zones industrielles, etc. Tous ces grands aménagements créent des corridors de prolifération de plantes exotiques envahissantes, en particulier dès qu'il y a des mouvements de terre induits (déblais-remblais), qui impactent directement les zones humides traversées. Dans le cadre des projets de lutte contre les plantes exotiques envahissantes, il conviendrait de pouvoir traiter en amont les foyers de dispersion pour obtenir des résultats satisfaisants. Cependant, dans certaines conditions, il semble illusoire de pouvoir intervenir sur l'éradication de foyers, notamment lorsque les espèces sont déjà bien implantées sur de longs corridors difficilement accessibles (ex : le long des fleuves, au sein de vaste roselières, etc.). Cette problématique reste néanmoins l'affaire de tous, gestionnaires de milieux naturels mais également gestionnaires de réseaux routiers, industriels, gestionnaires des réseaux fluviaux, etc.



Sur les berges de la Seine, la Balsamine de l'Himalaya constitue des foyers de dispersion difficilement accessibles, Oissel (76) - S. Lemonnier

Précautions à prendre contre la propagation des plantes exotiques envahissantes

Dans la grande majorité des cas, la prolifération d'une espèce exotique envahissante est davantage une conséquence plutôt qu'une cause de la dégradation des milieux naturels. Les facteurs de dégradation favorisant leur installation sont par exemple l'eutrophisation des eaux, l'envasement, le dépôt des boues de curage sur les berges, l'abandon de pratiques pastorales, les travaux de rectification des berges, etc.

Les perturbations des sols et des eaux permettent aux espèces exotiques envahissantes d'occuper des niches écologiques vacantes et de conforter leur présence grâce à des systèmes de reproduction ou à des stratégies adaptatives efficaces (rythme de croissance, capacité de propagation, phénomènes d'allélopathie...). La plupart du temps, les milieux naturels en équilibre, apparaissent plus résistants aux invasions d'espèces exotiques que les milieux perturbés.

Certaines précautions sont donc à prendre pour limiter les perturbations lors des travaux, afin de ne pas favoriser l'arrivée ou la propagation de certaines espèces :

- ne pas réutiliser ou déplacer des terres de déblais contenant des fragments de racines ou de graines ; de nombreuses espèces terrestres, si elles sont déposées dans les sites de dépôts des déchets verts, sont susceptibles d'y constituer des nouveaux foyers de propagation ; il est ainsi fréquent de voir des Renouées du Japon proliférer autour des zones de stockage ;
- les méthodes de gestion « lourdes », « traumatisantes » pour le milieu, seront d'autant plus efficaces à moyen et long termes qu'elles sont accompagnées de travaux de renaturation des sites affectés. Par exemple, le reboisement et/ou le réensemencement à l'aide d'essences locales adaptées au milieu peuvent freiner, voire empêcher le retour des espèces exotiques envahissantes ;
- il est impératif d'adapter la période du chantier de gestion aux espèces visées ; certaines plantes produisent de très nombreuses graines (Buddléia du père David, Balsamines, Berce du Caucase, Asters, etc.) : il est primordial de mener les travaux de lutte avant la production de graines, afin de ne pas augmenter les risques de transports de graines matures ; dans le cas d'opérations engagées « tardivement », il est préférable de brûler les résidus collectés ;
- après chaque opération de gestion, bien nettoyer les outils et les engins (chenilles, pneumatiques, etc.) pour éviter de disséminer des graines, fragments de tiges ou de rhizomes, etc. ;
- en milieu aquatique, empêcher la fuite de fragments vers l'aval ; certaines plantes exotiques envahissantes aquatiques (notamment les jussies ou la Crassule de Helms) se régénèrent très facilement à partir de fragments (0,5 cm sont suffisants pour régénérer un pied de Crassule de Helms). La pose de filtres en grillage, ou en filet, est recommandée en aval des zones de travaux (en respectant la loi sur l'eau, la pose de tels ouvrages étant soumises à déclaration et/ou autorisation) ;
- certaines plantes exotiques envahissantes, notamment aquatiques, sont capables de survivre relativement longtemps lorsqu'elles sont stockées en masses compactes (en particulier lorsqu'elles sont arrachées et entreposées avec leur substrat vaseux) ; il est donc impératif de les entasser (compostage) hors des zones inondables et loin des milieux aquatiques ;
- afin de ne pas favoriser la dispersion lors du transport, conditionner les déchets d'arrachage dans des sacs hermétiques et solides ou dans des bennes fermées ;
- l'arrachage de certaines espèces implique des équipements vestimentaires particuliers (combinaison, gants imperméables, masques) pour éviter tout contact direct de la peau avec la plante (ex : la Berce du Caucase) ;
- les arrachages mécaniques, dans tous les cas, doivent être suivis d'arrachages manuels, afin de gérer les petits herbiers non traités ou ceux nouvellement créés à partir des fragments engendrés par l'arrachage mécanique ;
- il est indispensable de maintenir une veille sur les secteurs ayant fait l'objet de travaux de gestion, pour intervenir en cas de réapparition des espèces visées.



Arrachage manuel de Balsamine de l'Himalaya, les pieds et les inflorescences sont évacués dans des sacs étanches et résistants pour ne pas risquer de disséminer les semences avant de brûler les individus récoltés, Marais-Vernier (27) - L. Boulard

de lutte avant la production de graines, afin de ne pas augmenter les risques de transports de graines matures ; dans le cas d'opérations engagées « tardivement », il est préférable de brûler les résidus collectés ;

- après chaque opération de gestion, bien nettoyer les outils et les engins (chenilles, pneumatiques, etc.) pour éviter de disséminer des graines, fragments de tiges ou de rhizomes, etc. ;
- en milieu aquatique, empêcher la fuite de fragments vers l'aval ; certaines plantes exotiques envahissantes aquatiques (notamment les jussies ou la Crassule de Helms) se régénèrent très facilement à partir de fragments (0,5 cm sont suffisants pour régénérer un pied de Crassule de Helms). La pose de filtres en grillage, ou en filet, est recommandée en aval des zones de travaux (en respectant la loi sur l'eau, la pose de tels ouvrages étant soumises à déclaration et/ou autorisation) ;
- certaines plantes exotiques envahissantes, notamment aquatiques, sont capables de survivre relativement longtemps lorsqu'elles sont stockées en masses compactes (en particulier lorsqu'elles sont arrachées et entreposées avec leur substrat vaseux) ; il est donc impératif de les entasser (compostage) hors des zones inondables et loin des milieux aquatiques ;
- afin de ne pas favoriser la dispersion lors du transport, conditionner les déchets d'arrachage dans des sacs hermétiques et solides ou dans des bennes fermées ;
- l'arrachage de certaines espèces implique des équipements vestimentaires particuliers (combinaison, gants imperméables, masques) pour éviter tout contact direct de la peau avec la plante (ex : la Berce du Caucase) ;
- les arrachages mécaniques, dans tous les cas, doivent être suivis d'arrachages manuels, afin de gérer les petits herbiers non traités ou ceux nouvellement créés à partir des fragments engendrés par l'arrachage mécanique ;
- il est indispensable de maintenir une veille sur les secteurs ayant fait l'objet de travaux de gestion, pour intervenir en cas de réapparition des espèces visées.



La Berce du Caucase est une espèce provocant de graves brûlures cutanées - T. Cornier

Bibliographie

- BRANQUART, 2009
 BUCHET, HOUSET *et al.*, 2015
 CDB, 2010
 DOMINGUES & PREY, 2017
 DOUVILLE, WAYMEL, 2019
 FEREZ, 2006
 JOURNAL OFFICIEL de l'UE, 2014, 2016
 UICN, 2014, 2015
 LEVY *et al.*, 2015
 LEVY *et al.*, 2011
 MÜLLER, coord., 2004, 2017
 VITOUSEK *et al.*, 1996
 VAHRAIMEEV, 2010
 WAYMEL *et al.*, 2016
 WILCOVE *et al.*, 1998
 WILLIAMSON & FITTER, 1996
 WITTENBERG & COOK, 2001
 ZAMBETAKIS & MAGNANON, 2008